



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL FELDESPATO ESTÁNDAR COMO AGREGADO FINO
PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS UTILIZANDO COMO
AGLOMERANTE CEMENTO BLANCO**

José David Orozco Monzón

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL FELDESPATO ESTÁNDAR COMO AGREGADO FINO
PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS UTILIZANDO COMO
AGLOMERANTE CEMENTO BLANCO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ DAVID OROZCO MONZÓN

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez |
| VOCAL V | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez |
| SECRETARIO | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADOR | Ing. Claudio César Castañón Contreras |
| EXAMINADOR | Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz |
| EXAMINADOR | Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Vásquez |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

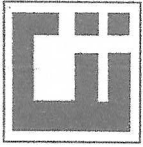
En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL FELDESPATO ESTÁNDAR COMO AGREGADO FINO PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS UTILIZANDO COMO AGLOMERANTE CEMENTO BLANCO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 14 de mayo de 2015.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José David Orozco Monzón', written over a large, stylized circular flourish.

José David Orozco Monzón



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 4 de noviembre de 2016

Ingeniero
José Gabriel Ordoñez Morales
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR

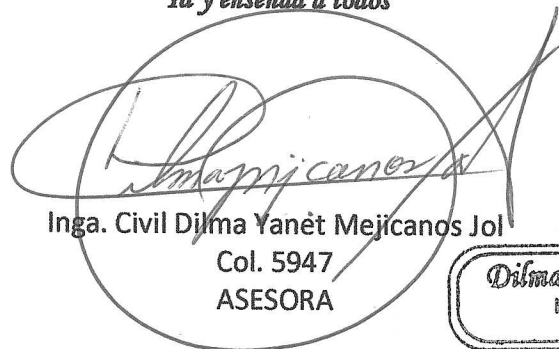
Ingeniero Ordoñez

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **EVALUACIÓN DEL FELDESPATO ESTÁNDAR COMO AGREGADO FINO PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS UTILIZANDO COMO AGLOMERANTE CEMENTO BLANCO**, elaborado con el estudiante universitario José David Orozco Monzón, quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Orozco Monzón, satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"


Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA

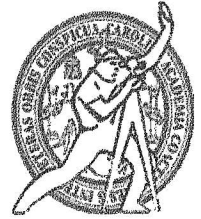
Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera Civil
Col. 5947



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
01 de febrero de 2017

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DEL FELDESPATO ESTÁNDAR COMO AGREGADO FINO PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS UTILIZANDO COMO AGLOMERANTE CEMENTO BLANCO** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José David Orozco Monzón quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

Ing. Civil José Gabriel Ordóñez Morales
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles

/mrrm.



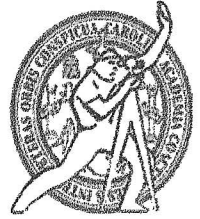
Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Departamento de Materiales y Construcciones Civiles Ing. José Gabriel Ordóñez, al trabajo de graduación del estudiante José David Orozco Monzón titulado **EVALUACIÓN DEL FELDESPATO ESTÁNDAR COMO AGREGADO FINO PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS UTILIZANDO COMO AGLOMERANTE CEMENTO BLANCO** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2017
 /mrrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

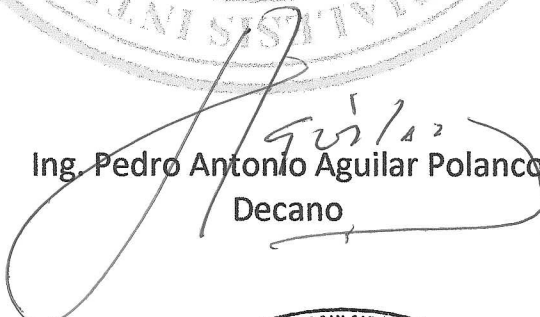


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 186.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL FELDESPATO ESTÁNDAR COMO AGREGADO FINO PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS UTILIZANDO COMO AGLOMERANTE CEMENTO BLANCO**, presentado por el estudiante universitario: **José David Orozco Monzón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Creador del cielo y de la tierra, Padre de sabiduría e inteligencia, sea toda la honra, honor y gloria para Él.
- Mis padres** Efraín Orozco y Miguelina de Orozco, por sus consejos y apoyo en todo el transcurso de mi formación profesional, que Dios los bendiga y multiplique sus esfuerzos.
- Mis hermanos** Que este triunfo sea un ejemplo a seguir.
- Mi tía** Floridalma Monzón, por su apoyo y sabios consejos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por ser el lugar donde me forjé como profesional.

Centro Universitario de Occidente (CUNOC) Por contribuir a mi formación en mis primeros años de carrera.

Mis amigos en general Por su apoyo y amistad.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | IX |
| GLOSARIO..... | XI |
| RESUMEN..... | XV |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN..... | XIX |
| 1. FELDESPATO, FELDESPATO ESTÁNDAR Y PROCESO DE OBTENCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Feldespato..... | 1 |
| 1.1.1. Tipos de feldespato..... | 2 |
| 1.1.1.1. Feldespatos potásicos..... | 3 |
| 1.1.1.1.1. Ortosa..... | 3 |
| 1.1.1.2. Plagioclasas..... | 4 |
| 1.1.1.3. Albita..... | 5 |
| 1.1.1.4. Otros feldespatos..... | 5 |
| 1.2. Rocas ígneas intrusivas..... | 6 |
| 1.2.1. Adición de puzolana en concreto..... | 6 |
| 1.2.2. Granito..... | 7 |
| 1.3. Feldespato estándar..... | 8 |
| 1.3.1. Aplicaciones del feldespato estándar..... | 8 |
| 1.3.2. Proceso de obtención del feldespato estándar en la planta de SICASA en San Miguel Pochuta, Chimaltenango..... | 9 |
| 2. MORTEROS..... | 11 |
| 2.1. Definición..... | 11 |
| 2.2. Tipos y usos de morteros..... | 11 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.2.1. | Morteros de cemento Portland y cal | 13 |
| 2.2.2. | Morteros de cemento..... | 15 |
| 2.3. | Propiedades de morteros | 16 |
| 2.3.1. | Propiedades en estado plástico..... | 16 |
| 2.3.1.1. | Manejabilidad | 17 |
| 2.3.1.2. | Retención de agua..... | 17 |
| 2.3.1.3. | Velocidad de endurecimiento..... | 18 |
| 2.3.2. | Propiedades en estado endurecido | 19 |
| 2.3.2.1. | Adherencia | 19 |
| 2.3.2.2. | Resistencia a la compresión | 20 |
| 2.3.2.3. | Durabilidad | 21 |
| 2.3.2.4. | Resistencia a tensión..... | 21 |
| 2.3.2.5. | Permeabilidad..... | 21 |
| 2.3.2.6. | Resistencia a corte | 22 |
| 2.3.2.7. | Resistencia a flexión | 22 |
| 3. | DESARROLLO EXPERIMENTAL..... | 23 |
| 3.1. | Muestreo | 23 |
| 3.2. | Análisis químico del feldespató estándar..... | 24 |
| 3.2.1. | Barras de mortero ASTM C-1260 (COGUANOR NTG 41010 h14)..... | 24 |
| 3.3. | Caracterización física del feldespató estándar | 26 |
| 3.3.1. | Peso específico. Norma ASTM C-128 (COGUANOR NTG-41010 h9)..... | 26 |
| 3.3.2. | Granulometría. Norma ASTM C-136 (COGUANOR NTG 41010-h1)..... | 27 |
| 3.3.3. | Peso unitario o densidad aparente. Norma ASTM C-29 (COGUANOR NTG – 41010h2) | 27 |
| 3.3.4. | Porcentaje de vacíos o índice de vacíos. Norma ASTM C-29 (COGUANOR NTG – 41010h2) | 29 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.3.5. | Porcentaje de absorción. Norma ASTM C-128 (COGUANOR NTG – 41010h2) | 30 |
| 3.3.6. | Pasa tamiz 200. Norma ASTM C-117 (COGUANOR NTG 41010-h3) | 31 |
| 3.3.7. | Materia orgánica. Norma ASTM C- 40 (COGUANOR NTG 41010-h4) | 32 |
| 3.3.8. | Módulo de finura ASTM C -125 (COGUANOR NTG 41006) | 34 |
| 3.4. | Realización de mortero utilizando feldespatos estándar como agregado fino y cemento blanco como aglomerante | 34 |
| 3.4.1. | Propiedades en estado plástico | 35 |
| 3.4.1.1. | Manejabilidad | 35 |
| 3.4.1.2. | Retención de agua ASTM C-91 y ASTM C-110. | 36 |
| 3.4.1.3. | Velocidad de endurecimiento ASTM C-403 | 37 |
| 3.4.1.4. | Trabajabilidad ASTM C-270 (COGUANOR NTG 41050) | 39 |
| 3.4.2. | Propiedades en estado endurecido | 39 |
| 3.4.2.1. | Resistencia a la compresión ASTM C- 109 (COGUANOR NTG 41003 h4)..... | 39 |
| 3.4.2.2. | Durabilidad | 41 |
| 3.4.2.3. | Resistencia a la tensión ASTM C- 109 (COGUANOR NTG 41003 h4)..... | 42 |
| 3.5. | Ensayo de prismas | 43 |
| 3.5.1.1. | Permeabilidad | 43 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 47 |
| 4.1. | Parámetros físico-mecánicos del feldespatos estándar | 47 |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| 4.2. | Bondad de los agregados por el uso del sulfato de sodio, ASTM C-88 | 49 |
| 4.3. | Determinación de la reacción álcali-agregado del feldespato estándar..... | 50 |
| 4.3.1. | Composición química del feldespato estándar..... | 52 |
| 4.4. | Dosificación de morteros con feldespato estándar | 53 |
| 4.4.1. | Características físicas del mortero con feldespato estándar en estado fresco | 54 |
| 4.4.2. | Velocidad de endurecimiento de los 10 diseños | 55 |
| 4.5. | Propiedades mecánicas del mortero en estado endurecido | 62 |
| 4.5.1. | Resistencia a compresión y a tensión..... | 63 |
| 4.5.2. | Permeabilidad | 81 |
| CONCLUSIONES | | 83 |
| RECOMENDACIONES | | 85 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 87 |
| ANEXOS | | 91 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Feldespatos | 1 |
| 2. | Diagrama ternario de la composición de los feldespatos | 2 |
| 3. | Ortosa | 4 |
| 4. | Albita | 5 |
| 5. | Localización del granito en el diagrama de Streckeisen | 8 |
| 6. | Saco de 50 kilogramos de arena feldespatos | 23 |
| 7. | Ensayo de cambio de longitud | 25 |
| 8. | Ensayo del peso unitario suelto y compactado | 29 |
| 9. | Estados de absorción de una partícula de agregado | 30 |
| 10. | Ensayo de materia orgánica | 33 |
| 11. | Colorímetro | 33 |
| 12. | Equipo utilizado en la mezcla de mortero | 35 |
| 13. | Ensayo de flujo o manejabilidad del mortero | 36 |
| 14. | Equipo de retención de agua para morteros | 37 |
| 15. | Tiempo de fraguado por medio de la aguja de Vicat | 38 |
| 16. | Cubos de mortero hechos con feldespatos estándar | 40 |
| 17. | Ensayo a compresión de cubos de mortero | 41 |
| 18. | Block recubierto con mortero de feldespatos y cemento blanco | 41 |
| 19. | Briquetas de mortero hechas con feldespatos estándar | 42 |
| 20. | Ensayo a tensión de briquetas de mortero | 43 |
| 21. | Ensayo de permeabilidad | 45 |
| 22. | Reverso de placa de mortero | 46 |
| 23. | Curva de granulometría del feldespatos estándar | 48 |

| | | |
|-----|--|----|
| 24. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 1 | 67 |
| 25. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 1 | 67 |
| 26. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 2 | 68 |
| 27. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 2 | 68 |
| 28. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 3 | 69 |
| 29. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 3 | 69 |
| 30. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 4 | 70 |
| 31. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 4 | 70 |
| 32. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 5 | 71 |
| 33. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 5 | 71 |
| 34. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 6 | 72 |
| 35. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 6 | 72 |
| 36. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 7 | 73 |
| 37. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 7 | 73 |
| 38. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 8 | 74 |
| 39. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 8 | 74 |
| 40. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 9 | 75 |
| 41. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 9 | 75 |
| 42. | Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 10 | 76 |
| 43. | Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 10 | 76 |
| 44. | Variación de la resistencia a 28 días según la variación de la cantidad de feldespatos en la proporción | 79 |
| 45. | Variación del porcentaje de feldespatos y resistencia a 28 días | 80 |

TABLAS

| | | |
|--------|---|----|
| I. | Especificaciones para proporciones de mortero, según Norma ASTM C-270 | 14 |
| II. | Usos de morteros de cemento Portland y cal | 14 |
| III. | Usos de los morteros de cemento | 16 |
| IV. | Grado de permeabilidad en función del agua que penetra en 10 minutos. | 44 |
| V. | Características físicas del feldespató estándar | 47 |
| VI. | Granulometría del feldespató estándar | 48 |
| VII. | Desgaste del feldespató estándar por ataque de sulfato | 49 |
| VIII. | Determinación de la reactividad potencial. Norma ASTM C-289 | 50 |
| IX. | Expansiones en porcentaje de la barra de mortero | 50 |
| X. | Composición del feldespató estándar | 52 |
| XI. | Proporciones de diseños de morteros | 53 |
| XII. | Proporciones en peso de los diseños de morteros | 54 |
| XIII. | Porcentaje de retención de agua para morteros | 55 |
| XIV. | Tiempo de fraguado del diseño 1 | 56 |
| XV. | Tiempo de fraguado del diseño 2 | 56 |
| XVI. | Tiempo de fraguado del diseño 3 | 57 |
| XVII. | Tiempo de fraguado del diseño 4 | 57 |
| XVIII. | Tiempo de fraguado del diseño 5 | 58 |
| XIX. | Tiempo de fraguado del diseño 6 | 59 |
| XX. | Tiempo de fraguado del diseño 7 | 59 |
| XXI. | Tiempo de fraguado del diseño 8 | 60 |
| XXII. | Tiempo de fraguado del diseño 9 | 60 |
| XXIII. | Tiempo de fraguado del diseño 10 | 61 |
| XXIV. | Tiempos finales de fraguado | 62 |
| XXV. | Resistencia a compresión y tensión. Diseños 1 al 3 | 63 |

| | | |
|---------|---|----|
| XXVI. | Resistencia a compresión y tensión. Diseños 4 al 6 | 64 |
| XXVII. | Resistencia a compresión y tensión. Diseños 7 al 9 | 64 |
| XXVIII. | Resistencia a compresión y tensión. Diseño 10 | 65 |
| XXIX. | Resistencia a compresión a 28 días | 65 |
| XXX. | Resistencia a tensión a 28 días | 66 |
| XXXI. | Clasificación de los morteros según su resistencia | 78 |
| XXXII. | Tabla de relación cemento-agregado y resistencia a 28 días | 78 |
| XXXIII. | Variación del porcentaje de feldespato y resistencia a 28 días | 80 |
| XXXIV. | Grado de permeabilidad de los 10 diseños a una presión de 0,588kN/m ² (6 m.c.a) | 81 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|--|------------------------------|
| NaAlSi₃O₈ | Albita |
| CaAlSi₃O₈ | Anortita |
| G | Arena gris o arena triturada |
| cm | Centímetros |
| cm³ | Centímetros cúbicos |
| F | Feldespato |
| °C | Grados Celsius |
| gr | Gramos |
| kg/m³ | Kilogramos por metro cúbico |
| PSI | Libras por pulgada cuadrada |
| ± | Más/menos |
| > | Mayor que |
| Mpa | Mega pascales |
| < | Menor que |
| m/h | Metros por hora |
| μ m | Micrómetros |
| ml | Mililitros |
| mm | Milímetros |
| KAISi₃O₈ | Ortosa |
| AL₂O₃ | Óxido de aluminio |
| Fe₂O₃ | Óxido de hierro |
| K₂O | Óxido de potasio |
| SiO₂ | Óxido de silicio |

Na₂O

%

Óxido de sodio

Porcentaje

GLOSARIO

| | |
|------------------------|--|
| Agua zeolítica | Agua presente en los vacíos de la red cristalina de la arcilla, su desprendimiento no produce la rotura de la molécula. |
| Aluminosilcatos | Mineral que contiene óxido de aluminio y sílice. |
| Andesina | Mineral del grupo de los silicatos, correspondiente a la serie de las plagioclasas, principalmente encontrada en la roca volcánica andesita. |
| Andesita | Roca ígnea volcánica de composición intermedia. |
| Anortita | Es un aluminosilicato de calcio, por definición cuando el calcio es más del 90 % de los iones metálicos. |
| ASTM | Siglas en inglés para la <i>American Society of Testing Materials</i> , que significa Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Esta asociación radicada en Estados Unidos se encarga de probar la resistencia de los materiales para la construcción de bienes. |
| Augita | Es un aluminosilicato de hierro, calcio y magnesio, con otros iones metálicos como posibles impurezas. |

| | |
|-------------------------------|---|
| Banalsita | Mineral de la clase de los tectosilicatos y perteneciente al grupo de los feldespatos. |
| Biotita | Variedad de mica, de color negro o verde oscuro, abundante en rocas magmáticas ácidas e intermedias. Puede encontrarse también en rocas metamórficas de alta temperatura. |
| Bytownita | Es un mineral del grupo de los feldespatos, ricos en calcio y pertenece a la serie de plagioclasa. |
| COGUANOR | Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas. |
| Fosforita sedimentaria | Roca sedimentaria no detrítica que contiene altas cantidades de minerales fosfatados. |
| Fractura concoide | Rotura propia de materiales frágiles, de composición homogénea pero amorfa (isótropa), que al trocearse no sigue planos naturales de separación. |
| Hipidiomórfico | Término utilizado para describir la textura de una roca en la que los granos minerales presentan alguna traza de forma cristalina. |
| Hornblenda | Es el nombre informal con el que tradicionalmente se ha llamado a los minerales del "grupo de los anfíboles" que tienen color entre negro y verde-oscuro. |

| | |
|---------------------|--|
| Idiomorfo | Término utilizado para describir la textura de una roca ígnea en la que los granos muestran una forma cristalina completamente desarrollada. |
| Labradorita | Feldespatos laminares de color gris, blanco, azulado o marrón. |
| Leucocrática | Término aplicado a rocas ígneas constituidas principalmente por minerales de color claro. |
| Maclas | Es la agrupación simétrica de cristales idénticos. |
| Máfico | Adjetivo que se aplica a un silicato o roca que es rico en magnesio y hierro. |
| Monoclínico | Sistema cristalino que consta de un eje binario, un plano perpendicular a este y un centro de inversión. |
| Moscovita | Mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y, dentro de ellos, pertenece a las micas alumínicas. |
| NTG | Siglas de Norma Técnica Guatemalteca. |
| Plagioclasas | Conjunto de minerales que comprenden la serie albita-anortita, sección triclinica del grupo de los feldespatos. |

| | |
|---------------------------|--|
| Riolita | Roca ígnea extrusiva, volcánica félsica, de color gris a rojizo, con una textura de granos finos o a veces también vidrio y una composición química muy parecida a la del granito. |
| Rocas metamórficas | Son las que se forman a partir de otras rocas mediante un proceso llamado metamorfismo. |
| Sanidina | Mineral perteneciente a la clase de los tectosilicatos, y dentro de esta al grupo de los feldespatos potásicos. |
| Tectosilicatos | Minerales del grupo de los silicatos que se caracterizan por su estructura basada en un entramado tridimensional de tetraedros. |
| Triclínico | Es uno de los 7 sistemas cristalinos de la cristalografía. |

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se presenta una breve descripción sobre los tipos y algunos usos del feldespatos, como también de los usos, tipos y propiedades de los morteros, así como la evaluación de algunas propiedades físicas y mecánicas de 10 diferentes morteros.

Para la realización del estudio se hizo la adquisición de un saco de feldespatos estándar proveniente de la planta de SICASA en Chimaltenango, esto con la finalidad de realizar una evaluación de las propiedades físico-mecánicas de morteros realizados con feldespatos y con una combinación entre feldespatos y arena triturada.

Con la finalidad de evaluar las propiedades del feldespatos estándar y de los morteros realizados con este mismo, se realizaron diferentes ensayos de laboratorio, los cuales proporcionaron los datos suficientes para saber si esta arena está dentro de los parámetros normativos. También se conoció el comportamiento del mortero al utilizar el feldespatos como agregado fino. Para la evaluación del feldespatos se tuvo el apoyo del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

OBJETIVOS

General

Evaluar el uso del feldespató estándar como un agregado fino en la elaboración de mortero, utilizando como aglomerante cemento blanco, a través de diferentes ensayos de laboratorio que proporcionen cada una de sus propiedades.

Específicos

1. Determinar la inocuidad del feldespató, por medio del ensayo de barras de mortero.
2. Evaluar si las características físico-mecánicas del feldespató estándar entran en los parámetros normativos.
3. Evaluar si el feldespató cumple con los valores de granulometría y módulo de finura establecidos por la Norma ASTM C-33.
4. Evaluar el comportamiento de la resistencia a 28 días de los morteros de feldespató bajo diferentes proporciones.
5. Evaluar el comportamiento de la resistencia a 28 días de morteros realizados con una combinación de feldespató estándar y arena triturada bajo diferentes porcentajes en la dosificación.

6. Determinar el grado de permeabilidad que brinda el uso del feldespatos estándar en morteros.

INTRODUCCIÓN

El feldespató es un mineral que se encuentra en gran abundancia sobre la corteza terrestre y, para su obtención, son necesarios procesos minero-industriales, ya que este material no se encuentra por si solo en la naturaleza, sino que se encuentra combinado con otros minerales. En el caso de Guatemala, la empresa SICASA (Sílice de Centro América, S.A.) es la que realiza los procesos minero-industriales para la obtención de arena sílica, feldespató y derivados como materia prima para las industrias.

El presente estudio evaluó las propiedades químicas y físico-mecánicas del feldespató estándar, también las propiedades en estado plástico como en estado endurecido de morteros, usando el feldespató como agregado fino bajo diferentes proporciones y porcentajes en combinación con arena triturada. Los primeros capítulos incluyen aspectos teóricos sobre el feldespató como: definición, tipos y aplicaciones, además conceptos sobre morteros, tipos, clases, usos, proporciones y propiedades.

En los siguientes capítulos, que ya son experimentales, se presentan los diferentes ensayos, con sus respectivas normas ASTM y sus equivalentes guatemaltecas, que se le realizaron al feldespató y a los morteros con la misma arena. También se realizaron gráficas y tablas de resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados.

1. FELDESPATO, FELDESPATO ESTÁNDAR Y PROCESO DE OBTENCIÓN

1.1. Feldespato

Los feldespatos son un grupo de minerales tecto y aluminosilcatos que corresponden en volumen al 60 % de la corteza terrestre. La composición de feldespatos constituyentes de roca corresponde a un sistema ternario compuesto de ortoclasas (KAlSi_3O_8) y albita ($\text{CaAlSi}_3\text{O}_8$). Feldespatos con una composición química entre anortita y albita se llaman plagioclasas, mientras los feldespatos con una composición entre albita y ortoclasas se llaman feldespatos potásicos.

El feldespato es un componente esencial de muchas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, de tal modo que muchas de estas rocas se clasifican según su contenido de feldespato. Las estructuras de los feldespatos se pueden describir como un armazón de silicio y aluminio con bases álcali y metales alcalinotérreos en los espacios vacíos.

Figura 1. **Feldespato**

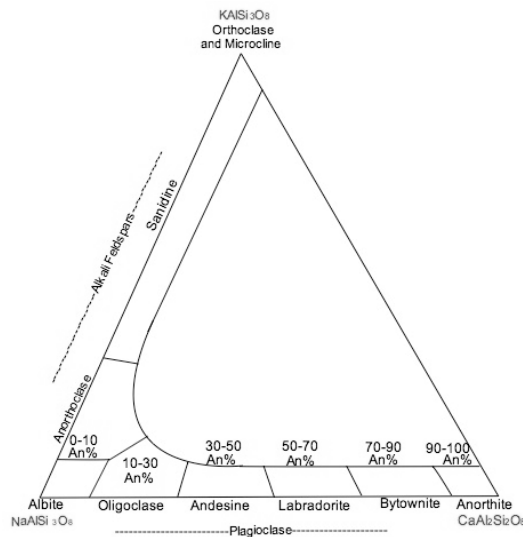


Fuente: *Feldespato*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Feldespato>. Consulta: 2 de agosto 2015.

1.1.1. Tipos de feldespato

La composición de los feldespatos más comunes puede expresarse en función del sistema: ortosa (KAlSi_3O_8) – albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) – anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), los cuales son los extremos del diagrama ternario siguiente.

Figura 2. Diagrama ternario de la composición de los feldespatos



Fuente: *Composición de los feldespatos*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Feldespato>. Consulta: 2 de agosto 2015.

Los feldespatos se dividen en los grupos siguientes:

- Feldespatos potásicos o alcalinos

Con fórmula $(\text{K}, \text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$, su composición varía entre los miembros extremos, ortosa (KAlSi_3O_8) – albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$).

- Plagioclasas

Su composición varía entre los miembros extremos, albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) – anortita ($\text{CaAlSi}_3\text{O}_8$).

La albita es el miembro común a los dos tipos de feldespatos. Se consideran feldespatos alcalinos los que contienen hasta un 10 % molecular de anortita en su estructura, y feldespatos plagioclasas los que contienen hasta un 10 % molecular de ortosa en su estructura.

1.1.1.1. Feldespatos potásicos

Mineral de hábito prismático o tabular, frecuentemente en maclas de Carlsbad, Manebach o Baveno. Más frecuentemente en cristales irregulares. Su dureza, insolubilidad en ácidos y la presencia de bandas de desmezcla, suelen distinguirlos de otros minerales salvo de las plagioclasas. Distinguirlos a simple vista suele ser difícil.

Generalmente los feldespatos potásicos se generan dependiendo de la temperatura y la velocidad de enfriamiento del magma. Así, la sanidina es más estable en condiciones de temperaturas altas (mayores a 900 °C) y es característica de rocas volcánicas de muy rápido enfriamiento como traquitas, sienitas, granodioritas, entre otros.

1.1.1.1.1. Ortosa

La ortoclasa u ortosa es un mineral de la clase 9 (silicatos), subgrupo tectosilcatos, perteneciente a los feldespatos, según la clasificación de Strunz, con fórmula química KAlSi_3O_8 . Es uno de los minerales formadores de las rocas

más abundantes en la corteza terrestre. También se conoce con el nombre de feldespato o feldespato ortosa, pero estos nombres no son del todo correctos, ya que no definen al mineral sino a un grupo de minerales del que la ortoclasa forma parte.

La ortosa es un mineral que aparece en forma de granos redondeados o en secciones de cristal bien formadas. Cuando cristaliza lo hace en prismas columnares, a veces de gran tamaño, que incluso pueden llegar a alcanzar varias toneladas.

Figura 3. **Ortosa**



Fuente: *Ortosa*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Ortoclasa>. Consulta: 2 de agosto 2015.

1.1.1.2. **Plagioclasas**

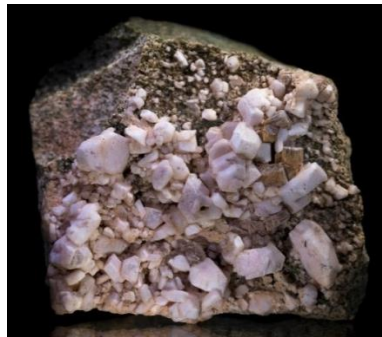
Es un conjunto de minerales que comprenden la serie albita-anortita, sección triclinica del grupo de los feldespatos, perteneciente al grupo de los tectosilicatos, que es un constituyente importante de muchas rocas.

Las plagioclasas son feldespatos de calcio o sodio, que son triclinicos, entre los que están: albita, andesina, anortita, banalsita, bytownita, dminsteinbergita y labradorita.

1.1.1.3. Albita

Es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo tectosilcatos. Dentro de ellos pertenece a los feldespatos denominados plagioclasas. Es un aluminosilicato de sodio, que puede llevar calcio o potasio sustituyendo al sodio en la red cristalina, pero por definición de albita debe tener mucho más sodio (más de 90 %) que calcio y potasio juntos (menos de 10 %).

Figura 4. Albita



Fuente: *Albita*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Albita>. Consulta: 3 de agosto 2015.

1.1.1.4. Otros feldespatos

También pertenecen al grupo de minerales conocido como aluminosilicatos, por tal motivo el tipo de feldespato depende del tipo de aluminosilicatos del que esté compuesto. Según el tipo de aluminosilicatos que contenga el feldespato, este se divide en:

- Buddingtonita (feldespato de amonio)

Es un aluminio-silicato anhidro de amonio, su estructura molecular es de tectosilicato sin agua zeolítica, tipo feldespato, entre los elementos

de su fórmula suele llevar como impurezas: magnesio, calcio, bario, sodio y potasio. Se forma a baja temperatura mediante reemplazamiento hidrotermal de plagioclasa en roca andesita, alterada por fluidos calientes conteniendo amonio; también se ha encontrado en una roca riolita metamorfizada y en una formación de fosforita sedimentaria.

- Celsiana (feldespato de bario)

Es un mineral poco común de la familia de los feldespatos. Se compone de aluminosilicatos de bario, $BaAl_2Si_2O_8$. Cristaliza en el sistema monoclinico, de color blanco, amarillo o con apariencia transparente.

1.2. Rocas ígneas intrusivas

A muchos kilómetros de profundidad de la superficie, la roca derretida llamada magma fluye a través de grietas o recámaras subterráneas. A medida que se enfría, los elementos se combinan para formar minerales de silicatos comunes, los cuales son el sustento de las rocas ígneas. Estos minerales pueden alcanzar gran tamaño, si el espacio lo permite. Las rocas que se forman de esta manera se llaman rocas ígneas, intrusivas o plutónicas. Los cristales minerales son lo suficientemente grandes para ser vistos sin necesidad de un microscopio. Existen diferentes tipos de rocas ígneas intrusivas, pero el granito es el tipo más común.

1.2.1. Adición de puzolana en concreto

Las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice y/o alúmina. No son cementosas en sí, pero cuando son molidas finamente y

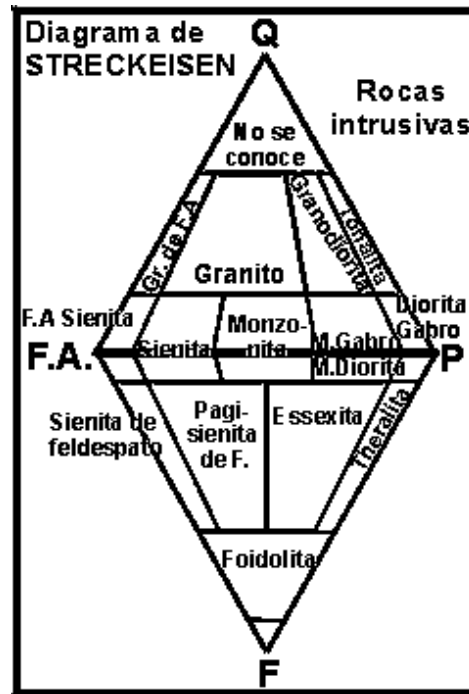
mezcladas con cal, la mezcla fraguará y endurecerá a temperaturas normales en presencia de arena, como el cemento. La utilización de puzolanas en el concreto le trae los siguientes beneficios:

- Durabilidad en aumento en la impermeabilidad
- Aumento de la resistencia al ataque de sulfatos
- Aumento de la trabajabilidad
- Aumento de la resistencia mecánica a edades avanzadas
- Reduce la reacción álcali-agregado

1.2.2. Granito

Roca leucocrática con cristales de tamaño medio hasta grande. Principalmente contiene como minerales claros: feldespatos alcalinos (microlina u ortoclasa). El cuarzo muestra normalmente un color gris transparente, con un fracturamiento concoide. Los componentes máficos son biotita, moscovita, hornblenda. Augita es muy escasa, el cuarzo y los feldespatos muestran contornos xenorfos, las plagioclasas y los máficos son generalmente hipidiomórficos o idiomórficos.

Figura 5. Localización del granito en el diagrama de Streckeisen



Fuente: Localización del granito en el diagrama de Streckeisen.

<http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04b.htm>. Consulta: 3 de mayo 2015.

1.3. Feldespato estándar

Es una arena compuesta por granos de feldespato de ortosa y albita, de forma angular. Esta arena se obtiene mediante un proceso minero-industrial pues los minerales son de elevada pureza, ya que son producto de una roca intrusiva (granito) y el centro de calidad del proceso permite tener un producto de composición uniforme.

1.3.1. Aplicaciones del feldespato estándar

El feldespato, ya sea del tipo calcio o soda o una mezcla de ambos, tiene aplicaciones en la fabricación de vidrio, porcelana, azulejos, ladrillo vidriado,

artefactos sanitarios, lana de vidrio, abrasivo en compuestos limpiadores y jabones. En el vidrio, el feldespato es una fuente de alúmina, la cual incrementa la resistencia al rayado y a la quebradura e incrementa la estabilidad química. En la cerámica, el feldespato actúa como fundente y baja la temperatura de fusión. La mayoría de rocas de feldespato se pueden minar por procedimientos a cielo abierto. El feldespato minado selectivamente de pegmatitas puede ser procesado en seco, pasándolo sucesivamente a través de quebrantadores de quijadas, rodillos y molinos de guijarros, antes de sujetarlo a tratamiento magnético de alta intensidad o electrostático.

1.3.2. Proceso de obtención del feldespato estándar en la planta de SICASA en San Miguel Pochuta, Chimaltenango

La actividad minera corre a cargo de la empresa SICASA (Sílice de Centroamérica, S.A.) y esta se realiza en San Miguel Pochuta Chimaltenango. Comienza con la extracción del mineral mediante voladuras, posteriormente, ya extraído el mineral, se transporta por medio de camiones al área donde será pulverizado, esto con la finalidad de convertir el mineral extraído en partículas finas. Una vez pulverizado el mineral se transporta hacia el área donde será extraído el feldespato por medio del proceso de flotación. Dentro del proceso de flotación se extrae la arena feldespática de otros elementos que conforman el mineral pulverizado inicial. Parte del feldespato que queda del proceso de flotación es usado por la empresa VIGUA (Grupo Vidriero Centroamericano) en la elaboración de vidrio. Debido a la demanda de este mineral en la elaboración de diversos productos, la planta tiene una producción mensual aproximada de 2 a 3 mil toneladas métricas.

2. MORTEROS

El mortero ocupa entre el 10 y 20 % del volumen total de material de una pared de mampostería, sin embargo, su efecto en el comportamiento de esta es mucho mayor que lo que indica este porcentaje. Estéticamente, puede añadir un colorido adicional o un acabado muy particular a las paredes. Funcionalmente el mortero une las unidades de mampostería y sirve de sello para impedir la filtración del agua, separación de elementos y otros. Para la construcción y aplicaciones de cargas, el comportamiento del mortero incide tanto para la resistencia de las piezas de mampostería como para la mano de obra.

2.1. Definición

Los morteros son mezclas de materiales aglomerantes y agregados finos que, al añadirles agua, forman masas plásticas especiales para unión de unidades de mampostería o para revestimiento de las mismas.

2.2. Tipos y usos de morteros

El tipo de mortero dependerá de la dosificación que se use en la realización de la mezcla, la cual está en función de la necesidad o el uso para el que se requiera.

- Mortero de levantado

Son aquellos cuyo fin principal es unir unidades de mampostería (ladrillos de barro cocido, bloques de concreto, piedras o adobes) y formar muros resistentes a cargas de diseño previamente establecidas. Los morteros de levantado utilizados en Guatemala, generalmente se clasifican de acuerdo a la Norma ASTM C270 *Specification for mortar for unit masonry* (especificación para morteros de mampostería).

- Morteros para acabados

Los morteros para acabados tienen como finalidad principal proteger los elementos estructurales de las inclemencias del clima y la penetración del agua. Además, brindan uniformidad, textura, color y belleza arquitectónica. Usan como aglomerante principal la cal hidratada, ya que deben tener una capacidad de adherencia y plasticidad más alta que los morteros de levantado. Deben ser capaces de soportar los esfuerzos de tensión (originados por los movimientos de los muros), y esfuerzos de contracción (originados por los cambios de temperatura), sin mostrar fisuras o agrietamientos. Esta clasificación abarca:

- Mezclas de repello, especiales para recubrimiento inicial o final de paredes y cielos.
- Cernidos, para acabado final de paredes, cielos y detalles.
- Blanqueado o alisado.
- Mezclón, para relleno, base de pisos y pañuelos en terraza, entre otros.
- Escarchado, para acabados y detalles especiales en cenefas, sillares, entre otros.

Atendiendo a su endurecimiento, se pueden distinguir dos tipos de morteros: los aéreos, que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los hidráulicos o acuáticos, que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas.

2.2.1. Morteros de cemento Portland y cal

Estos deben combinarse de tal manera que se aprovechen las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del cemento Portland. Es importante tener en cuenta que cada adición de cal incrementa la cantidad de agua de mezclado necesaria para lograr las condiciones deseadas, por eso debe buscarse una combinación adecuada. Estas cantidades pueden estar por proporción o por propiedades (ver tabla I), pero por ninguna de las anteriormente mencionadas. La especificación por proporción la rige la Norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico. El mortero especificado por proporción, según la Norma ASTM C-270, debe cumplir con lo indicado en la tabla I, basándose en las masas de los materiales, mientras que el mortero especificado por propiedades debe cumplir con lo indicado en la tabla II.

Tabla I. **Especificaciones para proporciones de mortero, según Norma ASTM C-270**

| Mortero | Tipo | Proporciones por volumen | | | | Proporción de agregados | |
|-------------------------|------|-----------------------------|------------------------|----|----|-------------------------|--|
| | | Cemento Pórtland o mezclado | Cemento de mampostería | | | | Cal hidratada |
| | | | M | S | N | | |
| Cemento-Cal | M | 1 | -- | -- | -- | ¼ | No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes |
| | S | 1 | -- | -- | -- | Entre ¼ y ½ | |
| | N | 1 | -- | -- | -- | Entre ½ y 1 ¼ | |
| | O | 1 | -- | -- | -- | Entre 1 ¼ y 2 ½ | |
| Cementos de albañilería | M | 1 | -- | -- | 1 | -- | |
| | M | -- | 1 | -- | -- | -- | |
| | S | ½ | -- | -- | 1 | -- | |
| | S | -- | -- | 1 | -- | -- | |
| | N | -- | -- | -- | 1 | -- | |
| O | -- | -- | -- | 1 | -- | | |

Fuente: ASTM C-270 – 03 *Standard specification for mortar for unit masonry*. Consulta: 2016.

Tabla II. **Usos de morteros de cemento Portland y cal**

| Mortero | Tipo | Resistencia a la compresión, mínima a 28 días Kg/cm ² | Retención de agua mínima % | Contenido de aire máximo | Proporción de agregados |
|-------------------------|------|--|----------------------------|--------------------------|--|
| Cemento-Cal | M | 175 | 75 | 19 | No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes |
| | S | 126 | 75 | 19 | |
| | N | 53 | 75 | 21* | |
| | O | 25 | 75 | 21* | |
| Cementos de albañilería | M | 175 | 75 | ** | |
| | S | 126 | 75 | ** | |
| | N | 53 | 75 | ** | |
| | O | 25 | 75 | ** | |

Fuente: ASTM C-270 – 03 *Standard specification for mortar for unit masonry*. Consulta: 2016.

2.2.2. Morteros de cemento

Cuando se requieran resistencias elevadas se puede usar como aglomerante cemento Portland. Las condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo con la relación agua-cemento usada. La fabricación de este mortero, que es hidráulico, ha de efectuarse de un modo continuo, de manera tal que entre el mezclado y la colocación en la obra medie el menor tiempo posible, debido a lo rápido del fraguado del cemento. Por ello es conveniente mezclar en obra, primero el cemento y el agregado, y luego añadir el agua. Los usos de los morteros de cemento tienen características en cuanto a sus propiedades mecánicas:

- Morteros que proveen suficiente resistencia para soportar cargas a compresión y/o resistan la abrasión.
- Morteros que mantengan elementos en la posición deseada.
- Morteros que permitan ensabietar ciertas unidades estructurales (revoques y revestimientos).
- Morteros que sirvan como relleno de juntas entre diferentes elementos constructivos (reparaciones de columnas y vigas).

Lo aplicado comúnmente en el uso de morteros de cemento es la dosificación por partes de cemento y agregado (1:n), la mayoría de las veces haciéndose caso omiso o desconociéndose la resistencia que dichos morteros obtendrán una vez endurecidos. Es clara la necesidad de diseñar y dosificar el mortero, de acuerdo con las condiciones de resistencia particulares y algunas otras propiedades y características, para lo que se requiere un método claro y preciso.

Tabla III. **Usos de los morteros de cemento**

| Proporción | Usos |
|------------|---|
| 1:1 | Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos |
| 1:2 | Para la impermeabilización y muros de tanques subterráneos. Rellenos |
| 1:3 | Impermeabilizaciones menores. Pisos |
| 1:4 | Pega de ladrillos y bloques en muros. Muros finos |
| 1:5 | Muros exteriores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos. |
| 1:6 y 1:7 | Muros interiores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos. |
| 1:8 y 1:9 | Pega para construcciones que se demolerán pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones |

Fuente: ASTM C-270 – 03 *Standard specification for mortar for unit masonry*. Consulta: 2016.

2.3. Propiedades de morteros

Los morteros deben evaluarse como una medida de control de calidad, estas características se presentan en los morteros de acuerdo al estado en que se encuentren, por lo regular se toman en cuenta propiedades en estado plástico y en estado endurecido. Si un mortero cumple con dichas características, fraguará y endurecerá dentro del tiempo y resistencia esperados.

2.3.1. Propiedades en estado plástico

Determinan la adaptabilidad de un mortero en la construcción. Debe fluir bien, ser trabajable, contar con buena retención de agua y mantener dichas propiedades por largo tiempo. Además, debe adherirse bien a las unidades de mampostería. El mortero en sí mismo debe ser cohesivo y homogéneo.

2.3.1.1. Manejabilidad

Es la propiedad más importante de los morteros en estado plástico, porque facilita la recolección de la mezcla en las unidades de mampostería o en revestimientos. En general, se acepta como medida de la manejabilidad el valor de fluidez de la mezcla, obtenido en la mesa de flujo de acuerdo a la Norma ASTM C-230 *Standard specification for flow table for use in tests of hydraulic cement* (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico). Algunas características de esta propiedad son:

- Plasticidad
- Consistencia
- Cohesión
- Adherencia

Todas estas características pueden ser medidas mediante pruebas de laboratorio.

2.3.1.2. Retención de agua

Es la medida de la habilidad de un mortero bajo condiciones de succión y evaporación para retener el agua de la mezcla, ya que si esta se evapora o es absorbida por las unidades de mampostería, la adherencia entre la pieza y el mortero se reduce. Esta propiedad provee al albañil tiempo para ajustar las unidades de mampostería sin que el mortero alcance su fraguado. La retención de agua aumenta con altos contenidos de cal, contenidos de aire, adición de agregados finos o el uso de sustancias retardantes del fraguado. Puede ser mejorada mediante la adición de cal, dada su capacidad plastificante, aunque

hoy en día se tienen otras alternativas igualmente satisfactorias, como el uso de aditivos plastificantes y agentes incorporadores de aire.

2.3.1.3. Velocidad de endurecimiento

La relación de fraguado del mortero, debido a la hidratación del cemento, es la velocidad a la que este desarrolla su resistencia para soportar cargas, pero los tiempos de fraguado inicial y final del mortero deben estar entre límites adecuados. Sin embargo, estos dependen de diversos factores, como las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra; hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos. La Norma ASTM C-403 *Standard test method for time of setting of concrete mixtures by penetration resistance* (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la resistencia a la penetración), da un método de ensayo para evaluar este parámetro.

- Características de esta prueba:
 - Un fraguado inicial muy rápido puede entorpecer el manejo del mortero por parte del albañil.
 - Un fraguado final muy lento dificultaría el progreso de la obra, puesto que en tal caso el mortero fluye de los muros recién terminados.
 - El fraguado se confunde a veces con la rigidez causada por la pérdida rápida de agua, la cual se presenta, por ejemplo, cuando se utiliza un mortero de baja retención de agua y piezas muy absorbentes.

2.3.2. Propiedades en estado endurecido

Las propiedades del mortero endurecido ayudan a determinar el comportamiento del muro terminado e incluyen características como la adherencia, durabilidad, elasticidad y resistencia a la compresión. A continuación se describen las propiedades del mortero, tanto en estado plástico como en estado endurecido.

2.3.2.1. Adherencia

La propiedad más importante del mortero es su habilidad para adherirse a las piezas de mampostería o acero. En general, la adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une con la estructura. Es de gran importancia, ya que a ella se debe el hecho de que un mortero pueda resistir pandeo, cargas transversales y excéntricas, dándole resistencia a la estructura. La adherencia afecta en gran forma la permeabilidad y la resistencia a la flexión.

En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero, así como un porcentaje de absorción proporcional a la retención de agua del mortero. Se define el grado de contacto entre el mortero y la unidad de mampostería, y puede evaluarse con base en lo siguiente:

- La resistencia a tensión o la fuerza necesaria para separar las unidades
- La resistencia a deslizamiento por corte entre mortero-unidades
- La resistencia a separación mortero-unidad por flexión.

Las determinaciones usuales en las normas son las de adherencia por tensión y de adherencia por flexión. Los morteros deben desarrollar una buena adherencia para poder soportar los esfuerzos estructurales por sismos, viento, cambios de temperatura o contracción de los materiales.

Nota: el reacondicionamiento, o sea agregar más agua y mezclar nuevamente, es una práctica aceptable para compensar el agua perdida por el mortero. La Norma ASTM C-270 requiere que todo mortero sea usado antes de las dos horas y media, con opción a reacondicionarse tantas veces como sea necesario dentro de ese lapso.

2.3.2.2. Resistencia a la compresión

Es un criterio para seleccionar el tipo de mortero. Debido a su fácil medición depende en gran manera del contenido de cemento, la cantidad de agua utilizada y el tipo de agregado. Una vez aplicado en la obra, el mortero debe actuar como unión resistente. Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba soportar cargas altas y sucesivas. La resistencia de un mortero compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de agregado depende de:

- Que al utilizar un mismo agregado el mortero es más resistente e impermeable cuando tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero.
- También cuando posea un porcentaje de cemento en volumen de mortero, es generalmente más impermeable y resistente que aquel que tenga la mayor densidad, o sea aquel que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos.

2.3.2.3. Durabilidad

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, penetración del agua, desgaste por abrasión, refracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas en el transcurso del tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, marinos y, en general, en condiciones de ambiente agresivo.

2.3.2.4. Resistencia a tensión

En varias situaciones los muros están sometidos a tensiones diagonales y combinaciones de esfuerzos, estos se producen por efectos sísmicos, hundimientos diferenciales o bajo la acción de cargas gravitacionales, y aunque la resistencia a la tensión es baja en el mortero, es conveniente conocerla por las razones mencionadas. Uno de los procedimientos para determinar la resistencia a la tensión de los morteros se encuentra descrito en la Norma ASTM C-190 (Método de ensayo para fuerzas tensibles para morteros de cemento). En ella se especifican los materiales y equipo a utilizar. En este ensayo solamente se determina el esfuerzo de ruptura, el cual ocurre de manera repentina.

2.3.2.5. Permeabilidad

Es la característica de dejar filtrar, ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad del agua. Cuando un mortero no es trabajable, los albañiles

deben golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto es que la junta de mortero no es tan buena y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración.

2.3.2.6. Resistencia a corte

En los morteros evaluados la resistencia a corte es más representativa cuando se ensayan prismas de mampostería sujetos a carga de compresión diagonal, debido a que el mortero y la unidad de mampostería van a actuar como una pieza monolítica en el muro al ser sometidos a esfuerzos cortantes. Por otro lado, las fallas características de este ensayo pueden ser: esfuerzo tangencial en las juntas, tensión diagonal y falla parcialmente definida, que atraviesa las juntas y los mampuestos. Es muy importante la relación que el ensayo de adherencia y fricción mantiene con el ensayo de corte, ya que los resultados del primero sirven como parámetros referenciales para el segundo.

2.3.2.7. Resistencia a flexión

El mortero es un material frágil, al comparar su resistencia a la flexión con la de compresión se ve que la primera es muy baja y poco representativa al momento de diseñar mampostería. Un mortero mantiene adheridas unidades de mampostería entre sí, tratando de que se comporten como una estructura monolítica, y juntos van a soportar combinaciones de esfuerzos, las cuales en su mayoría son de flexocompresión. Es importante conocer el módulo de ruptura, ya que estos esfuerzos combinados provocarán grietas y fisuras en las juntas de los muros.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Muestreo

El material es extraído de los bancos que se generan después de la separación del feldespatos de los demás elementos que conforma el mineral inicial. Estos bancos se encuentran en San Miguel Pochuta Chimaltenango, que es donde SICASA (Sílice de Centro América, S.A.) realiza sus actividades mineras. La adquisición de la arena se hizo en sacos de 50 kg, ya que así es como SICASA distribuye este tipo de material.

Figura 6. Saco de 50 kilogramos de arena feldespatos



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.2. Análisis químico del feldespató estándar

La reacción álcali-agregado es un fenómeno químico que se produce en el interior del hormigón entre determinados minerales reactivos provenientes del agregado y los álcalis disueltos en la pasta de cemento hidratada en forma de hidróxidos. Esta reacción es un fenómeno lento, pero la presencia de ciertos factores desencadenantes como la humedad y la temperatura puede hacer que se acelere.

La degradación del hormigón por esta reacción se manifiesta de diferentes formas, que van desde fisuraciones, deformaciones excesivas, exudación de gel, hasta la reducción de las propiedades mecánicas y de la vida útil de la estructura. Existen muchas medidas utilizadas actualmente para controlar y evitar los efectos dañinos de esta reacción en el hormigón, entre estas se encuentran las adiciones químicas como las sales de litio y las adiciones minerales como la puzolana natural. Debido a que la realización del ensayo para encontrar la reactividad potencial del agregado (método químico ASTM – 289) no proporcionó resultados contundentes, se decidió encontrarla por medio del método de la barra de mortero.

3.2.1. Barras de mortero ASTM C-1260 (COGUANOR NTG 41010 h14)

- COGUANOR NTG 41010 h14. Método de ensayo. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método de la barra de mortero.

Este método permite detectar, dentro de un período de 16 días, la reactividad potencial álcali-sílice de los agregados en las barras de mortero, por

medio del análisis de los cambios de longitud de las barras. El cambio de longitud se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L = \frac{L_f - L_o}{250} * 100$$

Donde:

L = cambio de longitud expresada en porcentaje

Lo = longitud inicial de la barra, mediada 24 horas después de fundida

Lf = longitud de la barra, mediada a determinada edad

250 = longitud de la barra de calibración en milímetros

Figura 7. **Ensayo de cambio de longitud**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.3. Caracterización física del feldespato estándar

Los agregados para concreto deben estar formados de partículas duras y compactas (peso específico elevado) de textura y forma adecuada con una buena distribución de tamaños (buena granulometría). Los agregados suelen estar contaminados con limo, arcilla, humus y otras materias orgánicas. Algunos tienen porcentajes altos de material liviano o de partículas de forma alargada o plana. Tales sustancias o partículas defectuosas restan calidad y resistencia al concreto y las especificaciones fijan los límites permisibles de tolerancia. Se acepta como norma, para determinar una calidad óptima, la especificación ASTM C 33.

3.3.1. Peso específico. Norma ASTM C-128 (COGUANOR NTG-41010 h9)

El peso específico o densidad superficie seco saturada (SSS) de un material, es el cociente entre su peso (material sin contenido agua y aire) y el peso de un volumen equivalente de agua a una temperatura dada (generalmente a 4°C), ya que en estas condiciones el agua posee su máxima densidad); este cociente da como resultado un valor adimensional. Para agregados de peso normal los valores de peso específico se encuentran dentro de 2,5 a 2,75. El peso específico se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$SSS = \frac{W_m}{W_m + (W_p + a) + (W_p + a + m)}$$

Donde:

SSS = densidad superficie seco saturada

Wm = peso del material

W_{p+a} = peso de la probeta y el material

W_{p+a+m} = peso de la probeta, material y el agua

3.3.2. Granulometría. Norma ASTM C-136 (COGUANOR NTG 41010-h1)

Es la clasificación y graduación de los tamaños de partículas de una muestra representativa de un agregado, el cual es determinado por análisis de tamices cuyas aberturas son cuadradas (Norma COGUANOR NTG 41010-h1). Los tamices estándar utilizados en este ensayo son siete y están establecidos por la Norma NTG-41007 para el agregado fino, variando estos desde el tamiz de 3/8" (9,5mm) hasta el tamiz Nro. 100 (150 micras).

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto. En el caso del feldespató, fue separada una muestra representativa de 500 gramos de manera mecánica, por medio de una serie de tamices que siguen las normas anteriormente mencionadas.

3.3.3. Peso unitario o densidad aparente. Norma ASTM C-29 (COGUANOR NTG – 41010h2)

El peso unitario es la relación de la masa del agregado que ocupa un volumen patrón unitario entre la magnitud de este, incluyendo el volumen de vacíos propio del agregado, que ha de ir a ocupar parte de este volumen unitario patrón. Tiene idéntica definición que el peso específico, es decir, peso dividido por el volumen, pero la diferencia fundamental con el peso específico

es que el volumen es aparente, es decir, este volumen incluye los vacíos intergranulares, y el peso no difiere.

El peso unitario es el peso de la muestra respecto a un volumen definido del recipiente. Viene a ser a la vez una constante de cada material, que sirve para transformar pesos a volúmenes o viceversa, principalmente en la dosificación de hormigones. Existen dos valores para el peso unitario de un material granular, dependiendo del sistema que se emplee para acomodar el material; la denominación que se da a cada uno de ellos es: peso unitario suelto y peso unitario compactado. Para hallar el peso unitario se hizo uso de la Norma NTG – 41010h2, la cual es aplicable a agregados que no excedan las 5 pulgadas de tamaño nominal. El peso unitario es influenciado por el grado de asentamiento y por el contenido de humedad del material, por tal motivo se halló el peso unitario del feldespatos compactado y suelto con 0 % de humedad.

El peso unitario del material se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Pu = \frac{(W_r + m) - W_r}{V_r}$$

Donde:

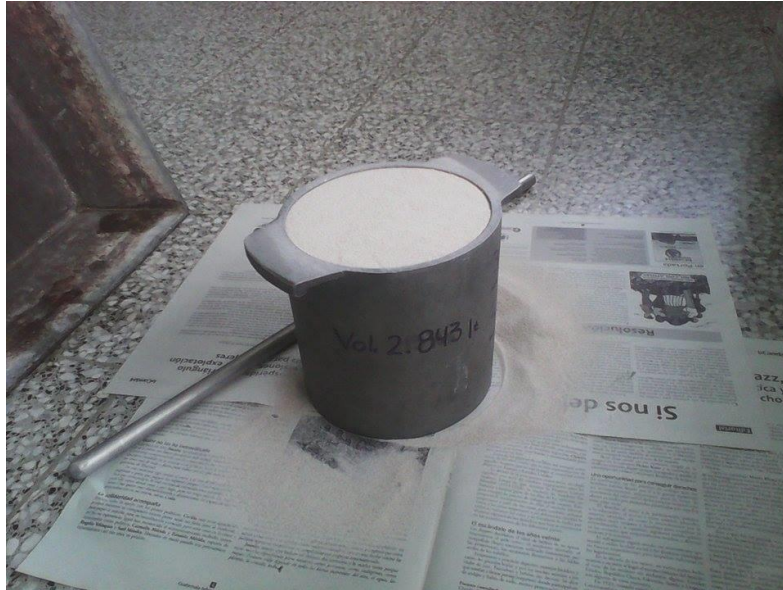
Pu = peso unitario del material

Wr+m = peso del recipiente y el material

Wr = peso del recipiente

Vr = volumen del recipiente

Figura 8. **Ensayo del peso unitario suelto y compactado**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.3.4. **Porcentaje de vacíos o índice de vacíos. Norma ASTM C-29 (COGUANOR NTG – 41010h2)**

El porcentaje de vacíos es la relación del peso específico entre el peso unitario compactado, que da como resultado la cantidad de vacíos. Los vacíos en un agregado son los espacios que no están siendo ocupados por material sólido. El porcentaje de vacíos se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$V = \frac{(Pe * 1000) - Pu}{Pe} * 1000$$

Donde:

V = porcentaje de vacíos

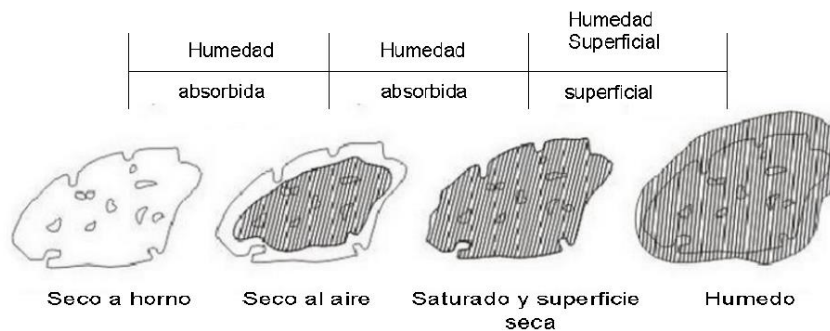
Pe = peso específico

Pu = peso unitario compactado

3.3.5. Porcentaje de absorción. Norma ASTM C-128 (COGUANOR NTG – 41010h2)

La absorción se define como el incremento del peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua pero su superficie se encuentra seca. El valor de la absorción se representa en porcentaje.

Figura 9. Estados de absorción de una partícula de agregado



Fuente: *Estados de absorción de una partícula de agregado.*

<http://es.slideshare.net/EduardoCalderonAlayo/lab06gravedadespecificayabsorciondeagregadofinoposounitariodeagregadofinoygruesopaolab06-gravedad-especifica-y-aborcin-de-agregados-finos>. Consulta: 7 de febrero 2016.

El ensayo consiste en la toma de una muestra representativa de agregado fino (en este caso feldespatos estándar), la cual se sumerge durante un período de 24 horas. Después de transcurrido el tiempo, se coloca el agregado fino de manera expandida sobre un recipiente que no sea absorbente. Se deja secar el material un cierto tiempo hasta que este se encuentre suelto, luego se introduce el material en un recipiente cónico, se apisona 25 veces con un pisón, el cual se

deja caer de una altura aproximadamente de 1cm, y posteriormente se nivela. Si al quitar el molde la muestra se deja caer, es porque no existe humedad libre, si es lo contrario se sigue secando y se repite el proceso hasta que cumpla con la condición. Cuando se cae el agregado al quitar el molde cónico es porque se ha alcanzado una condición saturada con superficie seca.

Para el feldespatos se procedió a tomar una muestra de 500 gramos, luego se realizó el procedimiento anteriormente descrito, para luego colocar la muestra en un recipiente para ser dejada en el horno por espacio de 24 horas. Y, por último, al día siguiente se llevó la muestra a la balanza y se cuantificó su valor. El porcentaje de absorción se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Ab = \frac{Po - Pf}{Pf} * 100$$

Donde:

Ab = porcentaje de absorción

Pf = peso del material, después de secado al horno

Po = peso del material saturado

3.3.6. Pasa tamiz 200. Norma ASTM C-117 (COGUANOR NTG 41010-h3)

El ensayo consiste en la determinación por lavado de la cantidad de material más fino que el tamiz de 0,075 mm (Nro. 200) en agregados. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregados que se dispersan por el agua de lavado y los materiales solubles en agua se remueven de los agregados durante el ensayo.

Para la determinación de la cantidad de material más fino que el tamiz Nro. 200 existen dos procedimientos, el primero solo utiliza agua para la operación de lavado y el segundo incluye un agente humectante para ayudar en la pérdida del material más fino que el tamiz Nro. 200 del material más grueso. Para la realización del ensayo se tomó una muestra de 500 gramos, la cual fue lavada únicamente con agua por el tamiz Nro. 200 para obtener el porcentaje de partículas finas que pasa por el tamiz. El porcentaje que pasa del tamiz Nro. 200 se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{P_o - P_f}{P_f} * 100$$

Donde:

P = porcentaje de material que pasa el tamiz Nro. 200

Pf = peso del material, después del lavado y secado al horno

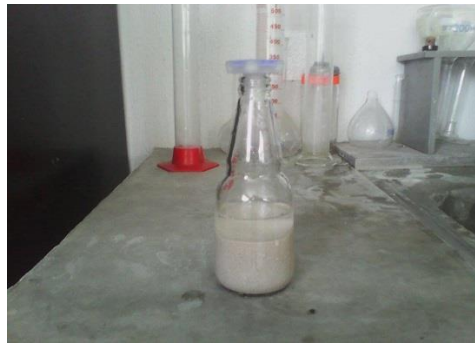
Po = peso del material antes del lavado

3.3.7. Materia orgánica. Norma ASTM C- 40 (COGUANOR NTG 41010-h4)

La materia orgánica es aquella que se encuentra conformada por moléculas orgánicas resultantes de los seres vivos y se puede encontrar en las raíces, animales, organismos muertos y en los restos de alimentos. Es importante que se mantenga un control sobre la cantidad de materia orgánica en los agregados finos naturales. Un alto contenido de materia orgánica puede ocasionar que se presente una disminución en la hidratación del cemento y también una disminución en la resistencia del hormigón y el mortero.

Para la determinación de la materia orgánica, se coloca dentro de una botella de vidrio una cantidad de agregado fino saturado con hidróxido de sodio. Posteriormente, al transcurrir 24 horas se observará si hubo cambio de color del hidróxido, luego se compara con alguno de los colores de los vidrios que posee el colorímetro. Conforme más oscuro es el color que adoptó el hidróxido, más impureza orgánica posee el material. El color permisible según la Norma NTG 41010 h4 es el número 3.

Figura 10. **Ensayo de materia orgánica**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Figura 11. **Colorímetro**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.3.8. Módulo de finura ASTM C -125 (COGUANOR NTG 41006)

El módulo de finura del agregado fino es el índice aproximado que describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen. Cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado, siendo los límites entre 2,3 a 3,1, según especificaciones de la Norma ASTM C-33. El módulo de finura es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

El módulo de finura es un factor empírico que se obtiene de la suma de los porcentajes acumulados de agregado retenido en cada uno de los siguientes tamices y dividiendo la suma entre 100: 150 μ m (Nro. 100), 300 μ m (Nro. 50), 600 μ m (Nro. 30), 1,18 mm (Nro. 16), 2,36 mm (Nro. 8), 4,75 mm (Nro. 4). El módulo de finura se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Mf = \frac{\%A}{100}$$

Donde:

Mf = módulo de finura

%A = porcentaje acumulado retenido del tamiz Nro. 4 al 100

3.4. Realización de mortero utilizando feldespatos estándar como agregado fino y cemento blanco como aglomerante

Se realizaron varios diseños para morteros utilizando como guía la Norma NTG 41050 (que es la equivalente en español de la Norma ASTM C-127), en la

cual se indican las cantidades necesarias para obtener diferentes clases en función del tipo de mortero.

Figura 12. **Equipo utilizado en la mezcla de mortero**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USA.

3.4.1. Propiedades en estado plástico

Las propiedades de los morteros en estado plástico son aquellas que determinan la adecuación a la construcción de mampostería y a su vez están relacionadas con las propiedades del concreto endurecido y, por lo tanto, con los elementos estructurales terminados. Las propiedades de los morteros plásticos que ayudan a determinar su adecuación constructiva incluyen su trabajabilidad (consistencia) y su retención de agua.

3.4.1.1. Manejabilidad

- COGUANOR NTG 41002. Práctica para la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica (norma equivalente en español a la ASTM C-305).

- COGUANOR NTG 41003h13. Método de ensayo. Determinación del flujo en morteros de cemento hidráulico (norma equivalente en español a la ASTM C-1437).

Para que el mortero realizado con feldespatos estándar tenga una buena manejabilidad, su relación agua/cemento debe ser mayor que la que necesita un mortero con arena triturada, ocasionando en este que disminuya su resistencia a la compresión y tensión y, además, que se incremente su tiempo de fraguado.

Figura 13. **Ensayo de flujo o manejabilidad del mortero**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.4.1.2. Retención de agua ASTM C-91 y ASTM C-110.

- ASTM C-1506 *Standard test method for water retention of hydraulic cement-based mortars and plasters.* (Determinación de la retención de agua de morteros de pega y de recubrimiento a base de cemento hidráulico).

El mortero con feldespatos estándar bajo condiciones de succión no retiene mucha cantidad de agua en comparación con los morteros realizados con arena convencional. Bajo condiciones normales, dicho mortero expulsa el agua por sí solo, indicando a simple vista que no es muy bueno para retener agua. La retención de agua se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R = \left(\frac{F_a}{F_d} \right) * 100$$

Donde:

R = retención de agua expresada en porcentaje

F_a = flujo antes de la succión

F_d = flujo después de la succión

Figura 14. **Equipo de retención de agua para morteros**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.4.1.3. **Velocidad de endurecimiento ASTM C-403**

- ASTM C-807. *Standard test method for time of setting of hydraulic cement mortar by modified vicat needle.* (Método de ensayo.)

Determinación del tiempo de fraguado de morteros de cemento hidráulico usando la aguja de Vicat).

El mortero con feldespatos estándar, para que tenga una buena trabajabilidad, necesita de una mayor cantidad de agua que una arena convencional, y esto ocasiona que se incremente su tiempo de fraguado. El tiempo de fraguado en un mortero hecho con feldespatos se incrementa conforme se añade más arena a la proporción, ya que el tipo de arena ocasiona que la mezcla demande más agua. El tiempo final de fraguado de un mortero de cemento hidráulico se da cuando la aguja de Vicat penetra 10 mm, esto según la Norma ASTM C-807. El cálculo del tiempo de fraguado al minuto más cercano se calcula con la siguiente ecuación:

$$\left(\left(\frac{B - A}{C - D} \right) * (C - 10) \right) + A$$

Donde:

A = tiempo en minutos de la última penetración mayor que 10 mm

B = tiempo en minutos de primera penetración de menos de 10 mm

C = lectura de la penetración en el tiempo de A

D = lectura de la penetración en el tiempo B

Figura 15. **Tiempo de fraguado por medio de la aguja de Vicat**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.4.1.4. Trabajabilidad ASTM C-270 (COGUANOR NTG 41050)

- COGUANOR NTG 41050. Mortero de pega para unidades de mampostería. Especificaciones.

La Norma ASTM C-270 describe que la trabajabilidad de los diseños de mezcla debe medirse con la prueba de flujo. La trabajabilidad de un mortero sobre la mesa de flujo se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$T = \sum_{n=1}^4 Ln$$

Donde:

T = trabajabilidad del mortero en porcentaje

L = lectura tomada del medidor de flujo

3.4.2. Propiedades en estado endurecido

En estado endurecido los morteros son aquellos que ayudan a determinar el comportamiento final de la mampostería. Incluyen la adherencia, la durabilidad, la elasticidad, y la resistencia a la compresión y a la tensión.

3.4.2.1. Resistencia a la compresión ASTM C- 109 (COGUANOR NTG 41003 h4)

- COGUANOR NTG 41003 h4. Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm (2 pulg.) de lado.

Para determinar la resistencia del mortero compuesto con feldespatos estándar, diseñado con cemento blanco a diferentes proporciones, se evaluó de acuerdo con la Norma NTG 41003 h4. Para determinar la resistencia se realizaron cubos de 2" por lado, para luego ser ensayados bajo la aplicación de carga de compresión a diferentes edades, las cuales son 3, 7 y 28 días, siendo 28 días la edad donde se espera que alcance el mortero su resistencia máxima.

La resistencia a la compresión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P}{A}$$

Donde:

C = esfuerzo de compresión

P = carga de falla

A = área de la cara del cubo de mortero

Figura 16. **Cubos de mortero hechos con feldespatos estándar**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Figura 17. **Ensayo a compresión de cubos de mortero**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.4.2.2. Durabilidad

Los morteros, tanto de feldespato como los fabricados con una combinación de feldespato y arena triturada, han mostrado un buen comportamiento durante el período de 28 días.

Figura 18. ***Block* recubierto con mortero de feldespato y cemento blanco**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.4.2.3. Resistencia a la tensión ASTM C-109 (COGUANOR NTG 41003 h4)

- ASTM C-190. *Standard test method for tensile strength of hydraulic cement mortars.* (Método de ensayo estándar para la resistencia a la tensión de morteros de cementos hidráulicos).

Para el ensayo a tensión se realizaron briquetas normalizadas con un área evaluada de 1" cuadrada, siguiendo de manera adecuada la Norma ASTM C-190. La resistencia a la compresión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P}{A}$$

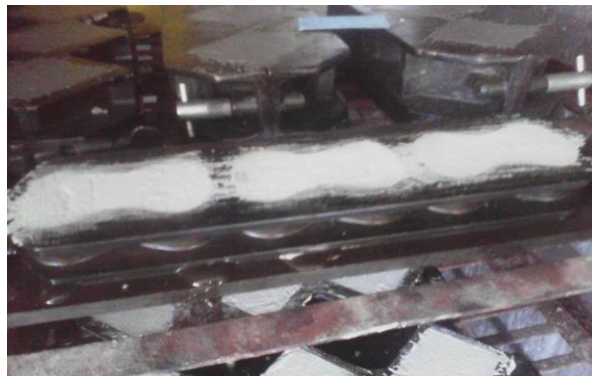
Donde:

C = esfuerzo de compresión

P = carga de falla

A = área de la cara del cubo de mortero

Figura 19. **Briquetas de mortero hechas con feldespatos estándar**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Figura 20. **Ensayo a tensión de briquetas de mortero**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

3.5. Ensayo de prismas

Para este ensayo se utilizaron *blocks* con dimensiones de 0,14 x 0,19 x 0,39 metros revestidos con cada uno de los diferentes diseños de mortero.

3.5.1.1. Permeabilidad

El método seleccionado fue el propuesto por el ingeniero alemán Rudolf Karsten, el cual consiste en fijar por medio de una masilla plástica o silicona la base de un tubo de vidrio transparente graduado en ml, de modo que 1 ml corresponde a 1 cm de altura de columna de agua, con una base circular de 2,5 cm de diámetro. Después de fijado el tubo contra la superficie a ensayar, se vierte agua dentro del tubo hasta la altura que se desee. La presión de agua que se genera en la base del tubo hacia la superficie ensayada corresponde a $0,098 \text{ kN/m}^2$ por cada 1 cm de altura. La presión generada por la columna de agua simula la presión generada por la intensidad de lluvia con velocidades de viento que es posible calcular mediante la siguiente ecuación:

$$V = (16 * q)^{0.5}$$

Donde:

V = velocidad del viento en Km/h

q = presión provocada por el agua

16 = constantes que provienen de la deducción de la fórmula

Generalmente, el tubo se llena con agua hasta que el nivel superior de este alcance una altura de 5cm, lo que equivale a la presión ejercida por lluvias con vientos que posee una velocidad de 100 km/h. Las columnas de agua superiores representan velocidades de viento que prácticamente nunca se producen en la mayor parte del territorio guatemalteco.

La cantidad de agua absorbida por unidad de tiempo (generalmente se deja absorber agua por un lapso de 10 minutos) por parte de la superficie en estudio se mide directamente, efectuando la lectura en la escala que posee el tubo. Si la absorción es alta, se recomienda rellenar el tubo una vez que la columna de agua ha descendido 1 cm, con el fin de mantener una presión constante. La permeabilidad de los morteros estudiados se evaluó a una edad de 28 días de aplicados, esto debido a que las características de resistencia que presenta el mortero a tal edad son utilizadas como parámetros de diseño.

Tabla IV. **Grado de permeabilidad en función del agua que penetra en 10 minutos**

| Penetración en cm ³ en diez Minutos | Estimación |
|--|------------------------|
| Más de 3,0 | Permeabilidad muy alta |
| De 2,4 a 3,0 | Permeabilidad alta |
| De 1,0 a 2,4 | Mediana permeabilidad |
| De 0,4 a 1,0 | Baja permeabilidad |

Continuación de la tabla IV.

| | |
|--------------|--------------------------|
| De 0,2 a 0,4 | Impermeabilidad relativa |
| De 0,1 a 0,2 | impermeable |
| Menos de 0,1 | Sin actividad capilar |

Fuente: *Grado de permeabilidad*. <http://www.patologiasconstruccion.net/2012/11/ensayo-de-permeabilidad-en-fachadas-tubo-en-l-o-tubo-rilem/>. Consulta: 10 de junio 2016.

Figura 21. **Ensayo de permeabilidad**



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

En la siguiente figura se puede observar que, con lapsos de tiempo mayores a 10 minutos, comienza a definirse de una mejor manera cómo el agua infiltra el espesor de la capa de mortero, pudiendo observar una pequeña marca de agua en la parte trasera de una placa de mortero, la cual fue sometida al ensayo de tubo *rilem* en un lapso mayor a 10 minutos.

Figura 22. Reverso de placa de mortero



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Parámetros físico-mecánicos del feldespató estándar

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos realizados al feldespató, siguiendo las especificaciones indicadas por las normas utilizadas. Dichos datos proporcionan los parámetros físico-mecánicos del feldespató.

Tabla V. **Características físicas del feldespató estándar**

| | |
|---|----------|
| Peso específico | 2,34 |
| Peso unitario compactado (kg/m ³) | 1 100,00 |
| Peso unitario suelto (kg/m ³) | 910,00 |
| Porcentaje de vacíos (%) | 53,00 |
| Porcentaje de absorción (%) | 7,20 |
| Contenido de materia orgánica | 0 |
| Para tamiz # 200 (%) | 6,30 |
| Retenido tamiz 6,35 (%) | 0,00 |
| Módulo de finura | 1,35 |

Fuente: Orden de trabajo Nro. 35267. CII/USAC.

De acuerdo a los límites que establece la Norma ASTM C-33 respecto al agregado fino (feldespató estándar), se puede decir que:

- El contenido de materia orgánica del feldespató estándar, según la clasificación colométrica, es de 0. Sí cumple con el límite, que es 3, según la Norma ASTM C-40

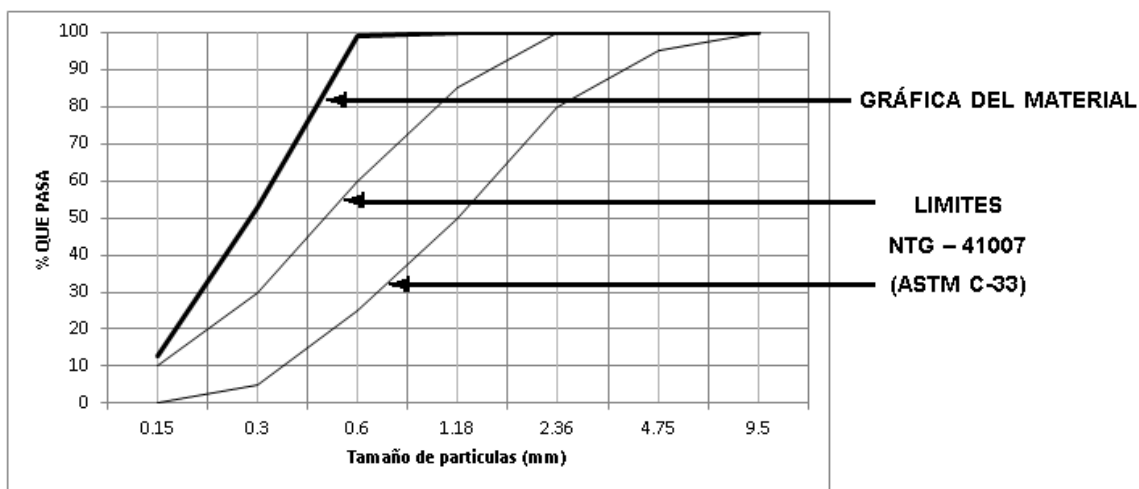
- El módulo de finura es de 1,35, la especificación indica que debe estar entre 2,3 y 3,1. No cumple, según Norma ASTM C-33, por lo que se clasifica como un agregado muy fino.

Tabla VI. **Granulometría del feldespato estándar**

| GRANULOMETRIA | |
|-------------------|------------|
| Tamaño de Tamices | % Que Pasa |
| 3/8" | 100,00 |
| 4 | 100,00 |
| #8 | 100,00 |
| #16 | 100,00 |
| #30 | 99,00 |
| #50 | 53,00 |
| #100 | 13,00 |
| FONDO | 0,00 |

Fuente: Orden de trabajo Nro. 35267. CII/USAC.

Figura 23. **Curva de granulometría del feldespato estándar**



Fuente: Orden de trabajo Nro. 35267. CII/USAC.

Toda la curva se encuentra fuera de los límites establecidos por la Norma NTG – 41007, por lo tanto el feldespatos estándar no es un material acorde a las especificaciones de la norma y su comportamiento granulométrico no satisface la distribución uniforme de las partículas, pues es muy fino.

4.2. Bondad de los agregados por el uso del sulfato de sodio, ASTM C-88

La finalidad de este ensayo fue la de conocer la resistencia del feldespatos a la desintegración cuando está sujeto a la acción del clima en el concreto. Dicho ensayo se realizó siguiendo las especificaciones de la Norma ASTM C-88.

Tabla VII. Desgaste del feldespatos estándar por ataque de sulfato

| TAMAÑOS | | Graduación por fracción | Peso antes de ensayo (g) | Peso después de ensayo (g) | % de Desgaste | Desgaste ref. a Graduación |
|------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| PASA | RETENIDOS | | | | | |
| No. 100 (149 mm) | | | | | | |
| No. 50 (297 mm) | No. 100 (149 mm) | 42,00 | 100,00 | 95,00 | 5,00 | 2,10 |
| No. 30 (595 mm) | No. 50 (297 mm) | 42,00 | 100,00 | 87,60 | 12,40 | 5,21 |
| No. 16 (1.19 mm) | No. 30 (595 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| No. 8 (2.38 mm) | No. 16 (1.19 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| No. 4 (4.76 mm) | No. 8 (2.38 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3/8" (9.52 mm) | No. 4 (4.76 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTALES | | 84,00 | ----- | ----- | ----- | 7,31 |

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USA.

Según los datos proporcionados por la tabla VII, el feldespatos estándar tubo un desgaste de 7,31 %, por lo tanto sí cumple con el límite indicado por la norma, que es de 10 %.

4.3. Determinación de la reacción álcali-agregado del feldespató estándar

Como se puede observar en la siguiente tabla, el ensayo de reacción álcali-sílice del feldespató y de la arena gris por el método químico, no muestra ningún resultado, por lo que fue necesario encontrar la reacción álcali-sílice por medio del ensayo de barras de mortero.

Tabla VIII. **Determinación de la reactividad potencial. Norma ASTM C-289**

| Muestra | Reducción alcalina RC (mmol/L) | Sílice disuelta SC (mmol/L) | Resultados |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------|
| Arena gris | 268±28 | >2 500 | ** |
| Feldespató estándar | 212±5,51 | <1 | ** |

Fuente: Orden de trabajo Nro. 35273. CII/USAC.

Tabla IX. **Expansiones en porcentaje de la barra de mortero**

| EXPANSIÓN ENTRE LECTURA 0 Y 1 | | EXPANSIÓN PROMEDIO ENTRE LECTURA 0 Y 1 | |
|-------------------------------|----------------|--|----------------|
| FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) | FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) |
| 0,0152 | 0,4376 | 0,0296 | 0,4456 |
| 0,044 | 0,4536 | | |
| EXPANSIÓN ENTRE LECTURA 0 Y 2 | | EXPANSIÓN PROMEDIO ENTRE LECTURA 0 Y 2 | |
| FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) | FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) |
| 0,0256 | 1,1232 | 0,0324 | 1,1492 |
| 0,0392 | 1,1752 | | |

Continuación de la tabla IX.

| EXPANSIÓN ENTRE LECTURA 0 Y 1 | | EXPANSIÓN PROMEDIO ENTRE LECTURA 0 Y 1 | |
|--|----------------|---|----------------|
| FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) | FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) |
| 0,0152 | 0,4376 | 0,0296 | 0,4456 |
| 0,044 | 0,4536 | | |
| EXPANSIÓN ENTRE LECTURA 0 Y 2 | | EXPANSIÓN PROMEDIO ENTRE LECTURA 0 Y 2 | |
| FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) | FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) |
| 0,0256 | 1,1232 | 0,0324 | 1,1492 |
| 0,0392 | 1,1752 | | |
| EXPANSIÓN ENTRE LECTURA 0 Y 3 | | EXPANSIÓN PROMEDIO ENTRE LECTURA 0 Y 3 | |
| FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) | FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) |
| 0,0184 | 1,2816 | 0,0308 | 1,3064 |
| 0,0432 | 1,3312 | | |
| EXPANSIÓN ENTRE LECTURA 0 Y FINAL | | EXPANSIÓN PROMEDIO ENTRE LECTURA 0 Y FINAL | |
| FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) | FELDESPATO (%) | ARENA GRIS (%) |
| 0,02 | 1,3512 | 0,032 | 1,3736 |
| 0,044 | 1,396 | | |
| Expansión total del proceso para el feldespató | | 0,032 % | |
| Expansión total del proceso para la arena gris | | 1,3736 % | |

Fuente: elaboración propia.

Según los datos proporcionados por la tabla IX, el feldespató obtuvo una expansión, a los 16 días, de 0,032 %, que es menor a 0,10%, y según la Norma ASTM C-1260 esta se comportará de manera inocua.

Según los datos proporcionados por la tabla IX, la arena gris obtuvo una expansión, a los 16 días, de 1,3736 %, que es mayor a 0,20 %, y según la Norma ASTM C-1260 esta sufrirá expansiones perjudiciales.

4.3.1. Composición química del feldespato estándar

La composición química del feldespato fue hallada con la finalidad de conocer si este posee componentes que puedan afectar el comportamiento del agregado; tales compuestos dañinos son: la sílice (SiO_2) y el potasio (K_2O). Estos pueden producir incrementos de volumen de hasta un 50 %, ocasionando fisuras en los agregados y en la matriz del mortero.

Tabla X. Composición del feldespato estándar

| COMPOSICIÓN QUÍMICA | | | | |
|----------------------------|----------|----------|-------------|------------|
| % SiO_2 | 63,30 | | Mínimo | |
| % Al_2O_3 | 17,6 | | $\pm 1,20$ | |
| % Fe_2O_3 | 0,250 | | $\pm 0,050$ | |
| VALORES TÍPICOS | | | | |
| Oxido | % | % | MIN | MAX |
| * Na_2O | 4,90 | 0,90 | 4,00 | 5,80 |
| * K_2O | 8,30 | 1,60 | 6,60 | 9,90 |

Fuente: Sílice de Centro América, S.A.

Según los datos proporcionados por la tabla X, el feldespato posee un gran contenido de sílice en su composición química, como también un cierto porcentaje de potasio, y a pesar de que las barras de mortero indican que el comportamiento del agregado será inocuo, es preferible que se realicen ensayos más certeros sobre la reacción álcali-sílice del feldespato.

4.4. Dosificación de morteros con feldespatos estándar

Los 10 diseños de mezcla fueron hechos con el fin de conocer el comportamiento de los morteros con feldespatos bajo variaciones del contenido del mismo en la proporción de la mezcla, tanto en combinación con arena triturada como de manera independiente. En los diseños 2, 3, 4, 5 y 9 se encuentra el feldespatos de manera independiente como agregado fino, mientras que en los diseños 1, 6, 7, 8 y 10 el feldespatos se encuentra combinado a la proporción con arena triturada. Para la realización de cada uno de los diferentes diseños se hizo uso de cemento Portland blanco tipo III que sigue la norma NGO – 41005 (equivalente en español a la ASTM C-150).

Tabla XI. **Proporciones de diseños de morteros**

| DISEÑO DE LABORATORIO | | | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Ensayo | Diseño 1 | Diseño 2 | Diseño 3 | Diseño 4 | Diseño 5 |
| Proporción (cemento: arena) | 1:3 | 1:1 | 1:2 | 1:2.5 | 1:3 |
| Relación A/C | 0,55 | 0,43 | 0,57 | 0,67 | 0,78 |
| Ensayo | Diseño 6 | Diseño 7 | Diseño 8 | Diseño 9 | Diseño 10 |
| Proporción (cemento: arena) | 1:3 25% F 75% G | 1:3 50% F 50% G | 1:3 75% F 25% G | 1:4 | 1:3 10% F 90% G |
| Relación A/C | 0,53 | 0,62 | 0,75 | 1,00 | 0,56 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Proporciones en peso de los diseños de morteros**

| Cantidades de materiales a usar | | | | |
|--|--------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|
| Diseño | Cemento (g) | Arena feldespato (g) | Arena gris (g) | Agua (ml) |
| 1 | 500 | 0 | 1 500 | 275 |
| 2 | 1 500 | 1 500 | 0 | 643 |
| 3 | 1 000 | 2 000 | 0 | 570 |
| 4 | 860 | 2 150 | 0 | 576,2 |
| 5 | 750 | 2 250 | 0 | 585 |
| 6 | 750 | 562,5 | 1 687,5 | 400 |
| 7 | 875 | 1 312,5 | 1 312,5 | 544,4 |
| 8 | 875 | 1 593,75 | 531,25 | 621,25 |
| 9 | 600 | 2 400 | 0 | 600 |
| 10 | 875 | 2 625 | 262,5 | 486 |

Fuente: elaboración propia.

4.4.1. Características físicas del mortero con feldespato estándar en estado fresco

Los ensayos fueron realizados siguiendo especificaciones de las normativas utilizadas. La finalidad de su realización fue la de conocer cómo se comporta el mortero en estado plástico. En cuanto a los ensayos de retención de agua y velocidad de endurecimiento, ambos fueron realizados simultáneamente.

Tabla XIII. **Porcentaje de retención de agua para morteros**

| Nro. Diseño | FLOW INICIAL | FLOW FINAL | % Retención de agua |
|--------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 107 | 63 | 58,88 |
| 2 | 110 | 83 | 75,45 |
| 3 | 115 | 68 | 59,13 |
| 4 | 111 | 48 | 43,24 |
| 5 | 115 | 63 | 54,78 |
| 6 | 111 | 40 | 36,04 |
| 7 | 108 | 54 | 50,00 |
| 8 | 114 | 51 | 44,74 |
| 9 | 112 | 44 | 39,29 |
| 10 | 109 | 57 | 52,29 |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos proporcionados en la tabla XIII, solo el diseño Nro. 2 cumple con el porcentaje de retención de agua mínimo que establece la Norma ASTM C-270, el cual es de 75 %.

4.4.2. Velocidad de endurecimiento de los 10 diseños

En las siguientes tablas se presenta la penetración de la aguja de Vicat a determinado tiempo, como también el tiempo final de fraguado de los 10 diferentes diseños realizados. Según la Norma ASTM C-403 el tiempo de fraguado final se da cuando la aguja de Vicat ocasiona una penetración igual a 10 mm.

Tabla XIV. **Tiempo de fraguado del diseño 1**

| DISEÑO Nro. 1 (1:3) ARENA GRIS | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 39 |
| 45 | 39 |
| 60 | 39 |
| 75 | 25 |
| 90 | 6 |
| Tiempo final de fraguado 86,8 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Tiempo de fraguado del diseño 2**

| DISEÑO Nro. 2 (1:1) FELDESPATO | |
|--|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 40 |
| 60 | 40 |
| 75 | 40 |
| 90 | 40 |
| 105 | 39 |
| 120 | 37 |
| 135 | 35 |
| 150 | 32 |
| 165 | 16 |
| 180 | 8 |
| Tiempo final de fraguado 176,3 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Tiempo de fraguado del diseño 3**

| DISEÑO Nro. 3 (1:2) FELDESPATO | |
|--|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 40 |
| 60 | 40 |
| 75 | 40 |
| 90 | 39 |
| 105 | 39 |
| 120 | 38 |
| 135 | 36 |
| 150 | 35 |
| 165 | 25 |
| 180 | 19 |
| 195 | 13 |
| 210 | 3 |
| Tiempo final de fraguado 199,5 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Tiempo de fraguado del diseño 4**

| DISEÑO Nro. 4 (1:2.5) FELDESPATO | |
|---|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 39 |
| 60 | 39 |
| 75 | 39 |
| 90 | 39 |
| 105 | 32 |
| 120 | 32 |
| 135 | 29 |
| 150 | 27 |

Continuación de la tabla XVII.

| | |
|---|----|
| 165 | 25 |
| 180 | 16 |
| 195 | 8 |
| Tiempo de final de fraguado 191,3 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Tiempo de fraguado del diseño 5**

| DISEÑO Nro. 5 (1:3) FELDESPATO | |
|---|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 40 |
| 60 | 40 |
| 75 | 40 |
| 90 | 40 |
| 105 | 40 |
| 120 | 40 |
| 135 | 39 |
| 150 | 39 |
| 165 | 38 |
| 180 | 32 |
| 195 | 27 |
| 210 | 25 |
| 225 | 12 |
| 240 | 5 |
| Tiempo de final de fraguado 229,3 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Tiempo de fraguado del diseño 6**

| DISEÑO Nro. 6 (1:3) 25%F 75%G | |
|---|-------------------------|
| Minuto | penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 40 |
| 60 | 37 |
| 75 | 27 |
| 90 | 27 |
| 105 | 20 |
| 120 | 9 |
| Tiempo de final de fraguado 118,6 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Tiempo de fraguado del diseño 7**

| DISEÑO Nro. 7 (1:3) 50%F 50%G | |
|---|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 40 |
| 60 | 40 |
| 75 | 39 |
| 90 | 31 |
| 105 | 31 |
| 120 | 15 |
| 135 | 13 |
| 150 | 7 |
| Tiempo de final de fraguado 142,5 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Tiempo de fraguado del diseño 8**

| DISEÑO Nro. 8 (1:3) 75%F25%G | |
|---|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 39 |
| 60 | 39 |
| 75 | 39 |
| 90 | 39 |
| 105 | 37 |
| 120 | 37 |
| 135 | 37 |
| 150 | 37 |
| 165 | 33 |
| 180 | 25 |
| 195 | 25 |
| 210 | 16 |
| 225 | 5 |
| Tiempo de final de fraguado 218,2 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Tiempo de fraguado del diseño 9**

| DISEÑO Nro. 9 (1:4) FELDESPATO | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Minuto | Penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 40 |
| 60 | 40 |
| 75 | 40 |
| 90 | 40 |
| 105 | 39 |
| 120 | 38 |
| 135 | 38 |

Continuación de la tabla XXII.

| | |
|---|----|
| 150 | 38 |
| 165 | 36 |
| 180 | 31 |
| 195 | 28 |
| 210 | 25 |
| 225 | 25 |
| 240 | 25 |
| 255 | 21 |
| 270 | 8 |
| Tiempo de final de fraguado 267,7 minutos | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Tiempo de fraguado del diseño 10**

| DISEÑO Nro. 10 (1:3) 10%F90%G | |
|--|------------------|
| Minuto | penetración (mm) |
| 0 | |
| 30 | 40 |
| 45 | 39 |
| 60 | 37 |
| 75 | 35 |
| 90 | 18 |
| 105 | 9 |
| Tiempo de final de fraguado 103,3 minuto | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Tiempos finales de fraguado**

| DISEÑO Nro. | Tiempo final de fraguado en minutos. |
|--------------------|---|
| 1 | 86,8 |
| 2 | 176,3 |
| 3 | 199,5 |
| 4 | 191,3 |
| 5 | 229,3 |
| 6 | 118,6 |
| 7 | 142,5 |
| 8 | 218,2 |
| 9 | 267,7 |
| 10 | 103,3 |

Fuente: elaboración propia.

Según los datos proporcionados por la tabla XXIV, los diseños con mayor relación agua cemento son los que poseen un mayor tiempo de fraguado.

4.5. Propiedades mecánicas del mortero en estado endurecido

Los ensayos fueron realizados siguiendo especificaciones de las normativas utilizadas. La finalidad de su realización fue la de conocer cómo se comporta el mortero en estado endurecido. Los especímenes para tensión y compresión fueron fabricados culminado los ensayos de retención de agua y velocidad de endurecimiento de cada diseño. Se realizaron 9 especímenes (cubos de 2" de lado) para ser ensayados a compresión y 6 especímenes (briquetas) para ser ensayados a tensión, para cada uno de los diferentes diseños. En total se realizaron 90 especímenes a compresión y 60 especímenes a tensión. Los especímenes ensayados por día fueron 3 y se realizaron a diferentes edades (3, 7 y 28 días).

A continuación se presentan los resultados de las resistencias a tensión y a compresión a diferentes edades, los cuales provienen de un promedio de resistencias de los 3 cubos ensayados bajo una determinada edad, y también se presentan las gráficas (figuras 23 a la 42) que muestran la variación de la resistencia conforme se incrementa la edad de cada uno de los diferentes morteros.

4.5.1. Resistencia a compresión y a tensión

Estos ensayos se realizaron con la finalidad de conocer cómo varía la resistencia tanto a tensión como a compresión de los 10 diseños, a edades de 3, 7 y 28 días.

Tabla XXV. Resistencia a compresión y tensión. Diseños 1 al 3

| Ensayo | | Diseños de laboratorio | | | | | |
|-----------------------------|---------|------------------------|------|----------|------|----------|------|
| | | diseño 1 | | diseño 2 | | diseño 3 | |
| | | Mpa | PSI | Mpa | PSI | Mpa | PSI |
| Resistencia a la compresión | 3 días | 14,35 | 2080 | 27,93 | 4053 | 18,43 | 2677 |
| | 7 días | 17,95 | 2605 | 35,97 | 5220 | 22,43 | 3257 |
| | 28 días | 29,8 | 4325 | 48,73 | 7070 | 32,50 | 4717 |
| resistencia a la tensión | 3 días | 2,55 | 370 | 3,30 | 480 | 3,00 | 435 |
| | 7 días | 3,20 | 465 | 3,65 | 530 | 3,55 | 515 |
| | 28 días | 3,70 | 535 | 4,65 | 675 | 3,85 | 560 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Resistencia a compresión y tensión. Diseños 4 al 6

| Diseños de laboratorio | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| Ensayos | | diseño 4 | | diseño 5 | | diseño 6 | |
| | | Mpa | PSI | Mpa | PSI | Mpa | PSI |
| Resistencia a la compresión | 3 días | 13,83 | 2010 | 7,53 | 1093 | 33,53 | 4867 |
| | 7 días | 14,60 | 2120 | 11,67 | 1693 | 44,93 | 6520 |
| | 28 días | 23,83 | 3457 | 14,73 | 2140 | 52,20 | 7577 |
| Resistencia a la tensión | 3 días | 2,60 | 375 | 2,35 | 340 | 3,90 | 565 |
| | 7 días | 2,90 | 425 | 2,70 | 390 | 4,30 | 625 |
| | 28 días | 3,45 | 500 | 3,05 | 445 | 5,20 | 755 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Resistencia a compresión y tensión. Diseños 7 al 9

| Diseños de laboratorio | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| Ensayos | | diseño 7 | | diseño 8 | | diseño 9 | |
| | | Mpa | PSI | Mpa | PSI | Mpa | PSI |
| Resistencia a la compresión | 3 días | 22,00 | 3190 | 16,47 | 2390 | 4,23 | 613 |
| | 7 días | 30,30 | 4397 | 19,87 | 2883 | 6,47 | 937 |
| | 28 días | 38,47 | 5580 | 25,43 | 3693 | 8,30 | 1203 |
| Resistencia a la tensión | 3 días | 3,10 | 450 | 2,75 | 400 | 1,50 | 220 |
| | 7 días | 3,90 | 570 | 2,90 | 420 | 2,10 | 310 |
| | 28 días | 4,25 | 615 | 3,65 | 530 | 2,45 | 355 |

Fuente: elaboración propia

Tabla XXVIII. **Resistencia a compresión y tensión. Diseño 10**

| Diseños de laboratorio | | | |
|-------------------------------|---------|------------------|------------|
| Ensayos | | diseño 10 | |
| | | Mpa | PSI |
| Resistencia a la compresión | 3 días | 29,23 | 4240 |
| | 7 días | 42,10 | 6110 |
| | 28 días | 49,87 | 7237 |
| Resistencia a la tensión | 3 días | 3,95 | 575 |
| | 7 días | 4,65 | 675 |
| | 28 días | 4,70 | 680 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Resistencia a compresión a 28 días**

| DISEÑO Nro. | RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS | |
|--------------------|---|------------|
| | Mpa | PSI |
| 1 | 29,80 | 4325 |
| 2 | 48,73 | 7070 |
| 3 | 32,50 | 4717 |
| 4 | 23,83 | 3457 |
| 5 | 14,73 | 2140 |
| 6 | 52,20 | 7577 |
| 7 | 38,47 | 5580 |
| 8 | 25,43 | 3693 |
| 9 | 8,30 | 1203 |
| 10 | 49,87 | 7237 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Resistencia a tensión a 28 días**

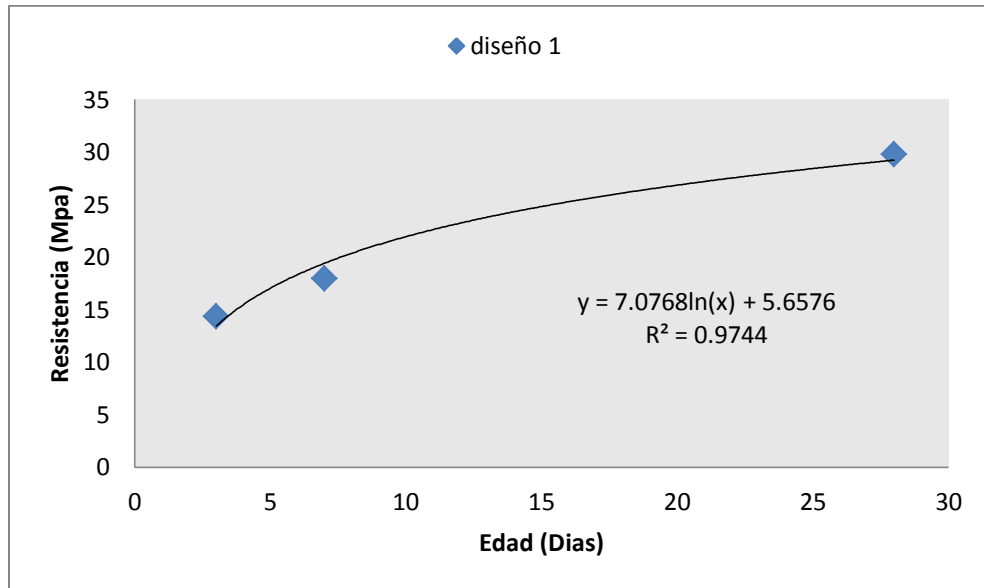
| DISEÑO Nro. | RESISTENCIA A TENSIÓN A 28 DÍAS | |
|-------------|------------------------------------|-----|
| | Mpa | PSI |
| 1 | 3,70 | 535 |
| 2 | 4,65 | 675 |
| 3 | 3,85 | 560 |
| 4 | 3,45 | 500 |
| 5 | 3,05 | 445 |
| 6 | 5,20 | 755 |
| 7 | 4,25 | 615 |
| 8 | 3,65 | 530 |
| 9 | 2,45 | 355 |
| 10 | 4,70 | 680 |

Fuente: elaboración propia.

Según los datos proporcionados por las tablas XXIX y XXX, los morteros más resistentes tanto a compresión como a tensión son los fabricados con los diseños 2, 6, 7 y 10.

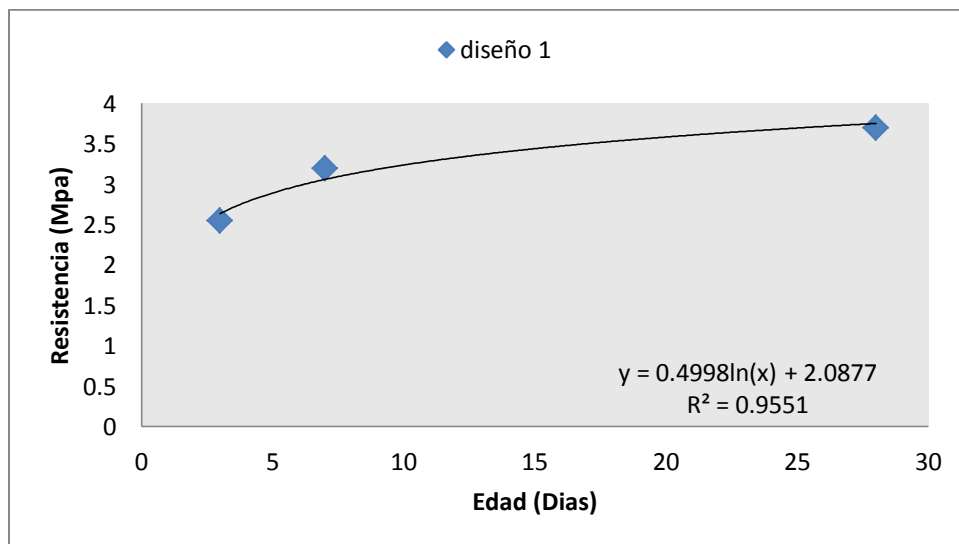
En las siguientes páginas se presentan las gráficas de resistencia tanto a compresión como a tensión, en función del tiempo de los 10 diferentes diseños realizados, con el fin de comparar el comportamiento de resistencia de los morteros de feldespatos con el diseño 1, el cual no posee ninguna porción de feldespatos.

Figura 24. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 1**



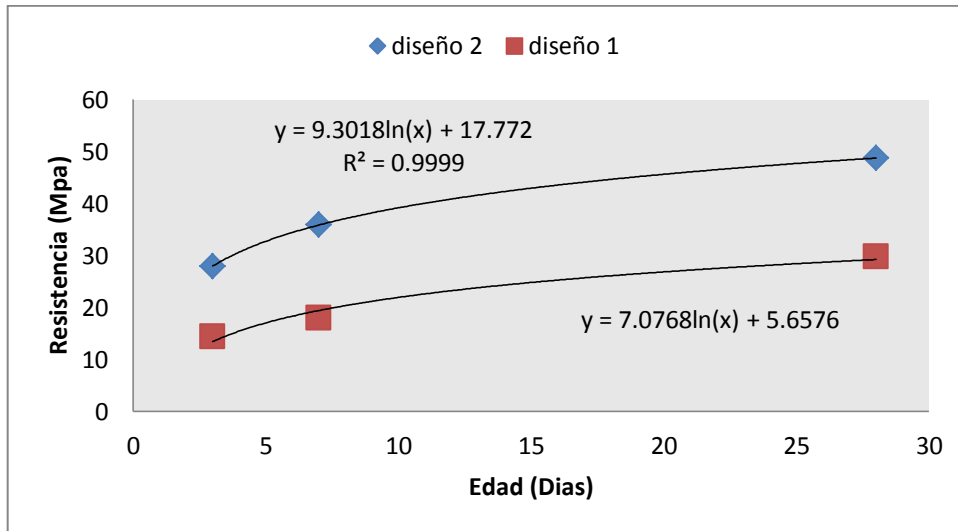
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 1**



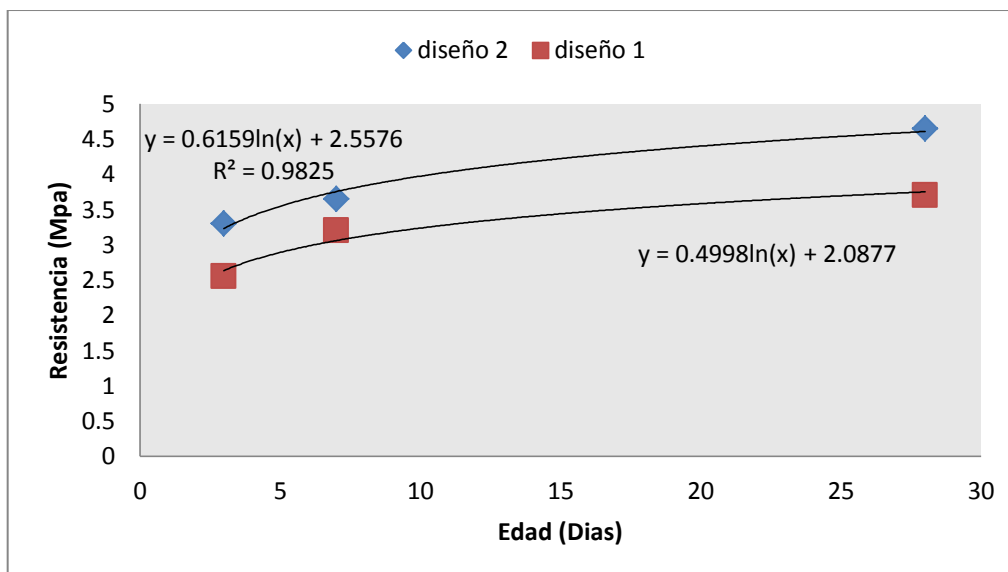
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 2**



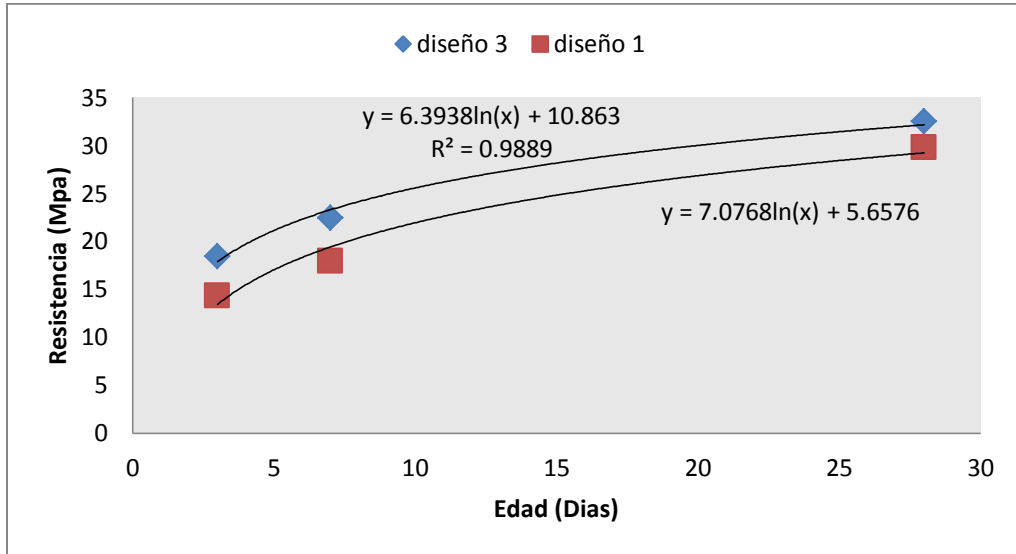
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 2**



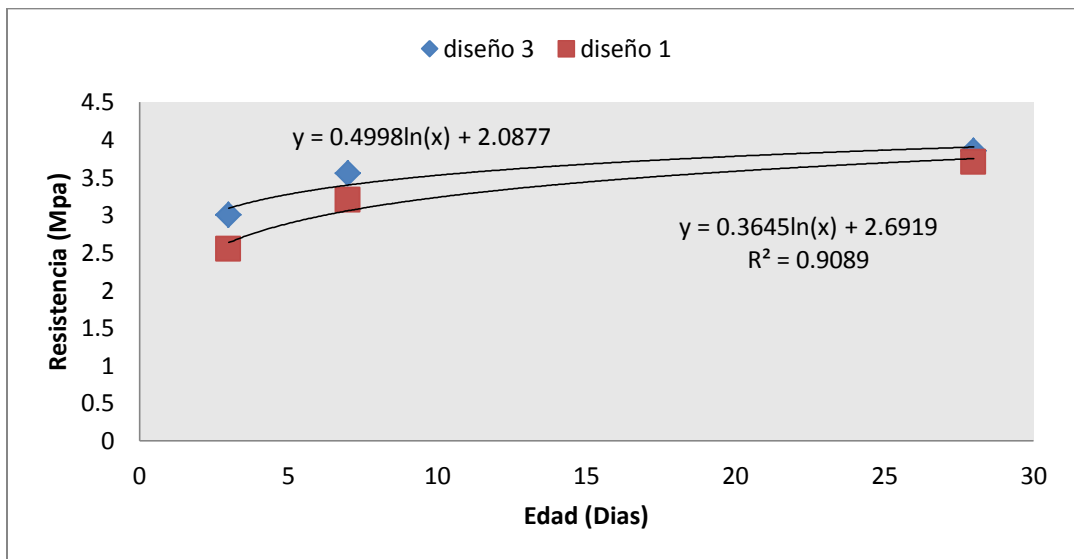
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 3**



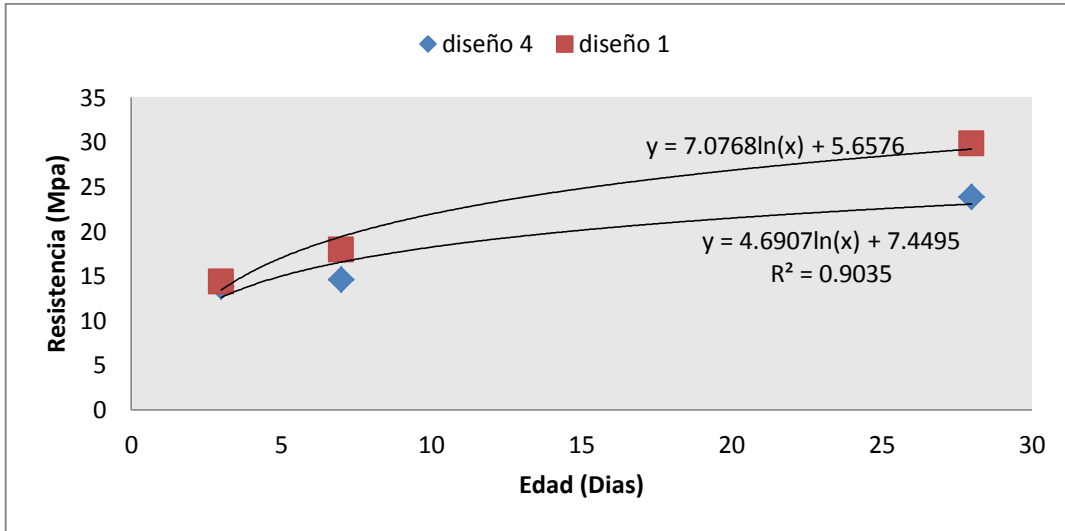
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 3**



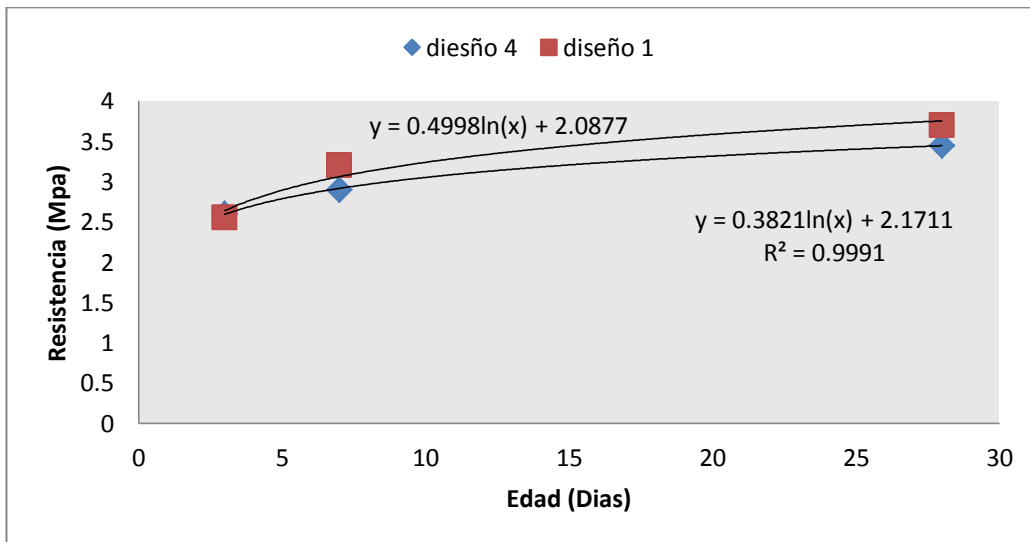
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 4**



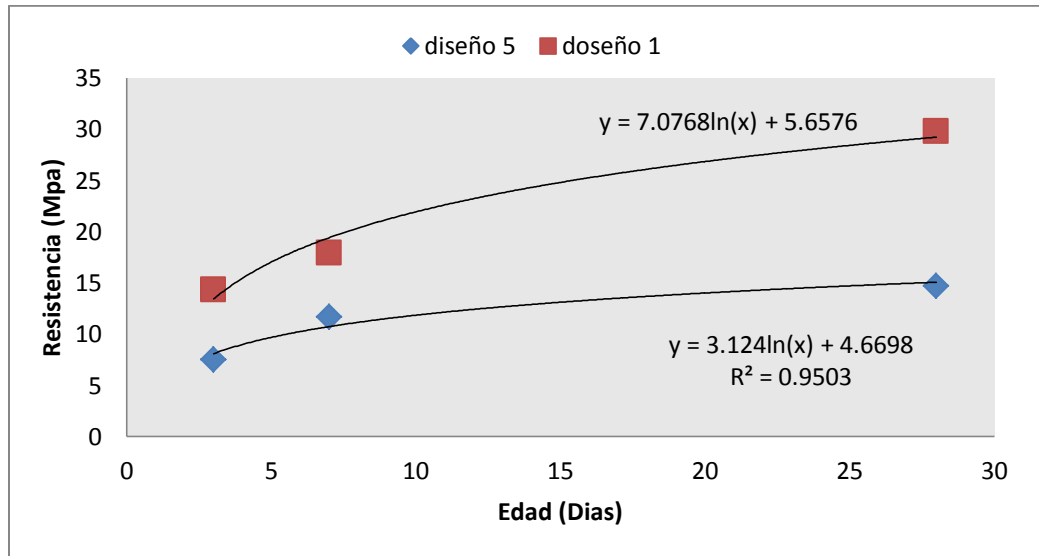
Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 4**



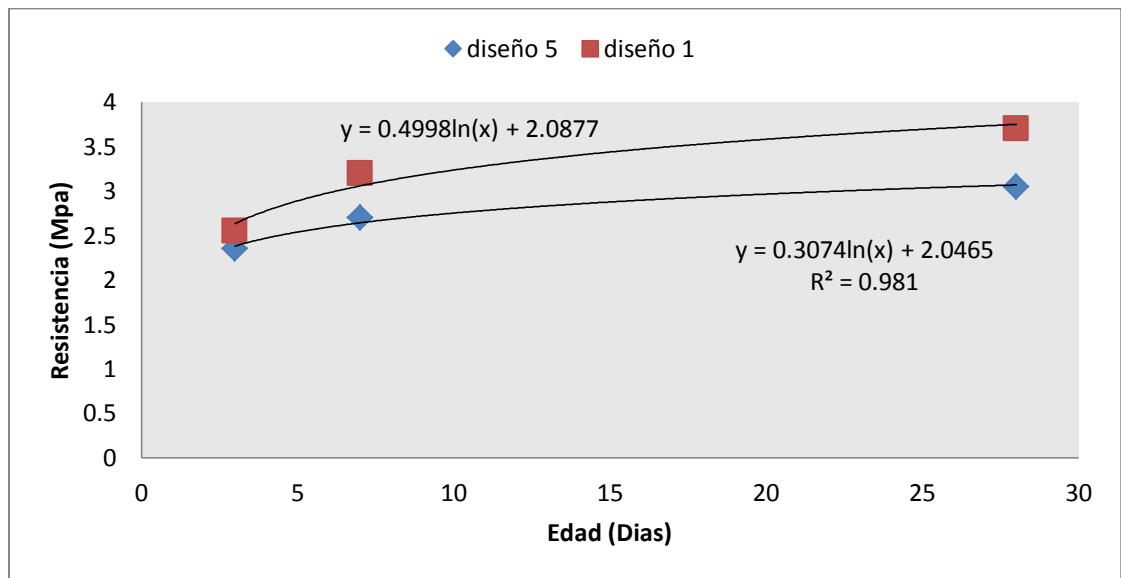
Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 5



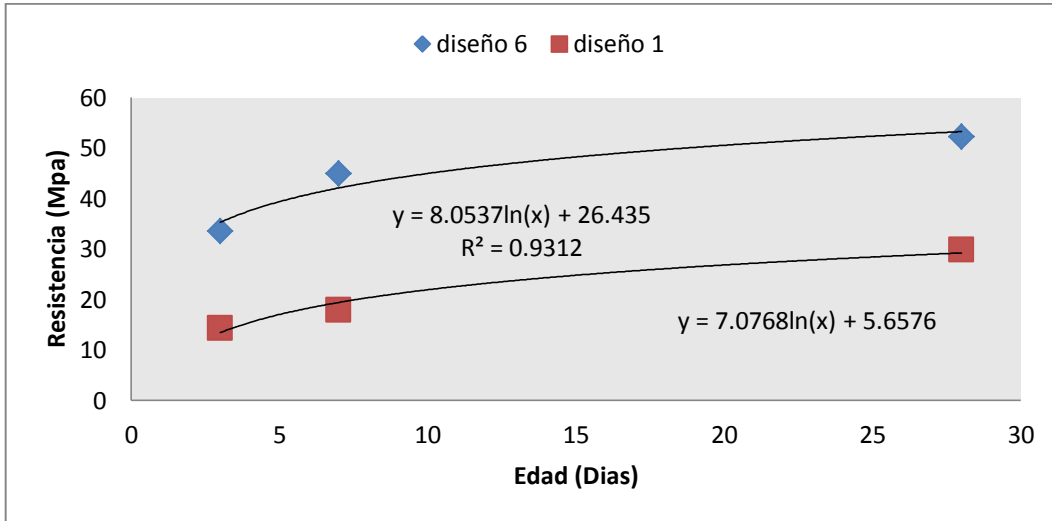
Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 5



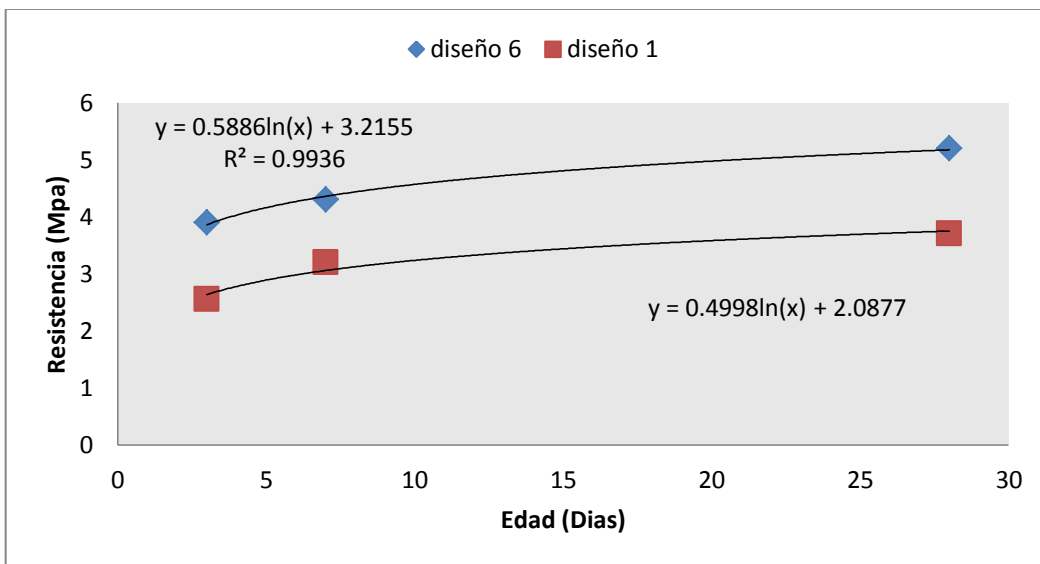
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 6**



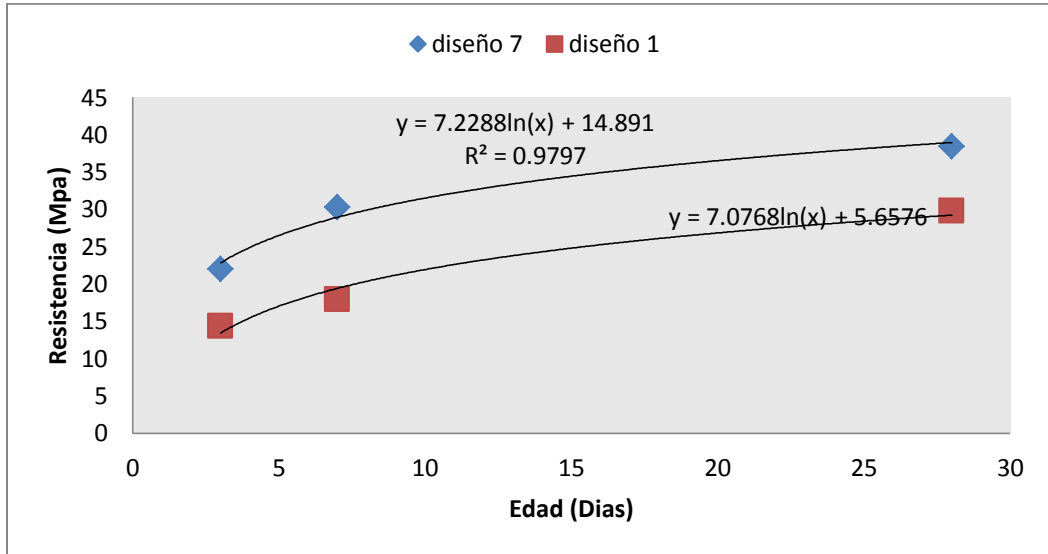
Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 6**



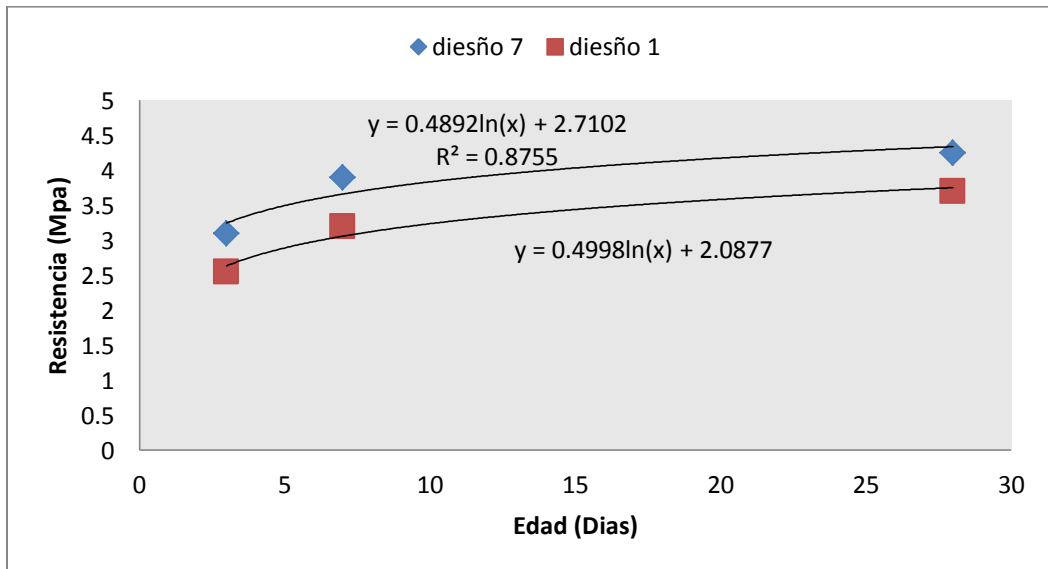
Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 7



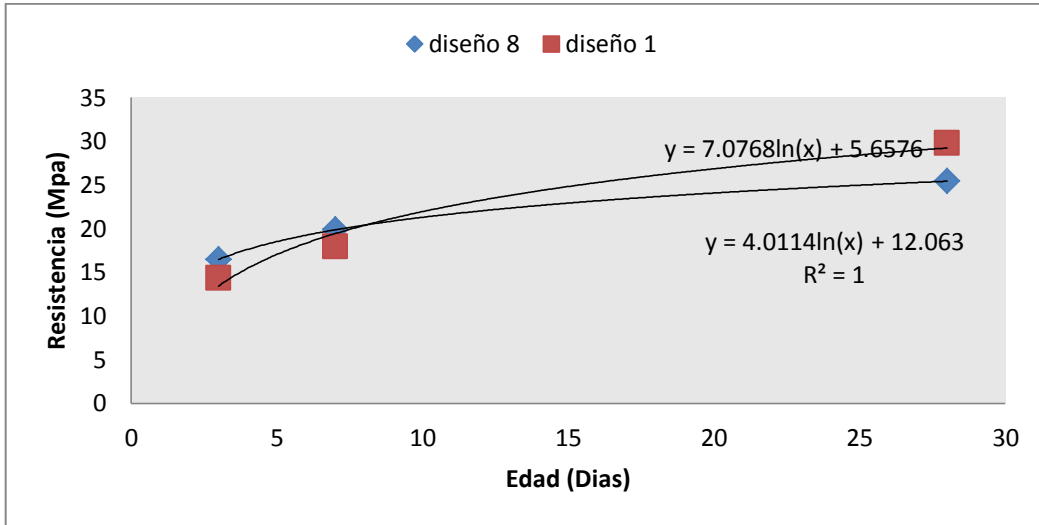
Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 7



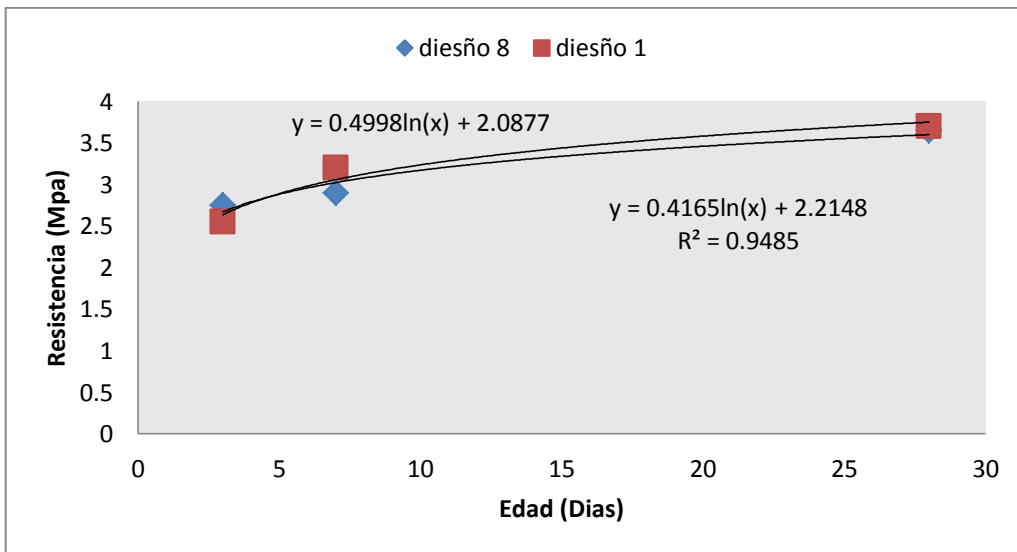
Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 8**



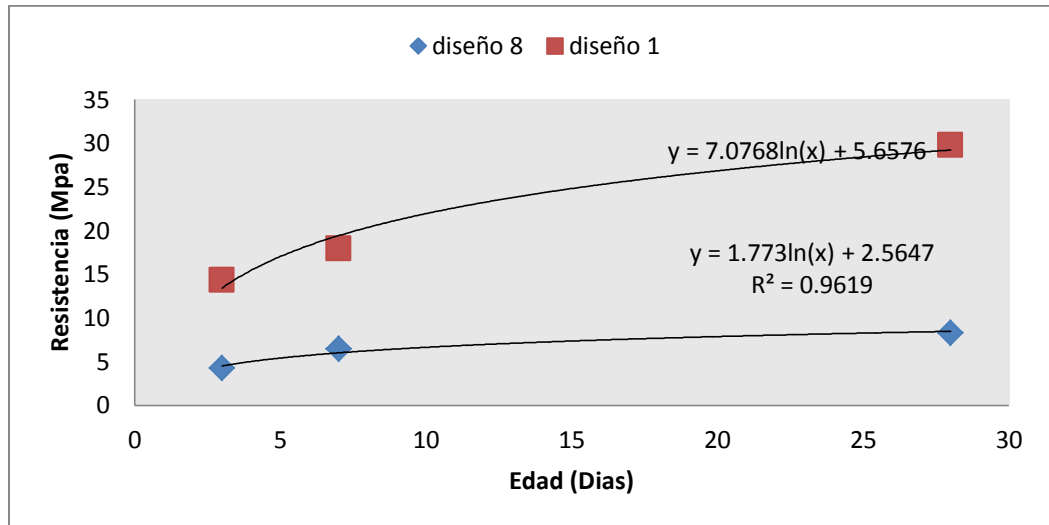
Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 8**



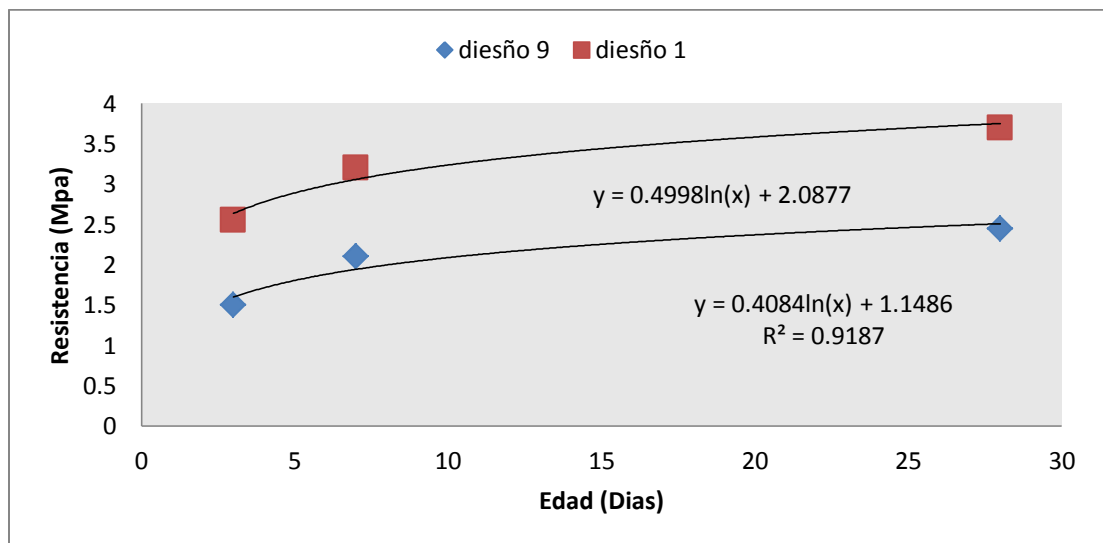
Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 9**



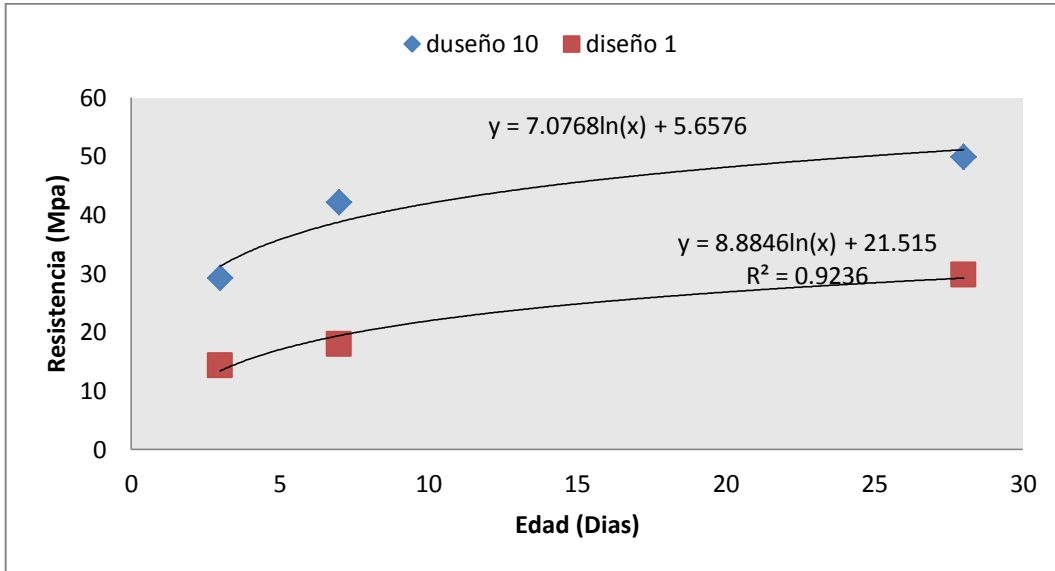
Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 9**



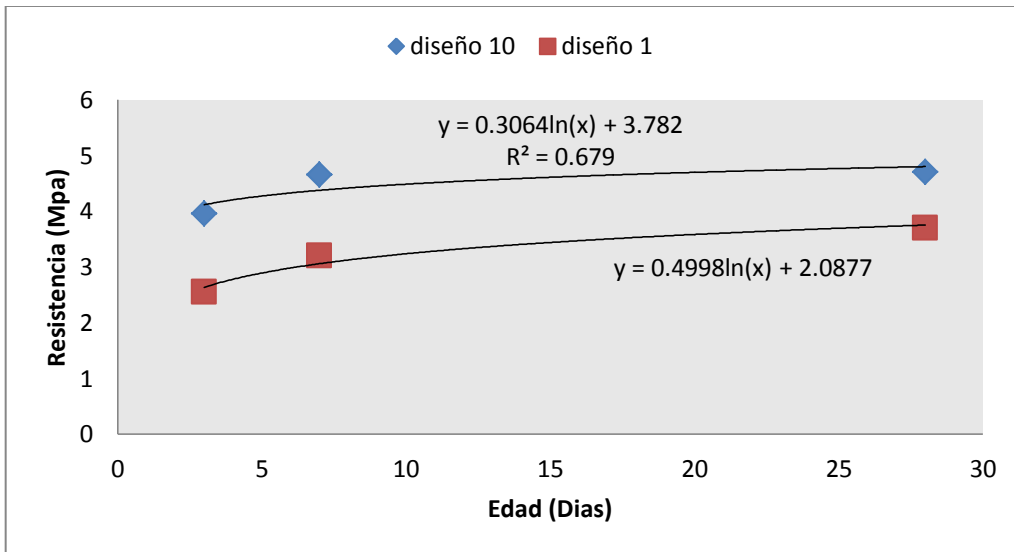
Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Comportamiento de resistencia a compresión. Diseño 10**



Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Comportamiento de resistencia a tensión. Diseño 10**



Fuente: elaboración propia.

Según los datos proporcionados por las tablas de la XXV a la XXVIII, los 10 diseños, a excepción de los diseños 5 y 9, tienen resistencias de compresión a 28 días de un mortero considerado tipo M.

El diseño Nro. 5 tiene una resistencia de compresión a 28 días de un mortero considerado tipo S y el diseño Nro. 9 tiene la resistencia de compresión a 28 días de un mortero considerado tipo N.

De los datos proporcionados por las tablas de la XXV a la XXVIII, se puede observar que las variaciones de resistencia a las tensiones generadas por la variación de la proporción son moderadas en comparación con las variaciones de resistencia a la compresión en los diseños hechos solo con feldespatos como agregado fino (diseños 2, 3, 4, 5, 9).

De los datos proporcionados por las tablas de la XXV a la XXVIII, se puede observar que la resistencia a 28 días del diseño Nro. 1 (proporción 1:3), que es realizado únicamente con arena triturada (arena gris) como agregado fino, sobrepasa la resistencia del diseño 5 (proporción 1:3), hecho con feldespatos. Esto indica que los morteros con arena triturada son más resistentes que los hechos con feldespatos.

Con base en las gráficas proporcionadas por las figuras de la 24 a la 43 se puede observar que los diseños hechos con feldespatos (diseños 2, 3, 4, 5, 9) únicamente como agregado fino, como también los diseños hechos con una combinación de feldespatos y arena triturada (diseños 1, 6, 7, 8, 10), no presentan pérdida de resistencia tanto a compresión como a tensión.

Tabla XXXI. **Clasificación de los morteros según su resistencia**

| DISEÑO Nro. | Clasificación de mortero según su valor de resistencia a 28 días | |
|-------------|--|-----------------|
| | Resistencia a compresión en Mpa | Tipo de mortero |
| 1 | 29,80 | M |
| 2 | 48,73 | M |
| 3 | 32,50 | M |
| 4 | 23,83 | M |
| 5 | 14,73 | S |
| 6 | 52,20 | M |
| 7 | 38,47 | M |
| 8 | 25,43 | M |
| 9 | 8,30 | N |
| 10 | 49,87 | M |

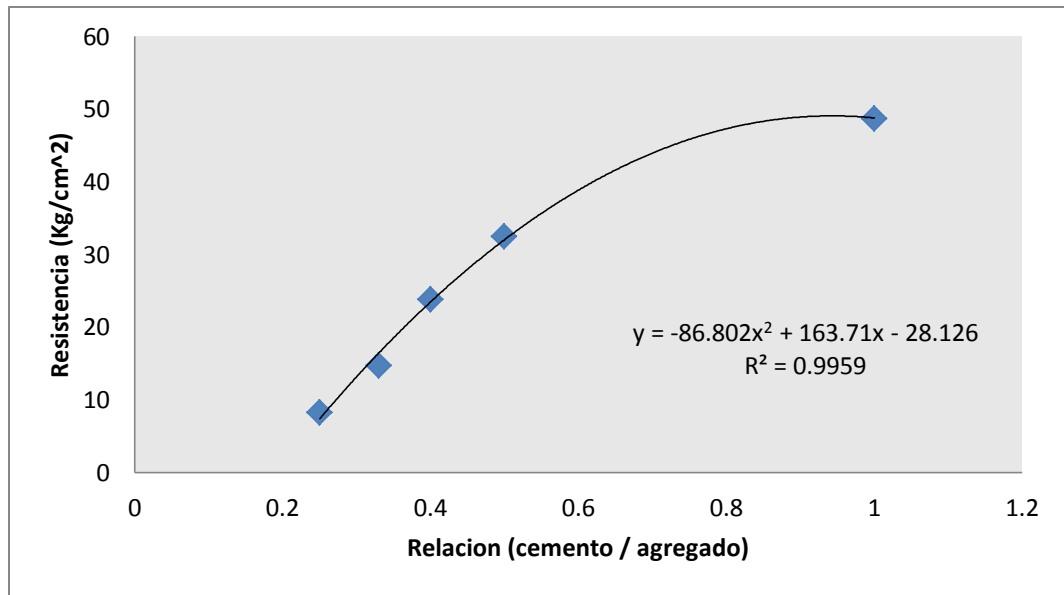
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Tabla de relación cemento-agregado y resistencia a 28 días**

| Proporción | Relación cemento/agregado | Resistencia a 28 días (Mpa) |
|------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1:4 | 0,25 | 8,30 |
| 1:3 | 0,33 | 14,73 |
| 1:2.5 | 0,40 | 23,83 |
| 1:2 | 0,50 | 32,50 |
| 1:1 | 1,00 | 48,73 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Variación de la resistencia a 28 días según la variación de la cantidad de feldespato en la proporción**



Fuente: elaboración propia.

De la gráfica proporcionada por la figura 44 y de los datos de la tabla XXIX se puede observar que la resistencia del mortero realizado con feldespato aumentará conforme se vaya disminuyendo la cantidad de arena en la proporción.

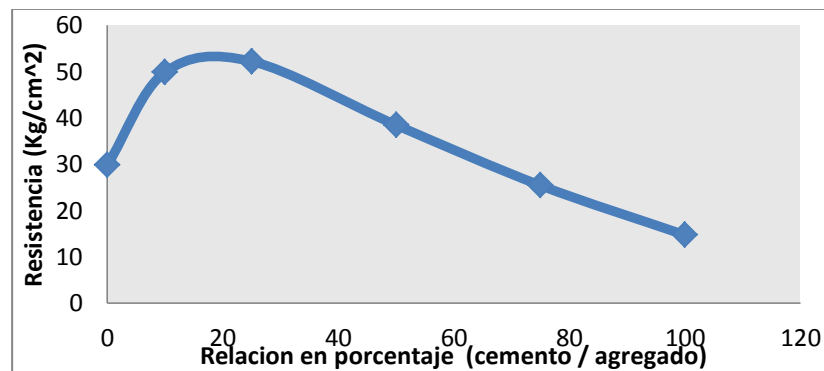
Según la gráfica proporcionada por la figura 44, la variación de la resistencia a 28 días de un mortero realizado con feldespato se ajusta en gran manera a una curva cuadrática.

Tabla XXXIII. **Variación del porcentaje de feldespatos y resistencia a 28 días**

| Diseño Nro. | % Feldespato | % Arena Gris | Resistencia a 28 días (Mpa) |
|-------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | 0 | 100 | 29,80 |
| 10 | 10 | 90 | 49,87 |
| 6 | 25 | 75 | 52,20 |
| 7 | 50 | 50 | 38,47 |
| 8 | 75 | 25 | 25,43 |
| 5 | 100 | 0 | 14,73 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Variación del porcentaje de feldespatos y resistencia a 28 días**



Fuente: elaboración propia.

De la gráfica proporcionada por la figura 45 se puede observar que la resistencia máxima se encuentra entre el 10 % y el 25 % de feldespatos en la porción de agregado fino en un mortero.

De la tabla XXX se puede observar que el uso de 25 % de feldespatos en la porción de agregado fino ocasiona un incremento de resistencia de

aproximadamente 57 % de la resistencia del mortero, utilizando únicamente arena triturada como agregado fino.

4.5.2. Permeabilidad

Este ensayo fue realizado una mezcla por día, ya que para adherir el tubo con la superficie revestida del *block* se tuvo que utilizar silicón para ventana, esto con la finalidad de evitar filtración del agua fuera del tubo *rilem*.

Tabla XXXIV. **Grado de permeabilidad de los 10 diseños a una presión de 0,588kN/m² (6 m.c.a)**

| Diseño Nro. | Proporción | Penetración en cm ³ en diez Minutos |
|-------------|------------------|---|
| 1 | 1:3 Feldespato | 1,6 |
| 2 | 1:1 Feldespato | 1,8 |
| 3 | 1:2 Feldespato | 2,0 |
| 4 | 1:2.5 Feldespato | 2,4 |
| 5 | 1:3 Feldespato | 2,8 |
| 6 | 1:3 25% F 75 G | 2,4 |
| 7 | 1:3 50% F 50 G | 3,0 |
| 8 | 1:3 75% F 25 G | 3,0 |
| 9 | 1:4 Feldespato | 3,0 |
| 10 | 1:3 10% F 75 G | 1,5 |

Fuente: elaboración propia.

Según los datos proporcionados por la tabla XXXIV, los morteros hechos con feldespato y los morteros con una combinación de feldespato y arena triturada se mantienen dentro del rango de alta y mediana permeabilidad. Esto indica que estos morteros se consideran permeables, ya que conforme avanza el tiempo tendrán una leve infiltración de agua (ver figura 22).

CONCLUSIONES

1. Según los ensayos realizados, el feldespatos estándar es un material que se puede considerar como inocuo, ya que sus expansiones a 16 días son menores al 0,10 % que establece la Norma ASTM C-1260.
2. El feldespatos estándar se puede considerar como agregado liviano, ya que su densidad aparente está por debajo de $1\,129\text{ kg/m}^3$, que es lo que establece la Norma ASTM C-125.
3. El feldespatos estándar se considera una arena mal graduada, ya que su curva granulométrica se encuentra fuera de los límites establecidos por la Norma ASTM C-33.
4. Los morteros de feldespatos son menos resistentes que los fabricados con arena triturada, ya que su relación agua/cemento es mayor, provocando una reducción en su resistencia.
5. La utilización de la cantidad en porcentaje de feldespatos menor al 25 %, en combinación con arena triturada, brinda un incremento en la resistencia de un mortero. Su utilización arriba de este porcentaje hace que disminuya la resistencia.
6. Los resultados de permeabilidad en los morteros de feldespatos se pueden considerar permeables, ya que el grado de permeabilidad oscila entre $1,5$ y 3 cm^3 en 10 minutos.

RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los ensayos realizados al feldespató estándar, este no cumple con algunos parámetros normativos dictados por las normas ASTM, por lo que es necesario evaluar el comportamiento de morteros bajo edades mayores a los 28 días y en condiciones desfavorables.
2. Profundizar en otros ensayos como el ASTM C1293 (Método de prismas de concreto para medir la reactividad álcali-sílice) y el método de ensayo ASTM C227 (Método de la barra de mortero para combinaciones cemento-agregados) para corroborar los resultados obtenidos con los ensayos realizados.
3. Realizar otros ensayos que den un mejor resultado sobre la permeabilidad de los morteros de feldespató estándar, por ejemplo, el ensayo por el método de penetración de agua bajo presión.
4. Realizar pruebas de resistencia, tanto a compresión como a tensión, del feldespató estándar en combinación con otros tipos de arena, para conocer si el comportamiento de la resistencia varía o se mantiene.
5. Investigar si la adición de cal a la proporción de morteros de cemento y feldespató mejoran su trabajabilidad y mantienen sus propiedades mecánicas.
6. De acuerdo a las diferentes mezclas que se hicieron y las resistencias que se obtuvieron, si las mismas son utilizadas en procesos de

levantado de muros, debe considerarse para el efecto la resistencia a compresión de las unidades de mampostería.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Albita*. [en línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Albita>>. [Consulta: 3 de agosto 2015].
2. ASTM C-270-03. *Standard specification for mortar for unit masonry (Especificaciones estándar para morteros de unión de mampostería)*. [Fecha de consulta: 2016].
3. *Buddingtonita*. [en línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Buddingtonita>>. [Consulta: 25 de mayo 2015].
4. *Celsiana*. [en línea]. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Celsiana>>. [Consulta: 28 de mayo 2015].
5. *Estados de absorción de una partícula de agregado*. [en línea]. <http://es.slideshare.net/EduardoCalderonAlayo/lab06gravedadespecificayabsorciondeagregadofinopesounitariodeagregadofinoygruesoupaolab06-gravedad-especifica-y-aborcin-de-agregados-finos>>. [Consulta: 7 de febrero 2016].
6. *Feldespató*. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Feldespató>>. [Consulta: 17 de mayo 2015].
7. *Feldespató potásico*. [en línea]. <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP->

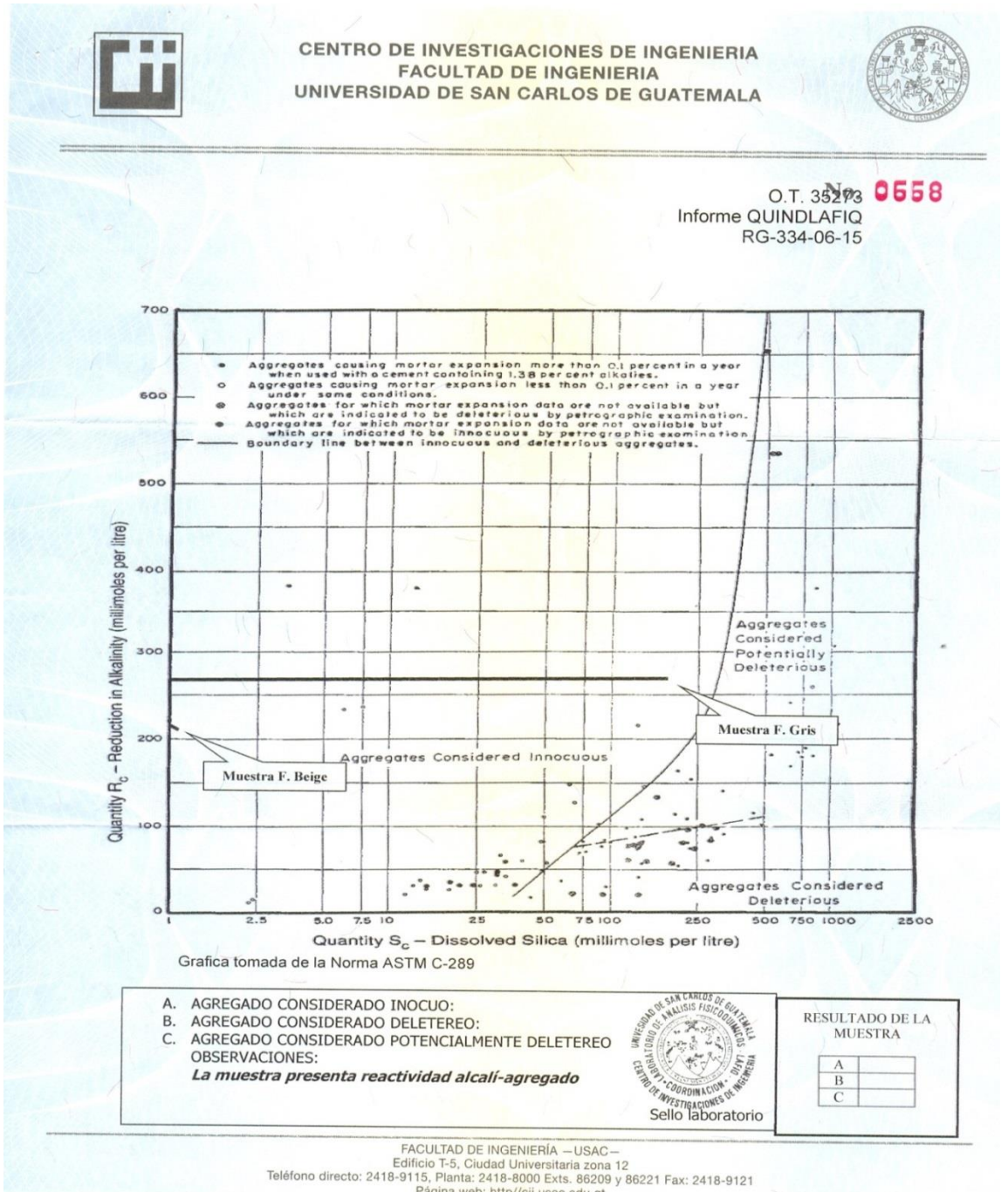
26864-DETALLE_REPORTAJESABUELO>. [Consulta: 20 de mayo 2015].

8. *Feldespatos*. [en línea].
http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/4552/mod_resource/content/41/microscopio/fichas_minerales/feldespatos/feldespatos.htm>.
[Consulta: 25 de mayo 2015].
9. *Grado de permeabilidad. Ensayo de permeabilidad en fachadas tubo L o tubo RILEM*. [en línea].
<http://www.patologiasconstruccion.net/2012/11/ensayo-de-permeabilidad-en-fachadas-tubo-en-l-o-tubo-rilem/>>. [Consulta: 3 de junio 2016].
10. *Localización del granito en el diagrama de Streckeisen*. [en línea].
<http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04b.htm>>.
[Consulta: 3 de mayo 2015].
11. *Ortoclasa*. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Ortoclasa>>. [Consulta: 20 de mayo 2015].
12. *Plagioclasa*. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Plagioclasa>>.
[Consulta: 21 de mayo 2015].
13. *Rocas ígneas intrusivas*. [en línea].
http://www.windows2universe.org/earth/geology/ig_intrusive.html&lang=sp>. [Consulta: 17 de mayo 2015].

14. *Rocas intrusivas o plutónicas.* [en línea]
<http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04b.htm>.
[Consulta: 17 de mayo 2015].
15. SABÁ MEDRANO, Carlos Eduardo. *Evaluación de la incidencia de la cal en las propiedades físico-mecánicas de tres tipos de mortero de albañilería.* Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 57-60.
16. SAMAYOA TERET, Eber Otoniel. *Evaluación de la escoria de ferróníquel como agregado fino para morteros de albañilería y acabados.* Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 23-58.

ANEXOS

Anexo 1. Informe de laboratorio. Reactividad potencial



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 2. Informe de laboratorio. Reactividad potencial



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. **0667**
O.T. No. 350273
Informe QUINDLAFIQ
RG-334-06-15

Interesado: Jose David Orozco Monzón
 Proyecto: Trabajo de Graduación "Evaluación del Feldespato estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco"
 Muestra: **2 agregados finos**
 Fecha: Guatemala, 30 de septiembre 2015

Determinación de la Reactividad Potencial de agregados según norma ASTM C-289-07

| IDENTIFICACIÓN LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DEL INTERESADO | Reducción Alcalina RC (mmol/L) | Silíce Disuelta SC (mmol/L) | RESULTADO |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|
| RG-332-009-15-F | Feldespato gris | 268 ± 28 | >2500 | ** |
| RG-332-010-15-F | Feldespato Beige | 212 ± 5,51 | <1 | ** |

Muestra proporcionada por el interesado

Grafica Adjunta.
 Observaciones:
****En vista que la determinación de la silíce disuelta queda fuera del rango fotométrico del método no puede realizarse una clasificación de la muestra Se recomienda efectuar análisis con las Normas ASTM C-277 y/o ASTM C-1260**

Sin otro particular,

Atentamente,

Msc. Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
Coordinadora LAFIQ-QI



Ing. Cesar Alfonso García Guerra
Jefe de Sección Química Industrial-CII



Vo. Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC







FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 3. Análisis completo de feldespato estándar



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**ANALISIS COMPLETO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33) No. 6331**

O.T. No. 35267 SC - 611
HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, carné No. 2011-31422

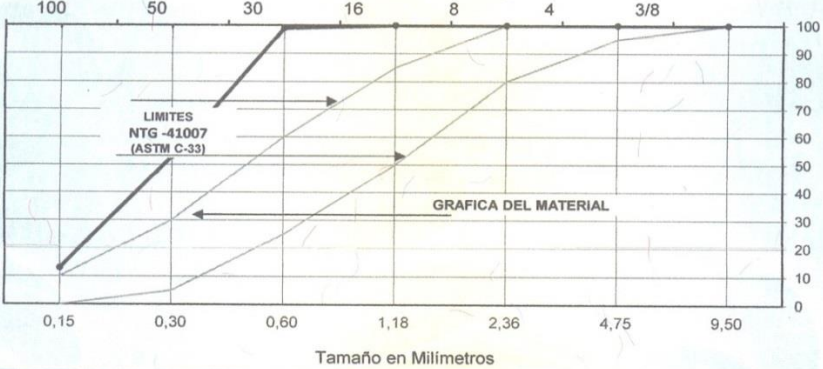
PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del Feldespato Estándar como Agregado Fino para la Elaboración de Morteros utilizando como Aglomerante Cemento Blanco"

DIRECCIÓN: Ciudad

FECHA: 9 de octubre de 2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

| | | | |
|---|----------|-------------------------------|------|
| Peso Especifico | 2,34 | Contenido de Materia Orgánica | 1 |
| Peso Unitario Compactado (kg/m ³) | 1 100,00 | Pasa Tamiz # 200 (%) | 6,30 |
| Peso Unitario Suelto(kg/m ³) | 910,00 | Retenido Tamiz 6,35 (%) | 0,00 |
| Porcentaje de Vacíos (%) | 53,00 | Modulo de Finura | 1,35 |
| Porcentaje de Absorción (%) | 7,20 | | |

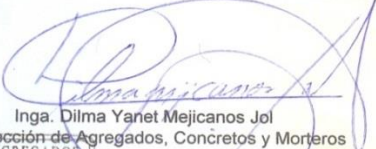


| | | | | | | | |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Tamiz No. | 9,50 | 4,75 | 2,36 | 1,18 | 0,60 | 0,30 | 0,15 |
| % Que pasa | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,00 | 53,00 | 13,00 |

OBSERVACIONES:


- Muestra proporcionada por el interesado.
- Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3
- Material: feldespato estándar

ATENTAMENTE

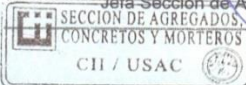


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

E.R.

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 4. Informe de resistencia a la compresión. Diseño 1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)
INFORME SACM - 219
HOJA 1/1**

No. 08067

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.

PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespato estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 05/10/2015 | 3 | 26,574 | 8 000 | 13,40 | 1 940 |
| 2 | 05/10/2015 | 3 | 25,957 | 8 900 | 15,30 | 2 220 |
| 3 | 05/10/2015 | 7 | 26,676 | 10 500 | 17,50 | 2 540 |
| 4 | 05/10/2015 | 7 | 26,522 | 11 000 | 18,40 | 2 670 |
| 5 | 05/10/2015 | 28 | 25,000 | 14 300 | 25,40 | 3 690 |
| 6 | 05/10/2015 | 28 | 25,500 | 19 600 | 34,20 | 4 960 |

OBSERVACIONES:

- a) Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- c) Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- d) Flujo de la mezcla: **107**.
- e) Proporción de la mezcla: 1 : 3,0 : 0,55.
- f) Muestra de material: arena gris.

ATENTAMENTE,



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros



Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Director CII/USAC



SECCION DE AREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



c.v.

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 5. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 222
HOJA 1/1

No. 08070

O.T. No. **35268**

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.

PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 06/10/2015 | 3 | 6,452 | 515 | 3,60 | 520 |
| 2 | 06/10/2015 | 3 | 6,452 | 430 | 3,00 | 440 |
| 3 | 06/10/2015 | 7 | 6,452 | 540 | 3,70 | 540 |
| 4 | 06/10/2015 | 7 | 6,452 | 520 | 3,60 | 520 |
| 5 | 06/10/2015 | 28 | 6,452 | 630 | 4,30 | 620 |
| 6 | 06/10/2015 | 28 | 6,452 | 720 | 5,00 | 730 |

OBSERVACIONES:

- a) Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- b) Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- c) Flujo de la mezcla: 110.
- d) Proporción de la mezcla: 1 : 1 : 0,43.
- e) Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,



Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 6. Informe de resistencia a la compresión. Diseño 2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)
INFORME SACM - 221
HOJA 1/1

No. 08069

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Camé No. 2011 31422.

PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 06/10/2015 | 3 | 26,010 | 16 300 | 27,90 | 4 050 |
| 2 | 06/10/2015 | 3 | 26,010 | 15 900 | 27,20 | 3 950 |
| 3 | 06/10/2015 | 3 | 25,755 | 16 600 | 28,70 | 4 160 |
| 4 | 06/10/2015 | 7 | 25,857 | 22 300 | 38,40 | 5 570 |
| 5 | 06/10/2015 | 7 | 25,857 | 19 600 | 33,70 | 4 890 |
| 6 | 06/10/2015 | 7 | 25,500 | 20 500 | 35,80 | 5 200 |
| 7 | 06/10/2015 | 28 | 26,010 | 30 000 | 51,30 | 7 440 |
| 8 | 06/10/2015 | 28 | 26,010 | 26 000 | 44,50 | 6 460 |
| 9 | 06/10/2015 | 28 | 26,010 | 29 500 | 50,40 | 7 310 |

OBSERVACIONES:

- a) Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- c) Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- d) Flujo de la mezcla: 110
- e) Proporción de la mezcla: 1 : 1 : 0,43.
- f) Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,



Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros



Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director CII/USAC



SECCION DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



c.v.

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 7. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 220
HOJA 1/1

No. 08068

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco."
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 05/10/2015 | 3 | 6,452 | 405 | 2,80 | 410 |
| 2 | 05/10/2015 | 3 | 6,452 | 340 | 2,30 | 330 |
| 3 | 05/10/2015 | 7 | 6,452 | 485 | 3,30 | 480 |
| 4 | 05/10/2015 | 7 | 6,452 | 450 | 3,10 | 450 |
| 5 | 05/10/2015 | 28 | 6,452 | 525 | 3,60 | 520 |
| 6 | 05/10/2015 | 28 | 6,452 | 550 | 3,80 | 550 |

OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 107.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3,0 : 0,55.
- Muestra de material: arena gris.

ATENTAMENTE,

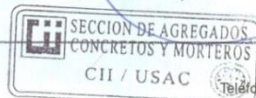

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz

Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 8. **Informe de resistencia a la compresión. Diseño 3**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)**

No. 08071

O.T. No. 35268

INFORME SACM - 223

HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 09/10/2015 | 3 | 26,010 | 10 700 | 18,30 | 2 660 |
| 2 | 09/10/2015 | 3 | 25,755 | 11 100 | 19,20 | 2 790 |
| 3 | 09/10/2015 | 3 | 25,755 | 10 300 | 17,80 | 2 580 |
| 4 | 09/10/2015 | 7 | 25,000 | 12 800 | 22,80 | 3 310 |
| 5 | 09/10/2015 | 7 | 25,200 | 11 500 | 20,30 | 2 950 |
| 6 | 09/10/2015 | 7 | 25,150 | 13 700 | 24,20 | 3 510 |
| 7 | 09/10/2015 | 28 | 25,856 | 19 000 | 32,70 | 4 750 |
| 8 | 09/10/2015 | 28 | 25,908 | 19 000 | 32,60 | 4 730 |
| 9 | 09/10/2015 | 28 | 25,855 | 18 700 | 32,20 | 4 670 |

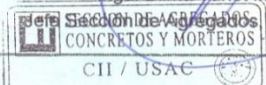
OBSERVACIONES:

- a) Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- c) Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- d) Flujo de la mezcla: 115.
- e) Proporción de la mezcla: 1 : 2 : 0,57.
- f) Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,


Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Sección de Agregados, Concretos y Morteros


Ing. Francisco Javier Quirón de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 9. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 228
HOJA 1/1

No. 08076

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco."
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 27/10/2015 | 3 | 6,452 | 350 | 2,40 | 350 |
| 2 | 27/10/2015 | 3 | 6,452 | 340 | 2,30 | 330 |
| 3 | 27/10/2015 | 7 | 6,452 | 390 | 2,70 | 390 |
| 4 | 27/10/2015 | 7 | 6,452 | 390 | 2,70 | 390 |
| 5 | 27/10/2015 | 28 | 6,452 | 435 | 3,00 | 440 |
| 6 | 27/10/2015 | 28 | 6,452 | 450 | 3,10 | 450 |

OBSERVACIONES:

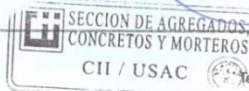
- a) Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- b) Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- c) Flujo de la mezcla: 115.
- d) Proporción de la mezcla: 1 : 3 : 0,78.
- e) Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 10. Informe de resistencia a la compresión. Diseño 4



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS NTG 41003 h4 (ASTM C-109)

No. 08075

O.T. No. 35268

INFORME SACM - 227

HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 27/10/2015 | 3 | 26,265 | 4 500 | 7,60 | 1 100 |
| 2 | 27/10/2015 | 3 | 26,112 | 4 600 | 7,80 | 1 130 |
| 3 | 27/10/2015 | 3 | 26,112 | 4 200 | 7,20 | 1 050 |
| 4 | 27/10/2015 | 7 | 25,000 | 6 000 | 10,70 | 1 550 |
| 5 | 27/10/2015 | 7 | 25,250 | 6 900 | 12,20 | 1 770 |
| 6 | 27/10/2015 | 7 | 25,000 | 6 800 | 12,10 | 1 760 |
| 7 | 27/10/2015 | 28 | 26,470 | 8 500 | 14,30 | 2 080 |
| 8 | 27/10/2015 | 28 | 26,574 | 8 300 | 13,90 | 2 020 |
| 9 | 27/10/2015 | 28 | 26,626 | 9 600 | 16,00 | 2 320 |

OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 115.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 : 0,78.
- Muestra de material: feldespató.

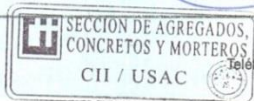
ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz

Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 11. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 4



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS

NORMA ASTM C-190

INFORME SACM - 226

HOJA 1/1

No. 08074

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 26/10/2015 | 3 | 6,452 | 365 | 2,50 | 360 |
| 2 | 26/10/2015 | 3 | 6,452 | 395 | 2,70 | 390 |
| 3 | 26/10/2015 | 7 | 6,452 | 400 | 2,80 | 410 |
| 4 | 26/10/2015 | 7 | 6,452 | 440 | 3,00 | 440 |
| 5 | 26/10/2015 | 28 | 6,452 | 505 | 3,50 | 510 |
| 6 | 26/10/2015 | 28 | 6,452 | 495 | 3,40 | 490 |

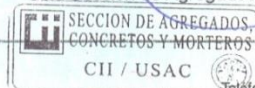
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 111.
- Proporción de la mezcla: 1 : 2,5 : 0,67.
- Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros



Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz

Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 12. **Informe de resistencia a la compresión. Diseño 5**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)

No. **08073**

O.T. No. 35268

INFORME SACM - 225

HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

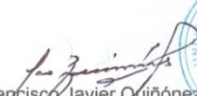
| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 26/10/2015 | 3 | 25,553 | 7 600 | 13,20 | 1 920 |
| 2 | 26/10/2015 | 3 | 25,503 | 8 000 | 14,00 | 2 030 |
| 3 | 26/10/2015 | 3 | 25,452 | 8 200 | 14,30 | 2 080 |
| 4 | 26/10/2015 | 7 | 26,418 | 8 800 | 14,80 | 2 150 |
| 5 | 26/10/2015 | 7 | 26,368 | 8 300 | 14,00 | 2 030 |
| 6 | 26/10/2015 | 7 | 26,729 | 9 000 | 15,00 | 2 180 |
| 7 | 26/10/2015 | 28 | 26,010 | 14 000 | 23,90 | 3 470 |
| 8 | 26/10/2015 | 28 | 26,009 | 13 800 | 23,60 | 3 420 |
| 9 | 26/10/2015 | 28 | 25,907 | 14 000 | 24,00 | 3 480 |

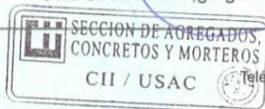
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 111.
- Proporción de la mezcla: 1 : 2,5 : 0,67.
- Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 13. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 5



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 224
HOJA 1/1

No. 08072

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco."
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 09/10/2015 | 3 | 6,452 | 415 | 2,90 | 420 |
| 2 | 09/10/2015 | 3 | 6,452 | 455 | 3,10 | 450 |
| 3 | 09/10/2015 | 7 | 6,452 | 515 | 3,60 | 520 |
| 4 | 09/10/2015 | 7 | 6,452 | 505 | 3,50 | 510 |
| 5 | 09/10/2015 | 28 | 6,452 | 575 | 4,00 | 580 |
| 6 | 09/10/2015 | 28 | 6,452 | 535 | 3,70 | 540 |

OBSERVACIONES:

- a) Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- b) Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- c) Flujo de la mezcla: 115.
- d) Proporción de la mezcla: 1 : 2 : 0,57.
- e) Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,

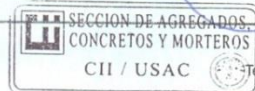

Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz

Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 14. **Informe de resistencia a la compresión. Diseño 6**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)

No. **08077**

O.T. No. **35268**

INFORME SACM - 229

HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespato estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 08/02/2016 | 3 | 24,010 | 17 700 | 32,80 | 4 760 |
| 2 | 08/02/2016 | 3 | 24,010 | 18 300 | 33,90 | 4 920 |
| 3 | 08/02/2016 | 3 | 24,010 | 18 300 | 33,90 | 4 920 |
| 4 | 08/02/2016 | 7 | 24,010 | 25 000 | 46,30 | 6 720 |
| 5 | 08/02/2016 | 7 | 24,206 | 24 500 | 45,00 | 6 530 |
| 6 | 08/02/2016 | 7 | 24,010 | 23 500 | 43,50 | 6 310 |
| 7 | 08/02/2016 | 28 | 26,058 | 31 000 | 52,90 | 7 680 |
| 8 | 08/02/2016 | 28 | 26,520 | 30 100 | 50,50 | 7 330 |
| 9 | 08/02/2016 | 28 | 25,500 | 30 500 | 53,20 | 7 720 |

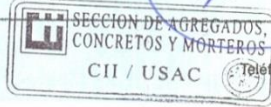
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 111.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 (25 % F y 75 % G) : 0,53.
- Muestra de material: arena gris (G) y feldespato (F).

ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jo
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA — USAC —
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 15. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 6



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 234
HOJA 1/1

No. 08082

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 12/02/2016 | 3 | 6,452 | 405 | 2,80 | 410 |
| 2 | 12/02/2016 | 3 | 6,452 | 390 | 2,70 | 390 |
| 3 | 12/02/2016 | 7 | 6,452 | 385 | 2,70 | 390 |
| 4 | 12/02/2016 | 7 | 6,452 | 450 | 3,10 | 450 |
| 5 | 12/02/2016 | 28 | 6,452 | 530 | 3,70 | 540 |
| 6 | 12/02/2016 | 28 | 6,452 | 520 | 3,60 | 520 |

OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 114.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 (75 % F y 25 % G): 0,75.
- Muestra de material: arena gris (G) y feldespató (F).

ATENTAMENTE,

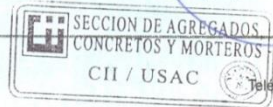

Inga Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz

Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 16. Informe de resistencia a la compresión. Diseño 7



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)

No. 08081

O.T. No. 35268

INFORME SACM - 233

HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Camé No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco."
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 12/02/2016 | 3 | 24,010 | 8 500 | 15,70 | 2 280 |
| 2 | 12/02/2016 | 3 | 24,206 | 9 700 | 17,80 | 2 580 |
| 3 | 12/02/2016 | 3 | 24,010 | 8 600 | 15,90 | 2 310 |
| 4 | 12/02/2016 | 7 | 24,500 | 11 900 | 21,60 | 3 130 |
| 5 | 12/02/2016 | 7 | 24,404 | 10 400 | 19,00 | 2 760 |
| 6 | 12/02/2016 | 7 | 24,353 | 10 400 | 19,00 | 2 760 |
| 7 | 12/02/2016 | 28 | 25,200 | 14 500 | 25,60 | 3 720 |
| 8 | 12/02/2016 | 28 | 25,908 | 15 600 | 26,80 | 3 890 |
| 9 | 12/02/2016 | 28 | 26,471 | 14 200 | 23,90 | 3 470 |

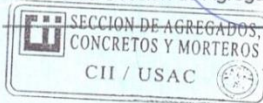
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 114.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 (75 % F y 25 % G): 0,75.
- Muestra de material: arena gris (G) y feldespató (F).

ATENTAMENTE,


Inga Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros


Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 17. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 7



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS

No. 08080

NORMA ASTM C-190

INFORME SACM - 232

HOJA 1/1

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 09/02/2016 | 3 | 6,452 | 460 | 3,20 | 460 |
| 2 | 09/02/2016 | 3 | 6,452 | 440 | 3,00 | 440 |
| 3 | 09/02/2016 | 7 | 6,452 | 535 | 3,70 | 540 |
| 4 | 09/02/2016 | 7 | 6,452 | 600 | 4,10 | 600 |
| 5 | 09/02/2016 | 28 | 6,452 | 625 | 4,30 | 620 |
| 6 | 09/02/2016 | 28 | 6,452 | 610 | 4,20 | 610 |

OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 108.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 (50 % F y 50 % G) : 0,62.
- Muestra de material: arena gris (G) y feldespató (F).

ATENTAMENTE,

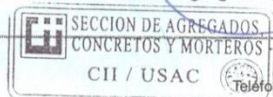

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz


Director CII/USAC




FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 18. Informe de resistencia a la compresión. Diseño 8



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)
INFORME SACM - 231
HOJA 1/1

No. 08079

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.

PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 21 de junio de 2016


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 09/02/2016 | 3 | 25,755 | 13 100 | 22,60 | 3 280 |
| 2 | 09/02/2016 | 3 | 25,755 | 12 500 | 21,60 | 3 130 |
| 3 | 09/02/2016 | 3 | 26,163 | 12 800 | 21,80 | 3 160 |
| 4 | 09/02/2016 | 7 | 25,150 | 17 800 | 31,50 | 4 570 |
| 5 | 09/02/2016 | 7 | 25,500 | 16 500 | 28,80 | 4 180 |
| 6 | 09/02/2016 | 7 | 24,750 | 17 000 | 30,60 | 4 440 |
| 7 | 09/02/2016 | 28 | 25,604 | 22 500 | 39,10 | 5 670 |
| 8 | 09/02/2016 | 28 | 26,520 | 23 000 | 38,60 | 5 600 |
| 9 | 09/02/2016 | 28 | 25,350 | 21 500 | 37,70 | 5 470 |

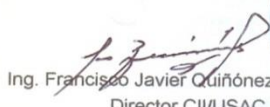
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 108.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 (50 % F y 50 % G) : 0,62.
- Muestra de material: arena gris (G) y feldespató (F).

ATENTAMENTE,



Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros



Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Director CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 19. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 8



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 230
HOJA 1/1

No. 08078

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 08/02/2016 | 3 | 6,452 | 580 | 4,00 | 580 |
| 2 | 08/02/2016 | 3 | 6,452 | 555 | 3,80 | 550 |
| 3 | 08/02/2016 | 7 | 6,452 | 665 | 4,60 | 670 |
| 4 | 08/02/2016 | 7 | 6,452 | 580 | 4,00 | 580 |
| 5 | 08/02/2016 | 28 | 6,452 | 730 | 5,00 | 730 |
| 6 | 08/02/2016 | 28 | 6,452 | 780 | 5,40 | 780 |

OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 111.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 (25 % F y 75 % G) : 0,53.
- Muestra de material: arena gris (G) y feldespató (F).

ATENTAMENTE,

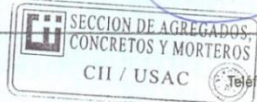

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz

Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 20. Informe de resistencia a la compresión. Diseño 9



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)

No. 08083

O.T. No. 35268

INFORME SACM - 235

HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 07/03/2016 | 3 | 26,214 | 2 500 | 4,20 | 610 |
| 2 | 07/03/2016 | 3 | 26,208 | 2 500 | 4,20 | 610 |
| 3 | 07/03/2016 | 3 | 25,959 | 2 500 | 4,30 | 620 |
| 4 | 07/03/2016 | 7 | 25,908 | 3 800 | 6,50 | 940 |
| 5 | 07/03/2016 | 7 | 25,806 | 3 800 | 6,60 | 960 |
| 6 | 07/03/2016 | 7 | 26,161 | 3 700 | 6,30 | 910 |
| 7 | 07/03/2016 | 28 | 25,000 | 5 000 | 8,90 | 1 290 |
| 8 | 07/03/2016 | 28 | 24,750 | 4 700 | 8,50 | 1 230 |
| 9 | 07/03/2016 | 28 | 25,000 | 4 200 | 7,50 | 1 090 |

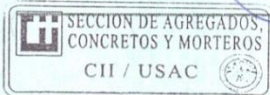
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 112.
- Proporción de la mezcla: 1 : 4 : 1.
- Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 21. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 9



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)

No. 08085

O.T. No. 35268

INFORME SACM - 237

HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|----------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 08/03/2016 | 3 | 26,163 | 17 900 | 30,40 | 4 410 |
| 2 | 08/03/2016 | 3 | 26,214 | 16 900 | 28,70 | 4 160 |
| 3 | 08/03/2016 | 3 | 25,804 | 16 600 | 28,60 | 4 150 |
| 4 | 08/03/2016 | 7 | 25,755 | 25 000 | 43,20 | 6 270 |
| 5 | 08/03/2016 | 7 | 25,907 | 24 900 | 42,70 | 6 200 |
| 6 | 08/03/2016 | 7 | 26,010 | 23 600 | 40,40 | 5 860 |
| 7 | 08/03/2016 | 28 | 24,701 | 28 000 | 50,40 | 7 310 |
| 8 | 08/03/2016 | 28 | 25,000 | 28 100 | 50,00 | 7 260 |
| 9 | 08/03/2016 | 28 | 25,500 | 28 200 | 49,20 | 7 140 |

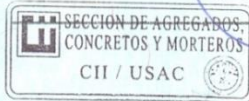
OBSERVACIONES:

- a) Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- b) Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 lbs.
- c) Dial utilizado para lectura de cargas: 60 000 lbs.
- d) Flujo de la mezcla: 109.
- e) Proporción de la mezcla: 1 : 3 (10 % F y 90 % G) : 0,56.
- f) Muestra de material: arena gris (G) y feldespató (F).

ATENTAMENTE,


Inga Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 22. Informe de resistencia a la compresión. Diseño 10



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 236
HOJA 1/1

No. 08084

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación" Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 07/03/2016 | 3 | 6,452 | 220 | 1,50 | 220 |
| 2 | 07/03/2016 | 3 | 6,452 | 220 | 1,50 | 220 |
| 3 | 07/03/2016 | 7 | 6,452 | 310 | 2,10 | 310 |
| 4 | 07/03/2016 | 7 | 6,452 | 300 | 2,10 | 310 |
| 5 | 07/03/2016 | 28 | 6,452 | 355 | 2,50 | 360 |
| 6 | 07/03/2016 | 28 | 6,452 | 345 | 2,40 | 350 |

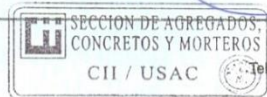
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 112.
- Proporción de la mezcla: 1 : 4 : 1.
- Muestra de material: feldespató.

ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo. 
Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 23. Informe de resistencia a la tensión. Diseño 10



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME DE ENSAYO A TENSIÓN DE MORTEROS
NORMA ASTM C-190
INFORME SACM - 238
HOJA 1/1

No. 00085

O.T. No. 35268

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco."
DIRECCIÓN: Ciudad.
FECHA: 21 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

| No. BRIQUETA | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área cm ² | Carga lb | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg ² |
|--------------|------------------|--------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 08/03/2016 | 3 | 6,452 | 580 | 4,00 | 580 |
| 2 | 08/03/2016 | 3 | 6,452 | 565 | 3,90 | 570 |
| 3 | 08/03/2016 | 7 | 6,452 | 660 | 4,60 | 670 |
| 4 | 08/03/2016 | 7 | 6,452 | 680 | 4,70 | 680 |
| 5 | 08/03/2016 | 28 | 6,452 | 680 | 4,70 | 680 |
| 6 | 08/03/2016 | 28 | 6,452 | 680 | 4,70 | 680 |

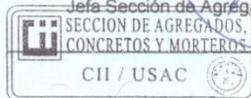
OBSERVACIONES:

- Diseño de mezcla de mortero, bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas a tensión en maquina RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 1 000 lbs.
- Flujo de la mezcla: 109.
- Proporción de la mezcla: 1 : 3 (10 % F y 90 % G) : 0,56.
- Muestra de material: arena gris (G) y feldespató (F).

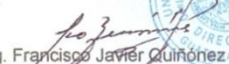
ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros



Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier Quinonez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA — USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 24. **Informe de reactividad álcali-agregado de la arena triturada**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-AGREGADO

No. 08087

MÉTODO DE LA BARRA DE MORTERO
NORMA NTG 41010 h14 (ASTM C-1260)

O.T. No. **35272**

INFORME SACM - 239
HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.

PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespató estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco".

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 21 de junio de 2016

Resultados:

| LECTURA INICIAL | | LECTURA CERO | | LECTURA 18 DÍAS | | EXPANSIÓN (%) |
|-----------------|-----------------------|--------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| FECHA | LONGITUD INICIAL (mm) | FECHA | LONGITUD CERO (mm) | FECHA | LONGITUD FINAL (mm) | |
| 18/05/2016 | 1,4110 | 19/05/2016 | 1,5420 | 02/06/2016 | 4,9760 | 1,3736 |

Observaciones:

- a) Las lecturas de expansiones son el promedio de 2 muestras.
- b) Fecha de elaboración de barras de morteros: 17 de mayo de 2016.
- c) La proporción a utilizar para la fabricación de barras es 1 parte de cemento y 2,25 partes de agregado fino (Arena Gris) y 0,47 partes de agua.
- d) Se utilizo Cemento Blanco.
- e) El valor limite permisible según norma ASTM C-1260, es de 0,20 %.

ATENTAMENTE,



Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director CII/USAC



SECCION DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERIA – USAC –
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

c.v

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 25. **Informe del ensayo de reactividad álcali-agregado del feldespatos**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-AGREGADO
MÉTODO DE LA BARRA DE MORTERO
NORMA NTG 41010 h14 (ASTM C-1260)

No. 08088

O.T. No. **35272**

INFORME SACM - 240
HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011 31422.

PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespatos estándar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco.

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 21 de junio de 2016

Resultados:

| LECTURA INICIAL | | LECTURA CERO | | LECTURA 18 DÍAS | | EXPANSIÓN (%) |
|-----------------|-----------------------|--------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| FECHA | LONGITUD INICIAL (mm) | FECHA | LONGITUD CERO (mm) | FECHA | LONGITUD FINAL (mm) | |
| 18/05/2016 | 5,3090 | 19/05/2016 | 5,4160 | 02/06/2016 | 5,4960 | 0,0320 |

Observaciones:

- a) Las lecturas de expansiones son el promedio de 2 muestras.
- b) Fecha de elaboración de barras de morteros: 17 de mayo de 2016.
- c) La proporción a utilizar para la fabricación de barras es 1 parte de cemento y 2,0 partes de agregado fino (Feldespatos) y 0,57 partes de agua.
- d) Se utilizo Cemento Blanco.
- e) El valor limite permisible según norma ASTM C-1260, es de 0,20 %.

ATENTAMENTE,



Inga. Dilma Yajiel Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



Ing. Francisco Javier Quinónez de la Cruz
Director CII/USAC

SECCION DE AGREGADOS
CONCRETOS Y MORTEROS
CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 26. Informe del ensayo de retención de agua



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME DE ENSAYO DE RETENCIÓN DE AGUA
ASTM C 1506
INFORME SACM - 248
HOJA 1/1

No. 08097

O.T. No. **35269**

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné: 2011 31422.

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Evaluación del Feldespato Estándar como Agregado Fino para la Elaboración de Morteros utilizando como Aglomerante Cemento Blanco".

DIRECCIÓN: Ciudad de Guatemala.

FECHA: 23 de junio de 2016

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

| No. De Diseño | Fecha de Fundición | Retención de Agua (%) | Temperatura (°C) | Humedad en el ambiente (%) | Relación Agua/Cemento (A/C) | Arena Utilizada (%) |
|---------------|--------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1 | 05/10/2015 | 58,90 | 24,10 | 61,00 | 0,55 | AT (100 %) |
| 2 | 06/10/2015 | 75,50 | 23,60 | 63,00 | 0,43 | F (100 %) |
| 3 | 09/10/2015 | 59,10 | 24,00 | 61,00 | 0,57 | F (100 %) |
| 4 | 26/10/2015 | 43,20 | 23,00 | 74,00 | 0,67 | F (100 %) |
| 5 | 27/10/2015 | 54,80 | 25,90 | 51,00 | 0,78 | F (100 %) |
| 6 | 08/02/2016 | 36,00 | 20,70 | 54,00 | 0,53 | F (25 %) AT (75 %) |
| 7 | 09/02/2016 | 50,00 | 19,10 | 50,00 | 0,62 | F (50 %) AT (50 %) |
| 8 | 12/02/2016 | 44,70 | 16,60 | 54,00 | 0,75 | F (75 %) AT (25 %) |
| 9 | 07/03/2016 | 39,30 | 18,20 | 69,00 | 1,00 | F (100 %) |
| 10 | 08/03/2016 | 52,30 | 21,90 | 59,00 | 0,56 | F (10 %) AT (90%) |

OBSERVACIONES:

- Muestras proporcionadas por el interesado.
- Las siglas en Arena Utilizada significan: AT (Arena Triturada de cantera) y F (Feldespato).
- Se le aplico a cada mezcla una presión de $7 \pm 0,4$ kPa (2 in de Hg), durante 1 minuto.

ATENTAMENTE,



Inga Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

LL

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 26. Informe del ensayo de tiempo de fraguado



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**INFORME DETERMINACION DE VELOCIDAD DE FRAGUADO EN MEZCLAS DE MORTEROS
POR EL METODO DE VICAT MODIFICADO NORMA ASTM C-807-03a**

No. 08105

SACM. -255

O.T. No. 35270 HOJA 1/1

INTERESADO: José David Orozco Monzón, Carné No. 2011-31422

PROYECTO: Trabajo de graduacion "Evaluacion del feldespató estándar como agregado fino para la elaboracion de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco"

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 29 de junio de 2016.

| ENSAYO | RESULTADO |
|--|--------------------------|
| Determinación del tiempo de fraguado método de vicat | Tiempo de fraguado (min) |
| Proporcion: 1:3 Arena Gris | 86,80 |
| Proporcion: 1:1 Feldespato | 176,30 |
| Proporcion: 1:2 Feldespato | 199,50 |
| Proporcion: 2:5 Feldespato | 191,30 |
| Proporcion: 1:3 Feldespato | 229,30 |
| Proporcion: 1:3, 25% Feldespato, 75% arena | 118,60 |
| Proporcion: 1:3, 50% de Feldespato, 50% de arena | 142,50 |
| Proporcion: 1:3, 75% de Feldespato, 25% arena. | 210,20 |
| Proporcion: 1:4 Feldespato. | 267,70 |
| Proporcion: 1:3, 10% Feldespato, 90% arena. | 103,30 |

OBSERVACIONES:
a) Muestra material proporcionado por el interesado

El presente informe representa únicamente las muestras identificadas en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,



Inga. Dilma Yanet Mejicano Jol
Jefa Sección Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo. 

Ing. Francisco Javier Quinonez de la Cruz
Director CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 27. Composición química

VICAL

GRUPO VIDRIERO CENTROAMERICANO

Avenida Petapa 48-01 Zona 12 Guatemala, C. A. Apartado postal 1564 tels.: PBX (502) 24792644/45 fax.: (502) 24792643

sicasa
SILICE DE CENTROAMERICA, S.A.

FELDESPATO ESTÁNDAR

Información General.

Descripción.

Este producto es una arena, compuesta por granos de Feldespato de Ortosa y Albita, de forma angular. Este producto se obtiene mediante un proceso Minero-Industrial. Los minerales son de elevada pureza, ya que son producto de una roca intrusiva (Granito) y el control de calidad del proceso permite tener un producto de composición uniforme.

Granulometría:

| Número de malla (ASTM E11 specification) | | | |
|--|------------------|-------------------|------------------|
| +20 | +30 | -140 | -200 |
| 0.04% | 2.00 % máximo | 12.00 % máximo | 5.00 % máximo |

Composición Química:

| Composición Química | | |
|------------------------------------|-------|---------|
| % SiO ₂ = | 65.30 | Mínimo |
| % Al ₂ O ₃ = | 17.6 | ± 1.20 |
| % Fe ₂ O ₃ = | 0.250 | ± 0.050 |

| ÓXIDO | % | % | MIN | MAX |
|----------------------|------|--------|------|------|
| *Na ₂ O = | 4.90 | ± 0.90 | 4.00 | 5.80 |
| *K ₂ O = | 8.30 | ± 1.6 | 6.60 | 9.90 |

*Valores típicos, NO representan una especificación

Aplicaciones

- Elaboración de Productos de Vidrio.
- Cerámica Decorativa, Sanitaria e Industrial
- Mezclas constructivas (pegamentos para piezas cerámicas)
- Elementos Decorativo (terrarios, jardinización y áreas de juegos infantiles)
- Canchas Deportivas (Fut-ball, Voley Ball)
- Carga para elaboración de Pinturas

Presentación: A granel
Jumbo de 1 TM
Sacos de 50 Kg.

Guatemala, febrero 2014

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

Anexo 28. **Ensayo de estabilidad a la disgregación del agregado fino mediante el uso del sulfato de sodio**

**DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD A LA DISGREGACIÓN
DEL AGREGADO FINO MEDIANTE EL USO DEL SULFATO DE SODIO
NORMA NTG 41010 h6 (ASTM C-88)**

HOJA 1/1

INTERESADO: Jose David Orozco Monzon
PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación del feldespato estandar como agregado fino para la elaboración de morteros utilizando como aglomerante cemento blanco"
DIRECCIÓN: Ciudad
FECHA: 14 de octubre de 2016

| TAMAÑOS | | Graduación por fracción | Peso antes de ensayo (g) | Peso después de ensayo (g) | % de Desgaste | Desgaste ref. a Graduación |
|------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| PASA | RETENIDOS | | | | | |
| No. 100 (149 mm) | | | | | | |
| No. 50 (297 mm) | No. 100 (149 mm) | 42,00 | 100,00 | 95,00 | 5,00 | 2,10 |
| No. 30 (595 mm) | No. 50 (297 mm) | 42,00 | 100,00 | 87,60 | 12,40 | 5,21 |
| No. 16 (1.19 mm) | No. 30 (595 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| No. 8 (2.38 mm) | No. 16 (1.19 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| No. 4 (4.76 mm) | No. 8 (2.38 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3/8" (9.52 mm) | No. 4 (4.76 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTALES | | 84,00 | ----- | ----- | ----- | 7,31 |

OBSERVACIONES:

- a) Muestra proporcionada por el interesado
- b) Solución utilizada: Sulfato de sodio.
- c) Muestra de material: Feldespato
- d) Resistencia a disgregación a los sulfatos, debe tener una pérdida promedio ponderada no mayor de 10%, según norma COGUANOR NTG 41007 ASTM C-33.

Fuente: Sección de Agregados, Concretos y Morteros. CII/USAC.

