



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

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS PARA EL  
USO EN CONCRETO Y MORTEROS POR MEDIO DE MUESTREO *IN SITU* EN RÍO HONDO,  
ZACAPA**

**Silvia Patricia Alvarado Cabrera**

Asesorada por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS PARA EL  
USO EN CONCRETO Y MORTEROS POR MEDIO DE MUESTREO *IN SITU* EN RÍO HONDO,  
ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**SILVIA PATRICIA ALVARADO CABRERA**

ASESORADA POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

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  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa    |
| VOCAL IV   | Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova         |
| VOCAL V    | Br. Henry Fernando Duarte García       |
| SECRETARIO | Ing. Lesbia Magalí Herrera López       |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  |
| EXAMINADOR | Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa |
| EXAMINADOR | Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández |
| EXAMINADOR | Ing. Marco Antonio García Díaz    |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez   |

## 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:

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS PARA EL USO EN CONCRETO Y MORTEROS POR MEDIO DE MUESTREO *IN SITU* EN RÍO HONDO, ZACAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 07 de mayo de 2014.



**Silvia Patricia Alvarado Cabrera**



Guatemala, 9 de agosto 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: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS PARA EL USO EN CONCRETO Y MORTEROS POR MEDIO DE MUESTREO *IN SITU* EN RÍO HONDO, ZACAPA**, elaborado con la estudiante universitaria Silvia Patricia Alvarado Cabrera, quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por la estudiante universitaria Alvarado Cabrera, 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

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

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
12 de septiembre de 2016

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director<sup>o</sup> Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS PARA EL USO EN CONCRETO Y MORTEROS POR MEDIO DE MUESTREO IN SITU EN RÍO HONDO, ZACAPA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Silvia Patricia Alvarado Cabrera 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

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
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 Área de Materiales y Construcciones Civiles Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación de la estudiante Silvia Patricia Alvarado Cabrera, titulado DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS PARA EL USO EN CONCRETO Y MORTEROS POR MEDIO DE MUESTREO *IN SITU EN RÍO HONDO, ZACAPA*, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2016

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
de Guatemala




Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 460.2016

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: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS PARA EL USO EN CONCRETO Y MORTEROS POR MEDIO DE MUESTREO *IN SITU* EN RÍO HONDO, ZACAPA**, presentado por la estudiante universitaria: **Silvia Patricia Alvarado Cabrera**, 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, octubre de 2016

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida, salud e inteligencia y permitirme llegar a este punto tan importante de mi vida.
- Mis padres** Dilian Ester Cabrera y Mario Rolando Alvarado Castellanos, por todo el apoyo, cuidados y paciencia que me han brindado, a quienes les estaré agradecida de por vida.
- Mis hermanas** Kimberly Alvarado y Jacqueline Alvarado por haber sido un buen ejemplo y nunca haber dudado de mi capacidad de lograr mis metas y apoyarme siempre.
- Mi esposo** Rigoberto Velasco Campos por apoyarme e incentivarme a terminar mi licenciatura.
- Mi hijo** Rigoberto Velasco Alvarado por haber llegado a mi vida y ser mi motivo más fuerte de superación.

## AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser mi *alma máter*.

**La Facultad de  
Ingeniería**

Por ser una facultad que lucha por brindar los mejores conocimientos a sus alumnos y graduar profesionales exitosos.

**Mis amigos**

Nelson Medrano Aguirre, Hansel García, Edgar López.

**Inga. Dilma Mejicanos**

Por apoyarme con mucho agrado cuando lo necesité y compartirme sus sabios conocimientos.

**Ing. Mario López**

Por darme la oportunidad de trabajar y estudiar al mismo tiempo y compartir sus conocimientos.

**Nancy Meléndez**

Por apoyarme siempre y alentarme a superarme profesionalmente.

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....   | VII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....   | XIII |
| GLOSARIO .....  | XV   |
| RESUMEN .....   | XVII |
| OBJETIVOS.....  | XIX  |
| INTRODUCCIÓN .....  | XXI  |
| <br>  |      |
| 1. GENERALIDADES.....   | 1    |
| 1.1. Definiciones y generalidades de materiales pétreos.....  | 1    |
| 1.2. Clasificación .....  | 3    |
| 1.3. Producción de agregados.....   | 4    |
| <br>  |      |
| 2. DESCRIPCIÓN DE NORMAS.....   | 7    |
| 2.1. Práctica para el muestreo de concreto recién mezclado<br>(Norma NTG 41057 / ASTM C172).....                        | 7    |
| 2.2. Agregados para morteros de albañilería (Norma NTG<br>41031 / ASTM C144).....                                       | 8    |
| 2.3. Práctica para el muestreo de los agregados para concreto<br>(Norma NTG 41009 / ASTM D75).....                      | 8    |
| 2.4. Agregados para concreto (Norma NTG 41007 / ASTM C33) ....  | 9    |
| 2.5. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los<br>agregados (Norma NTG 41010 h13 / ASTM C136)..... | 10   |
| 2.6. Características generales.....   | 11   |
| 2.6.1. Selección y preparación de las muestras de<br>prueba .....   | 11   |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.6.1.1. | Práctica para el muestreo de concreto recién mezclado según Norma NTG 41057 (ASTM C172) .....               | 12 |
| 2.6.1.2. | Práctica para el muestreo de los agregados para concreto según Norma NTG 41009 (ASTM D75) .....             | 13 |
| 2.6.1.3. | Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso según Norma NTG 41010 (ASTM C 136) ..... | 14 |
| 2.6.2.   | Ensayos por método gravimétrico .....   | 15 |
| 2.6.3.   | Ensayos por método fotométrico .....  | 15 |
| 3.       | LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN ESTUDIO .....   | 17 |
| 3.1.     | Localización.....   | 17 |
| 3.1.1.   | Construcción de escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....                                    | 18 |
| 3.1.2.   | Construcción de escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa .....                             | 18 |
| 3.1.3.   | Ampliación de escuela primaria en aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....                                   | 19 |
| 3.2.     | Descripción.....  | 20 |
| 3.2.1.   | Construcción de escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....                                    | 21 |
| 3.2.2.   | Construcción de escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa .....                             | 21 |
| 3.2.3.   | Ampliación de escuela primaria en aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....                                   | 22 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 3.3.     | Generalidades .....   | 23 |
| 3.3.1.   | Construcción de escuela primaria aldea<br>Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....       | 23 |
| 3.3.2.   | Construcción de escuela primaria aldea Nuevo<br>Sunzapote, Río Hondo, Zacapa..... | 24 |
| 3.3.3.   | Ampliación de escuela primaria aldea La Palma,<br>Río Hondo, Zacapa.....          | 25 |
| 4.       | INFORMACIÓN OBTENIDA EN CAMPO.....  | 27 |
| 4.1.     | Normas locales vigentes.....  | 27 |
| 4.2.     | Ensayos <i>in situ</i> a mezclas de concreto.....                                 | 28 |
| 4.3.     | Resultados de toma y medición de temperatura .....                                | 29 |
| 4.4.     | Resultados de asentamiento .....  | 31 |
| 4.5.     | Resultados de peso unitario .....   | 34 |
| 5.       | ENSAYOS DE LABORATORIO .....  | 39 |
| 5.1.     | Tabulación de resultados obtenidos .....  | 39 |
| 5.1.1.   | Agregado fino .....   | 39 |
| 5.1.1.1. | Resultados del ensayo<br>granulométrico .....                                     | 40 |
| 5.1.1.2. | Resultados del contenido de<br>humedad.....                                       | 46 |
| 5.1.1.3. | Resultados del contenido de materia<br>orgánica.....                              | 47 |
| 5.1.1.4. | Resultados del contenido de peso<br>específico.....                               | 48 |
| 5.1.2.   | Agregado grueso .....   | 48 |
| 5.1.2.1. | Resultados del ensayo<br>granulométrico .....                                     | 49 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 5.1.2.2. | Resultados del ensayo de porcentaje de absorción.....   | 55 |
| 5.1.2.3. | Resultados del ensayo de peso específico .....  | 56 |
| 5.1.2.4. | Resultados del ensayo de abrasión e impacto.....  | 56 |
| 5.1.3.   | Mezclas de concreto.....  | 58 |
| 5.2.     | Resultados de resistencia a compresión a 3, 7, 14 y 28 días ..  | 58 |
| 5.2.1.   | Mezclas de mortero .....  | 63 |
| 5.2.1.1. | Resultados de resistencia a tensión .....   | 63 |
| 5.2.1.2. | Resultados de resistencia a compresión.....   | 64 |
| 6.       | ANÁLISIS DE RESULTADOS.....   | 67 |
| 6.1.     | Análisis del ensayo de análisis completo de agregado fino según Norma NTG 41007 (ASTM C-33) .....                         | 67 |
| 6.2.     | Análisis del ensayo de análisis completo de agregado grueso según Norma NTG 41007 (ASTM C-33) .....                       | 69 |
| 6.3.     | Análisis del ensayo de abrasión según Norma NTG 41007 (ASTM C-33) .....   | 70 |
| 6.4.     | Análisis del ensayo de resistencia a la compresión en cilindros de concreto según la Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39) ..... | 71 |
| 6.5.     | Análisis del ensayo a compresión de morteros, según Norma NTG 41050 (ASTM C-270) .....                                    | 73 |
|          | CONCLUSIONES.....   | 75 |
|          | RECOMENDACIONES.....  | 79 |
|          | BIBLIOGRAFÍA.....   | 81 |

APÉNDICES ..... 87





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Ubicación de escuela primaria de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....             | 18 |
| 2.  | Ubicación de escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa .....         | 19 |
| 3.  | Ubicación de escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa...                   | 20 |
| 4.  | Planta de cotas de módulo de aulas .....   | 24 |
| 5.  | Planta de cimentación de módulo de aulas .....                                       | 25 |
| 6.  | Escuela primaria aldea Chanchán, medición de temperatura .....                       | 29 |
| 7.  | Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, medición de temperatura ..                   | 30 |
| 8.  | Escuela primaria aldea La Palma, medición de temperatura .....                       | 30 |
| 9.  | Escuela primaria aldea Chanchán, medición de asentamiento .....                      | 32 |
| 10. | Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, medición de asentamiento.....                | 33 |
| 11. | Escuela primaria aldea La Palma, medición de asentamiento .....                      | 33 |
| 12. | Escuela primaria aldea Chanchán, medición de peso volumétrico .....                  | 34 |
| 13. | Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, medición de peso volumétrico.....            | 35 |
| 14. | Escuela primaria aldea La Palma, medición de peso volumétrico.....                   | 36 |
| 15. | Curva granulométrica de agregado fino aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.....         | 41 |
| 16. | Curva granulométrica de agregado fino aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa ..... | 42 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 17. | Curva granulométrica de agregado fino aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....         | 44 |
| 18. | Curva granulométrica de agregado grueso aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....       | 50 |
| 19. | Curva granulométrica de agregado grueso aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa..... | 51 |
| 20. | Curva granulométrica de agregado grueso aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....       | 53 |

## TABLAS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | Cantidad de muestra para ensayos al agregado grueso.....                                  | 13 |
| II.   | Cantidad de muestra para agregado fino.....   | 14 |
| III.  | Resumen de resultados del ensayo de temperatura.....                                      | 31 |
| IV.   | Resumen de resultados del ensayo de asentamiento .....                                    | 34 |
| V.    | Resumen de resultados del ensayo de peso volumétrico .....                                | 37 |
| VI.   | Granulometría de agregado fino aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....                    | 40 |
| VII.  | Características físicas del agregado fino de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....      | 41 |
| VIII. | Granulometría de agregado fino aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa .....             | 42 |
| IX.   | Características físicas del agregado fino de aldea Nuevo Suzapote, Río Hondo, Zacapa..... | 43 |
| X.    | Granulometría de agregado fino aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....                    | 43 |
| XI.   | Características físicas del agregado fino de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....      | 44 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| XII.    | Resumen de resultados de las características físicas de agregado fino, Zacapa.....                             | 45 |
| XIII.   | Porcentaje de humedad .....  | 47 |
| XIV.    | Resumen de resultados de materia orgánica .....  | 47 |
| XV.     | Resumen de resultados de peso específico.....  | 48 |
| XVI.    | Granulometría de agregado grueso aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....                                       | 49 |
| XVII.   | Características físicas del agregado grueso de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa .....                         | 50 |
| XVIII.  | Granulometría de agregado grueso aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.....                                 | 51 |
| XIX.    | Características físicas del agregado grueso de aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa .....                  | 52 |
| XX.     | Granulometría de agregado grueso aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....                                       | 52 |
| XXI.    | Características físicas del agregado grueso de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.....                          | 53 |
| XXII.   | Resumen de resultados de características físicas de agregado grueso .....                                      | 54 |
| XXIII.  | Resumen de resultados de absorción .....   | 55 |
| XXIV.   | Resumen del ensayo de peso específico .....  | 56 |
| XXV.    | Ensayo de abrasión de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.....   | 56 |
| XXVI.   | Ensayo de abrasión de aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa .....   | 57 |
| XXVII.  | Ensayo de abrasión de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.....   | 57 |
| XXVIII. | Resumen de resultados del ensayo de abrasión e impacto .....   | 58 |
| XXIX.   | Tabla de resultados del ensayo a compresión para cilindros de concreto, aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa..... | 59 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| XXX.     | Tabla de resultados del ensayo a compresión para cilindros de concreto, aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa ..... | 59 |
| XXXI.    | Tabla de resultados del ensayo a compresión para cilindros de concreto, aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....        | 60 |
| XXXII.   | Resumen de resultados del ensayo a compresión de cilindros de concreto .....   | 63 |
| XXXIII.  | Tabla de resultados del ensayo a compresión de morteros, aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.....                        | 64 |
| XXXIV.   | Tabla de resultados del ensayo a compresión de morteros, aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa .....                | 65 |
| XXXV.    | Tabla de resultados del ensayo a compresión de morteros, aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.....                        | 65 |
| XXXVI.   | Resumen de resultados del ensayo a compresión de morteros .....  | 66 |
| XXXVII.  | Características físicas de agregado fino, aldea Chanchán .....   | 67 |
| XXXVIII. | Características físicas de agregado fino, aldea Nuevo Sunzapote .....  | 68 |
| XXXIX.   | Características físicas de agregado fino, aldea La Palma .....   | 68 |
| XL.      | Características físicas de agregado grueso, aldea Chanchán .....   | 69 |
| XLI.     | Características físicas de agregado grueso, aldea Nuevo Sunzapote.....   | 69 |
| XLII.    | Características físicas de agregado grueso, aldea La Palma .....   | 70 |
| XLIII.   | Resumen de resultados del ensayo de abrasión e impacto .....   | 70 |
| XLIV.    | Análisis de resistencia a compresión en cilindros de concreto de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.....                | 71 |
| XLV.     | Análisis de resistencia a compresión en cilindros de concreto de aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.....         | 72 |
| XLVI.    | Análisis de resistencia a compresión en cilindros de concreto de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....               | 72 |
| XLVII.   | Análisis de resistencia a compresión de morteros de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.....                             | 73 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| XLVIII. | Análisis de resistencia a compresión de morteros de aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa ..... | 74 |
| XLIX.   | Análisis de resistencia a compresión de mortero de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa .....         | 74 |



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>        | <b>Significado</b>                                   |
|-----------------------|--|
| <b>cm</b>             | Centímetro   |
| <b>cm<sup>2</sup></b> | Centímetro cuadrado                                  |
| <b>cm<sup>3</sup></b> | Centímetro cúbico                                    |
| <b>kg</b>             | Kilogramo  |
| <b>g</b>              | Gramo  |
| <b>km</b>             | Kilómetro  |
| <b>km<sup>2</sup></b> | Kilómetro cuadrado                                   |
| <b>L</b>              | Litro  |
| <b>lb</b>             | Libra  |
| <b>mm</b>             | Milímetro  |
| <b>µm</b>             | Micrómetro   |
| <b>msnm</b>           | Metros sobre el nivel del mar                        |
| <b>MPa</b>            | Mega Pascal ( $1 \times 10^6$ N/m <sup>2</sup> )     |
| <b>pulg</b>           | Pulgada  |
| <b>PSI</b>            | Libra sobre pulgada cuadrada (lb/pulg <sup>2</sup> ) |
| <b>p<sup>3</sup></b>  | Pie cúbico   |
| <b>°C</b>             | Grados Celsius                                       |
| <b>°F</b>             | Grados Fahrenheit                                    |
| <b>%</b>              | Porcentaje   |
| <b>Ø</b>              | Diámetro   |





## GLOSARIO

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Apisonador</b>   | Varilla de acero recta, con un diámetro de 16 mm de sección circular, con un extremo redondeado en una punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla.        |
| <b>ASTM</b>         | <i>American Society of Testing and Materials</i> (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).   |
| <b>COGUANOR</b>     | Comisión Guatemalteca de Normas.   |
| <b>GUATECOMPRAS</b> | Sistema de Adquisiciones y Contrataciones del Estado de Guatemala.   |
| <b>NTG</b>          | Normas Técnicas Guatemaltecas.   |
| <b>Revenimiento</b> | Asentamiento o hundimiento parcial del material.   |
| <b>Tamiz</b>        | Malla que se utiliza para separar las partes finas de las gruesas de algún material, está formado por una tela metálica o rejilla tupida que está sujeta a un aro. |
| <b>Tara</b>         | Recipiente donde se coloca material con peso propio.   |



## RESUMEN

Los agregados cuentan con características tales como la absorción de humedad, forma, graduación, porosidad o materia orgánica, los cuales son realmente significativos para las propiedades del concreto; sin embargo, obtener agregados de buena calidad no garantiza que se vaya a obtener un concreto de buena calidad. Para lograr un concreto de buena calidad se deben tomar en consideración diversos factores: clima, limpieza, relación agua-cemento, proporción del concreto e incluso supervisión en la colocación del concreto: por ejemplo, una adecuada vibración del concreto para evitar vacíos.

La construcción y desempeño satisfactorio del concreto requieren propiedades específicas. Para garantizar que se logren estas propiedades, los ensayos de control de calidad y aceptación tanto *in situ* como en laboratorio son indispensables en el proceso constructivo, los cuales se deben realizar en toda construcción.

El concreto es un elemento muy estudiado y utilizado en todo el mundo, debido a las necesidades que surgen en el campo de la construcción. Es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturas para ser usado en un ilimitado número de aplicaciones; además, no tiene un costo elevado y es de fácil elaboración.

En el municipio de Río Hondo, del departamento de Zacapa existen bancos de agregados que surten a las empresas dedicadas a la distribución de estos materiales a las diferentes construcciones.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Analizar y evaluar la calidad de los agregados finos y gruesos utilizados en la producción de concreto y morteros en el municipio de Río Hondo del departamento de Zacapa por medio de un muestreo *in situ*, para determinar la calidad de las mezclas y construcciones.

### **Específicos**

1. Establecer las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados que se utilizan actualmente en las construcciones del municipio de Río Hondo por medio de ensayos según requerimientos de las normas COGUANOR NTG.
2. Hacer una comparación de la calidad de los agregados finos utilizados en tres diferentes construcciones.
3. Determinar las características físicas de los agregados gruesos utilizados en tres diferentes construcciones.
4. Determinar las propiedades mecánicas del agregado grueso.
5. Analizar la resistencia de las mezclas de concreto.
6. Analizar la resistencia a mezclas de mortero.



## INTRODUCCIÓN

El área de materiales de construcción es un campo muy amplio de la ingeniería civil, en la cual se pueden estudiar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales que se utilizan en la construcción. Los reglamentos, códigos y normas establecen que se debe cumplir con requerimientos mínimos de control de calidad de los materiales, con el fin de garantizar el tiempo de vida útil de una construcción en todos sus componentes: estructuras, acabados, instalaciones y otros.

Los diferentes materiales deben ser analizados para determinar si cumplen con las propiedades mínimas que establecen las normas. Las especificaciones mínimas que deben cumplir los agregados finos y gruesos para que sean adecuados en el uso de mezclas de concreto y morteros, las establecen las normas nacionales e internacionales de referencia.

Es necesario realizar ensayos de laboratorio a los materiales que se utilizan en la construcción. Este trabajo se realizó en el municipio de Río Hondo del departamento de Zacapa, para evidenciar si cumplen con la normativa nacional e internacional, ya que es un requisito esencial que los elementos que se utilizan en la construcción cumplan sus funciones; es decir, que sean fabricados con los materiales adecuados para resistir las cargas de diseño que serán aplicadas sin sufrir fallas o algún mal comportamiento mecánico durante su vida útil y, en consecuencia poder garantizar la resistencia y durabilidad de las obras civiles.





# 1. GENERALIDADES

Los agregados son materiales granulares, arena o piedra natural, que se emplean con un medio cementante para formar concreto o morteros. Los agregados ocupan entre el 60 % y el 75 % del volumen de concreto e influyen notablemente en sus propiedades recién mezclado y endurecido. Pueden tener varios tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta piedras de gran tamaño. Estos materiales junto con agua, cemento y aditivos conforman el conjunto de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto.

Los agregados influyen directamente en la resistencia del concreto, debido a que estos suelen agregar un porcentaje de porosidad, absorción de humedad y modifican el módulo de elasticidad requerido para el concreto.

## 1.1. Definiciones y generalidades de materiales pétreos

Los materiales pétreos son llamados también materiales geológicos, ya que son obtenidos directamente de la naturaleza. Se extraen de un tipo de explotación denominado canteras y tras un proceso riguroso de elaboración se les puede dar alguna forma adecuada y utilizarlos en diferentes sectores. Hay dos tipos de materiales pétreos: materiales que se extraen de macizos rocosos o bloques, es decir, rocas (mármol, granito, pizarras y áridos); y los materiales granulares que se conocen como arcillas, arenas y gravas.

Algunas características de los materiales pétreos obtenidos de macizos rocosos o bloques son:

- Materiales duros, densos y compactos.
- Algunos como el mármol son impermeables.
- Trabajando los materiales de forma correcta se pueden convertir en láminas.
- Tienen formas y colores variados.
- Logran mantener inalteradas sus propiedades pese al paso del tiempo.
- Soportan grandes esfuerzos a compresión.

Las rocas se clasifican en tres grupos distintos en la construcción a lo largo del tiempo:

- Elemento resistente.
- Elemento decorativo (ornamentación).
- Materia prima para la fabricación de materiales de construcción que posteriormente se utilizarán en puentes, carreteras, túneles y otras obras civiles.

Dentro de las propiedades de los materiales pétreos se encuentran los siguientes:

- Densidad: la cual debe estar comprendida entre 2-3 g/cm<sup>3</sup>.
- Durabilidad: es alta, puede durar inalterable durante cientos de años.
- Dureza: en los materiales pétreos depende de los minerales que contenga dicho material.
- Resistencia mecánica: tienen buen resultado de resistencia a la compresión y baja resistencia a la tracción y flexión.
- Impermeabilidad: esto depende de la cantidad de poros que contenga el material, además la circulación del agua a través de los poros aumentará su tamaño, debido al desgaste por erosión.

- Elasticidad: en general los materiales pétreos no son elásticos, aunque se ha demostrado que se pueden presentar ciertas deformaciones elásticas.

## 1.2. Clasificación

Los materiales pétreos se clasifican en función de su resistencia a la compresión y según su origen:

- Según su resistencia a la compresión
  - Clase A: resistencia muy alta, mayor de 2 250 kg/cm<sup>2</sup>
  - Clase B: resistencia alta, de 1 125 a 2 250 kg/cm<sup>2</sup>
  - Clase C: resistencia media, de 560 a 1 125 kg/cm<sup>2</sup>
  - Clase D: resistencia baja, de 280 a 560 kg/cm<sup>2</sup>
  - Clase E: resistencia muy baja, de 70 a 280 kg/cm<sup>2</sup>
- Según su origen o procedencia
  - Rocas ígneas: son las más antiguas y se han formado por el enfriamiento y consolidación de magmas fundidos en el interior de la corteza terrestre o sobre ella. Un ejemplo, son las rocas volcánicas o extrusivas (superficiales). Las principales rocas ígneas son el granito, sienita, diorita y grabo, pórfidos y basalto.
  - Rocas sedimentarias: estas se han formado por el acarreo o acumulación de materiales, principalmente estas rocas provienen de las rocas ígneas y metamórficas. Las rocas sedimentarias se pueden clasificar en detríticas, intermedias y no detríticas. Las principales rocas sedimentarias son el yeso, calizas y margas.

- Rocas metamórficas: estas rocas se originan por el metamorfismo fundamentalmente de las rocas sedimentarias, el cual consiste en una modificación de la composición mineralógica de la estructura de una roca a consecuencia de los cambios de temperatura y presión que sufren estas al alcanzar niveles profundos de la corteza terrestre. Las principales rocas metamórficas son las pizarras y mármoles.

### **1.3. Producción de agregados**

Los agregados como arena natural y grava se encuentran en grandes depósitos ubicados en el suelo. Debe tomarse en cuenta que el suelo contiene limo y arcilla, los cuales pueden ser muy perjudiciales, ya que afectan directamente las propiedades del concreto fresco y endurecido, por lo cual es recomendable extraer estos materiales por medio de lavado o tamizado en seco. Al realizar este procedimiento de lavado se influirá notablemente en la calidad de la mezcla de concreto o mortero y se podrán garantizar las propiedades mecánicas de estas mezclas, ya que los agregados estarán libres de sustancias nocivas.

En Guatemala generalmente para la producción de agregados se necesita equipo de trituración. Una planta de trituración de productos pétreos es la encargada de producir los agregados necesarios para la producción de concreto y mortero, así como también son encargados de producir agregados para mezclas asfálticas. Su producción depende del tamaño de la planta, de los requerimientos y de los horarios de producción.

El proceso de producción de agregados pétreos es la consecución de operaciones para lo cual la planta de trituración consta de varios elementos

para llevar a cabo este fin: bancos de explotación, acarreo, trituración primaria, secundaria, lavado, almacenaje y despacho.

Los agregados gruesos naturales se pueden clasificar en dos tipos, los cuales se detallan a continuación:

- Piedra partida: proveniente de la explotación de canteras, donde se produce el desprendimiento de grandes trozos de rocas por medio de la voladura mediante explosivos que se introducen en orificios perforados con barrenos. Los trozos son sometidos a posterior trituración y clasificación por tamaños. Los tamaños comerciales más comunes son de  $\frac{1}{4}$ " ,  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " .
- Canto rodado: se encuentra en el fondo de los ríos y se extrae por medio de barcasas con bodegas mediante sistemas de cangilones, que son palas cargadoras montadas sobre cintas que giran sobre rodillos que se transportan y descargan en lugares específicos.



## 2. DESCRIPCIÓN DE NORMAS

En Guatemala todo tipo de proceso industrial está regido por las Normas Técnicas Guatemaltecas (NTG), que son originalmente revisadas de las normas de referencia internacional de la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM) (por sus siglas en inglés), traducidas y adaptadas según los parámetros de Guatemala. Por medio de las Normas Técnicas Guatemaltecas de COGUANOR se podrá determinar la calidad de los agregados que se utilizan en las construcciones, tanto para mezclas de concreto como para morteros, ya que estas brindan los parámetros necesarios para poder obtener las muestras y realizar los ensayos de laboratorio, según estos parámetros y así obtener resultados reales de la calidad y propiedades mecánicas de los agregados.

### 2.1. **Práctica para el muestreo de concreto recién mezclado (Norma NTG 41057 / ASTM C172)**

Esta especificación trata sobre los procedimientos a ser utilizados para obtener una muestra de concreto fresco de una mezcladora estacionaria en el lugar en el cual se llevará a cabo la construcción del proyecto, y poder determinar si el concreto cumple con las especificaciones mínimas solicitadas en el diseño estructural.

Los ensayos que se realizarán al concreto fresco *in situ* serán tres: asentamiento, temperatura y peso unitario. Además, se deberán tomar muestras para los ensayos de resistencia que serán realizados en laboratorio.

Esta norma hace mención del tiempo en el cual se deberán obtener las cantidades de concreto para las muestras y este tiempo no debe exceder de 15 minutos durante la descarga de la amasada, para luego ser mezcladas nuevamente con herramienta manual y asegurar una uniformidad adecuada. Así también indica que las muestras no deben ser tomadas antes de que se haya descargado el 10 % de la amasada ni después del 90 % de la descarga. No se debe tomar ninguna muestra de concreto cuando se haya mezclado toda el agua y aditivos a la mezcla, ya que esto altera las características mecánicas.

## **2.2. Agregados para morteros de albañilería (Norma NTG 41031 / ASTM C144)**

Esta especificación trata sobre los agregados que deben ser utilizados en las mezclas para morteros de albañilería: arena natural o manufacturada.

Esta especificación hace referencia a normas ASTM que señalan el procedimiento de cómo realizar los ensayos para determinar la calidad del agregado fino a utilizar en las mezclas de mortero para albañilería, así como para la práctica de muestreo de los agregados. Uno de los ensayos más importantes a realizar es el de impurezas orgánicas: si el agregado produce un color más oscuro que el estándar debe ser rechazado, es decir, debe estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas.

## **2.3. Práctica para el muestreo de los agregados para concreto (Norma NTG 41009 / ASTM D75)**

Esta especificación trata sobre el muestreo de los agregados gruesos y finos para el control del producto y de las operaciones en el sitio de uso, así como también para aceptar o rechazar los materiales. El muestreo es



importante que se realice con la mayor precaución y debe ser ejecutado únicamente por una persona responsable, capacitada y con experiencia para poder exhibir la naturaleza y condición de los materiales que se tienen en obra, ya que la información que brinda el ensayo será de acuerdo a las condiciones en las que se haya obtenido la muestra.

Uno de los ensayos de los cuales hace referencia esta especificación trata sobre la abrasión, en la cual se indica que la muestra para el ensayo no debe estar sujeta a trituración o reducción manual del tamaño de las partículas. El material antes de tomarlo para muestra debe ser inspeccionado para determinar variaciones apreciables.

Esta especificación muestra el procedimiento para transportar las muestras, por ejemplo, que el transporte de los agregados debe realizarse en bolsas u otros recipientes adecuados para evitar pérdidas o contaminación de alguna parte de la muestra; cada recipiente de muestras de agregados debe identificarse individualmente para así facilitar el trabajo de laboratorio y el ensayo.

#### **2.4. Agregados para concreto (Norma NTG 41007 / ASTM C33)**

Esta especificación es utilizada por fabricantes de concreto para definir la calidad de los agregados finos y gruesos, el tamaño nominal máximo del agregado y requisitos de granulometría. Esta especificación muestra cómo deben ser requeridos los agregados finos y gruesos, y cuál es la información que se debe incluir en la orden de compra.

Respecto al agregado fino, la norma específica que puede ser arena natural o manufacturada, el cual debe estar graduado dentro de los tamices 9,5

mm (3/8") hasta 150 $\mu$ m (N°100) y el porcentaje que pasa por cada uno. El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas, por lo cual indica los límites que no deben exceder las cantidades en porcentaje de sustancias perjudiciales en el agregado fino. Todo agregado fino que sea sometido al ensayo de impurezas orgánicas y que produzca un color que no esté especificado por la norma, deberá ser rechazado.

Respecto al agregado grueso debe ser grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada al aire o concreto de cemento hidráulico triturado. Esta norma brinda una tabla en la cual se pueden visualizar los rangos de tamaño de agregado grueso, los cuales deben cumplir los requisitos mínimos indicados en dicha tabla. Especifica también los límites para sustancias perjudiciales y requisitos de propiedades físicas de agregado grueso para concreto, las cuales se deben seleccionar según la ubicación de la construcción de concreto, así se podrá ubicar el porcentaje máximo admisible.

## **2.5. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados (Norma NTG 41010 h13 / ASTM C136)**

Este ensayo cubre la determinación química de la reactividad potencial de un agregado con álcali, en un concreto elaborado con cemento tipo Portland, de acuerdo con la magnitud de la reacción que ocurre durante 24 horas a 80 grados Celsius, entre una solución de hidróxido de sodio 1 N y un agregado que ha sido triturado y cernido de forma que pase por un tamiz de 300 micrómetros y quede retenido en el de 150 micrómetros. Los resultados de este método pueden ser obtenidos rápidamente, y, aunque no son completamente fiables en todos los casos, pueden proporcionar datos útiles.

Este ensayo se puede aplicar tanto a agregados finos como gruesos. Cuando los agregados finos y gruesos provengan del mismo material, puede aplicarse para el agregado total. La muestra de ensayo debe ser preparada de una porción representativa del agregado triturándolo hasta que pase el tamiz de 300 micrómetros.

El procedimiento se resume en reducir el agregado grueso triturándolo hasta que pase por el tamiz de 4.75 milímetros (No. 4). Luego se debe tamizar el agregado grueso triturado al igual que la arena hasta obtener partículas de 150 micrómetros. Se debe reducir el material retenido en el tamiz de 300 micrómetros pasándolo repetidamente por el disco pulverizador, tamizando después de cada pulverizado. El material debe ser reducido de tamaño hasta que pase por el tamiz de 300 micrómetros. Debe evitarse tanto como sea posible la proporción de finos que pasan el tamiz No. 100. Se reserva la porción retenida en el tamiz de 150 micrómetros como muestra para el ensayo.

## **2.6. Características generales**

Todos los ensayos que se realicen tanto a los agregados finos y gruesos, así como a mezclas de concreto y mortero deben regirse según la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), la cual brinda los procedimientos necesarios para realizar correctamente los ensayos y obtener así un resultado confiable.

### **2.6.1. Selección y preparación de las muestras de prueba**

Se describe a continuación el procedimiento para la toma y preparación de muestras que se utilizarán en los ensayos tanto *in situ* como en laboratorio.

Estos procedimientos se deberán seguir tal y como lo indica la norma con la que se esté trabajando para poder obtener un resultado confiable.

#### **2.6.1.1. Práctica para el muestreo de concreto recién mezclado según Norma NTG 41057 (ASTM C172)**

Para obtener de una manera adecuada las muestras que solicita esta norma se enlistan a continuación una serie de pasos y procedimientos para cada muestra según el ensayo que se vaya a realizar.

- Las muestras para los ensayos de resistencia deben ser como mínimo de 28 L (1p<sup>3</sup>), la muestra se deberá tomar dentro de los primeros 15 minutos de la descarga y los ensayos se deberán realizar dentro de los siguientes 5 minutos luego de tomar la muestra.
- Para los ensayos a compresión de cilindros de concreto se deberá obtener 8 muestras según medidas estándares, estas pueden ser de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o de 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm). Se recomienda que el diámetro del cilindro sea como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.
- Para los ensayos a tensión y compresión de los morteros se deberá obtener 1 muestra de cada uno según medidas estándares.

### 2.6.1.2. Práctica para el muestreo de los agregados para concreto según Norma NTG 41009 (ASTM D75)

Para obtener una muestra adecuada y representativa se deben considerar los siguientes pasos:

- Para la muestra de agregados finos y gruesos se deberá evitar mezclar ambos tipos de una misma pila de almacenamiento, ya que el resultado deseado depende de la graduación de la muestra.
- Para el tamaño de las muestras de agregados finos y gruesos tomar en cuenta la siguiente tabla:

Tabla I. **Cantidad de muestra para ensayos al agregado grueso**

| Tamaño nominal máximo aberturas cuadradas |        | Masa mínima de la muestra de ensayo |     |
|---|--------|-------------------------------------|-----|
| mm  | pulg.  | kg                                  | Lb  |
| 9,5                                       | 3/8"   | 10                                  | 25  |
| 12,5                                      | 1/2"   | 15                                  | 35  |
| 19,0                                      | 3/4"   | 25                                  | 55  |
| 25,0                                      | 1"     | 50                                  | 110 |
| 37,5                                      | 1 1/2" | 75                                  | 165 |
| 50,0                                      | 2"     | 100                                 | 220 |
| 63,0                                      | 2 1/2" | 125                                 | 275 |
| 75,0                                      | 3"     | 150                                 | 330 |
| 90,0                                      | 3 1/2" | 175                                 | 385 |

Fuente: Normas Técnicas Guatemaltecas NTG 41009, tabla 1.

Tabla II. **Cantidad de muestra para agregado fino**

| Tamaño nominal máximo<br>aberturas cuadradas |      | Masa mínima de la<br>muestra de ensayo |    |
|--|------|--|----|
| No.  | mm   | kg                                     | Lb |
| 8  | 2,36 | 10                                     | 25 |
| 4  | 4,75 | 10                                     | 25 |

Fuente: Normas Técnicas Guatemaltecas NTG 41009, tabla 1.

- Transportar los agregados en bolsas u otros recipientes contruidos para evitar pérdidas o contaminación de alguna parte de la muestra.
- Se deberá identificar adecuadamente cada recipiente con muestra para facilitar el informe en campo, el trabajo de laboratorio y el informe del ensayo.

### **2.6.1.3. Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso según Norma NTG 41010 (ASTM C 136)**

Esta norma indica que existe una restricción para conocer si el ensayo se debe realizar, por lo cual se deberá conocer el tamaño del agregado y, de ser el adecuado para realizar dicho ensayo, se deberá tomar la muestra como se indica en los siguientes pasos.

- Esta muestra se tomará y se realizará el respectivo ensayo únicamente si las partículas del agregado grueso no sobrepasan 1 ½" (37,5mm) de tamaño.
- El tamaño de la muestra para este ensayo será de 5 000 g (5 kg).

### **2.6.2. Ensayos por método gravimétrico**

Este ensayo está regido por la norma ASTM C138, mediante la cual se puede determinar la densidad del concreto recién mezclado. La norma proporciona fórmulas para calcular el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire en el concreto. Este ensayo se debe realizar siguiendo los métodos de consolidación los cuales son los de apisonado y vibración dependiendo del asentamiento que se haya obtenido. Al haber realizado una consolidación por el método adecuado se deberá enrasar el molde y limpiarlo. Con los datos obtenidos del ensayo se podrá calcular la densidad, el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire. Esta norma indica cierta precisión y tolerancias con las cuales se puede contar al momento de obtener los resultados del ensayo.

### **2.6.3. Ensayos por método fotométrico**

Según la Norma NTG 41010-h13 (ASTM C-289), este es un método químico aplicable particularmente para el análisis de control en la determinación de sílice por debajo de 10 ppm.





### **3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN ESTUDIO**

Se eligieron tres construcciones en proceso de fundición, ubicadas en el municipio de Río Hondo del departamento de Zacapa, para obtener muestras de agregados finos y gruesos, así como también muestras de concreto y mortero, para realizar ensayos *in situ* y en laboratorio.

#### **3.1. Localización**

Las visitas fueron realizadas a tres obras ubicadas en el municipio de Río Hondo del departamento de Zacapa, el cual se encuentra situado en la región nor-oriental de la República de Guatemala con una latitud norte de 15° 2' 36" y una longitud oeste de 89° 35' 66"; limita al norte con el municipio de El Estor, al este con Gualán y Zacapa, al sur con Zacapa y Estanduela y al oeste con Teculután; se encuentra a una altitud de 184,91 msnm, por lo que su clima generalmente es cálido.

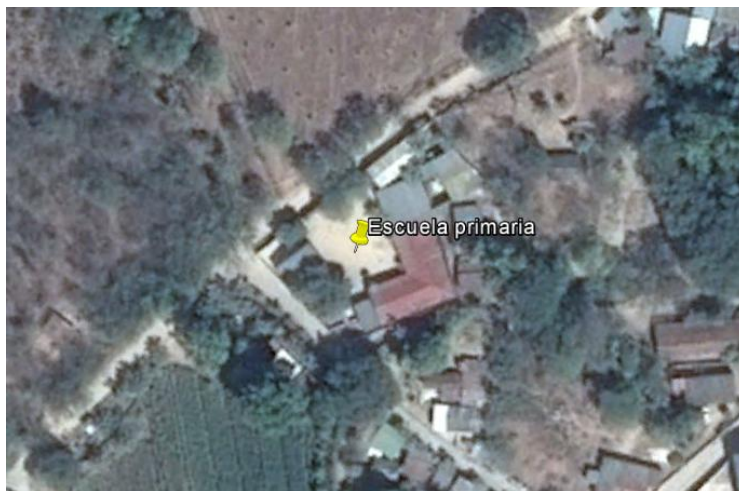
La distancia de esta cabecera a la ciudad Guatemala es de 137 km por la ruta identificada como CA-9 que se dirige hacia el océano Atlántico.

El municipio está integrado por 28 aldeas y 13 caseríos, se estima un total de 17 667 habitantes, una extensión territorial de 422 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de 42 personas por km<sup>2</sup>.

### **3.1.1. Construcción de escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

La construcción se localiza a una latitud de  $15^{\circ} 1'0.33''N$  y una longitud de  $89^{\circ}39'36.56''O$ .

Figura 1. **Ubicación de escuela primaria de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Google Earth. Consulta: 13 de diciembre de 2015.

### **3.1.2. Construcción de escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

La construcción se localiza a una latitud de  $15^{\circ} 1'27.31''N$  y una longitud de  $89^{\circ}38'59.11''O$ .

Figura 2. **Ubicación de escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

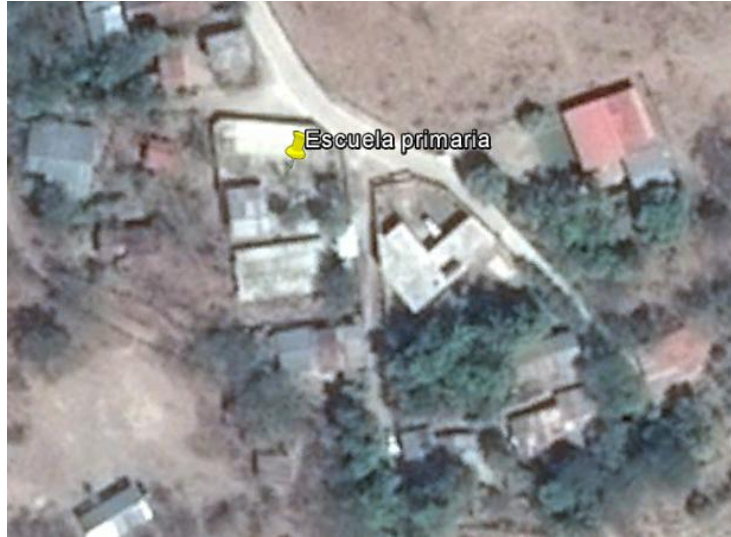


Fuente: Google Earth. Consulta: 13 de diciembre de 2015.

### **3.1.3. Ampliación de escuela primaria en aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

La construcción se localiza a una latitud de  $15^{\circ} 1'23.85''N$  y una longitud de  $89^{\circ}36'45.62''O$ .

Figura 3. **Ubicación de escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Google Earth. Consulta: 13 de diciembre de 2015.

### **3.2. Descripción**

Se eligieron tres construcciones en proceso, en el departamento de Río Hondo, Zacapa, las cuales contemplaban colocación de concreto y repello para poder obtener muestras de material para realizar los respectivos ensayos *in situ*, así como los ensayos de laboratorio.

Las tres construcciones que se eligieron fueron agregadas en el portal del Sistema de Adquisiciones y Contrataciones del Estado de Guatemala (GUATECOMPRAS) con dirección electrónica: [www.guatecompras.com.gt](http://www.guatecompras.com.gt).

### **3.2.1. Construcción de escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

El proyecto consta de la construcción de dos módulos iguales (2 aulas, 1 servicio sanitario para mujeres, 1 servicio sanitario para hombres y 1 servicio sanitario para catedráticos) para una escuela primaria. En esta construcción están considerados trabajos preliminares así como trabajos principales:

- Trabajos preliminares
  - Limpieza general
  - Nivelación de terreno
  - Trazo
- Trabajos principales
  - Excavación para cimentación
  - Columnas
  - Muros y soleras
  - Piso interior y exterior
  - Techo
  - Ventanas
  - Puertas
  - Instalación eléctrica
  - Acabado de muros

### **3.2.2. Construcción de escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

El proyecto consta de la construcción de una escuela primaria (6 aulas, 1 servicio sanitario para mujeres, 1 servicio sanitario para hombres, 1 servicio sanitario para catedráticos, 1 salón de maestros, 1 salón para dirección, 1 salón

para área de administración, 1 área de secretaría y 1 salón para aseo), en esta construcción están considerados trabajos preliminares así como trabajos principales:

- Trabajos preliminares
  - Limpieza general
  - Nivelación de terreno
  - Trazo
- Trabajos principales
  - Excavación para cimentación
  - Columnas
  - Muros y soleras
  - Piso interior y exterior
  - Techo
  - Ventanas
  - Puertas
  - Instalación eléctrica
  - Acabado de muros

### **3.2.3. Ampliación de escuela primaria en aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

En este proyecto se realizará la ampliación de 1 aula; en esta construcción están considerados trabajos preliminares así como trabajos principales:

- Trabajos preliminares
  - Limpieza general
  - Habilitación de bodega y guardianía
  - Nivelación de terreno

- Trazo
- Trabajos preliminares
  - Cimentación
  - Columnas
  - Muros y soleras
  - Piso y banquetas
  - Techo
  - Balcones
  - Puertas
  - Instalación eléctrica

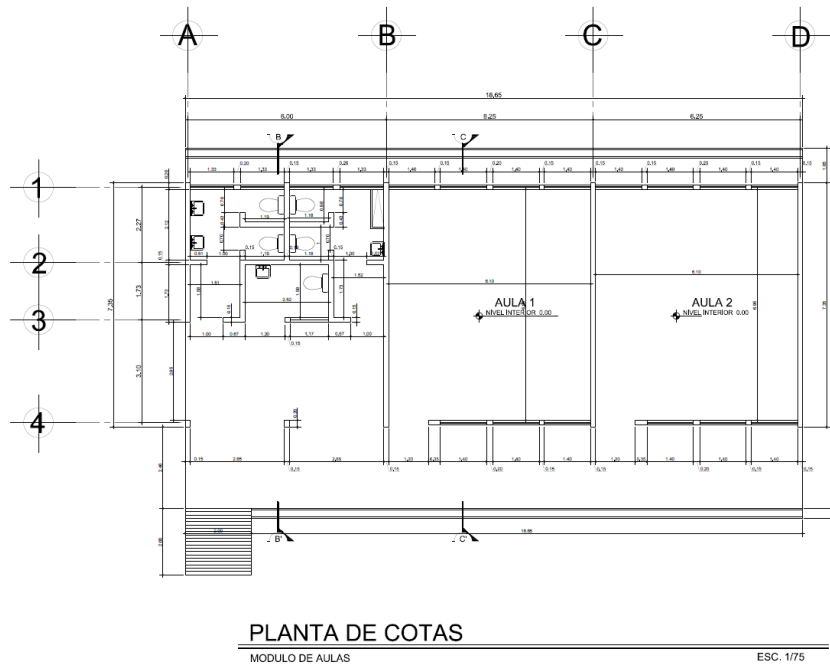
### **3.3. Generalidades**

Se realizó la visita a las tres construcciones elegidas para obtener las muestras de material al momento de realizar la colocación de concreto en la obra, así como también para obtener muestras de los agregados finos y gruesos que se utilizaron en la mezcla, para realizar los ensayos en laboratorio. Estos proyectos están supervisados por la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Río Hondo, Zacapa.

#### **3.3.1. Construcción de escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

Este proyecto consta de dos módulos de aulas como se muestra en la figura 1, las cuales se utilizarán para la enseñanza en el nivel de educación primaria de la aldea Chanchán. Las muestras de concreto para ensayos a compresión que el proyecto proporcionó corresponden a la fundición de las columnas.

Figura 4. **Planta de cotas de módulo de aulas**



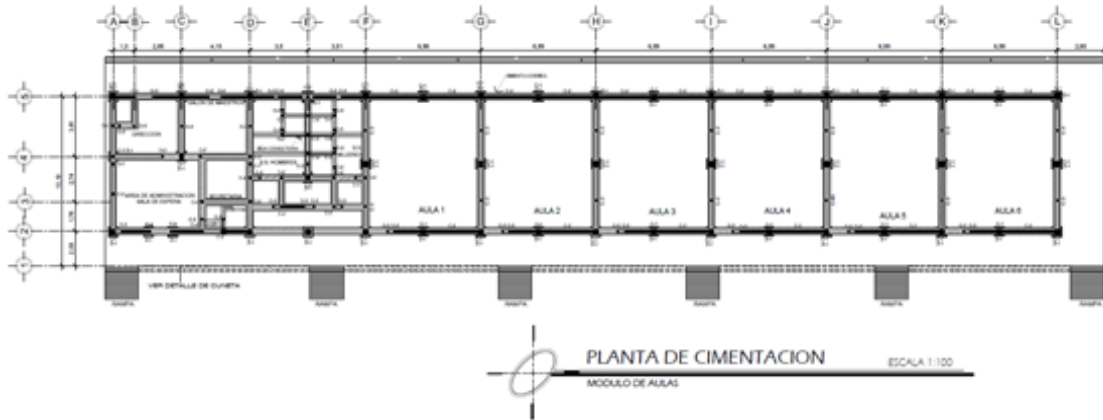
Fuente: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa.

### 3.3.2. **Construcción de escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

Este proyecto consta de 6 aulas, más áreas administrativas, como se muestra en la figura 2, las cuales se utilizarán para la enseñanza en el nivel de educación primaria de la aldea Nuevo Sunzapote. Las muestras de concreto para ensayos a compresión que el proyecto proporcionó corresponden a la fundición de las columnas.



Figura 5. **Planta de cimentación de módulo de aulas**



Fuente: Municipalidad de Río Hondo, Zacapa.

### 3.3.3. **Ampliación de escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

Este proyecto consta de la ampliación de 1 aula de la escuela primaria en aldea La Palma. Las muestras de concreto para ensayos a compresión que el proyecto proporcionó corresponden a la fundición de las columnas.



## **4. INFORMACIÓN OBTENIDA EN CAMPO**

En este capítulo se reunirá la información obtenida en campo tanto de normas locales vigentes, así como datos de los resultados de los ensayos realizados *in situ* al concreto fresco recién mezclado. Esta información corresponde a tres construcciones en proceso a las cuales se realizaron visitas técnicas y se obtuvo material tanto para ensayos de laboratorio como *in situ*.

### **4.1. Normas locales vigentes**

Se realizó una visita a la municipalidad de Zacapa, para solicitar información sobre algún reglamento de construcción que rigiera todos los municipios, aldeas y caseríos pertenecientes al departamento de Zacapa; sin embargo, no trabajan con base en ningún reglamento. En la municipalidad de Río Hondo, únicamente se obtuvo información sobre las obras de construcción aprobadas; no cuenta con ningún reglamento de construcción y se constató que los ingenieros de campo se rigen según el código del Instituto Americano del Concreto (ACI, por sus siglas en inglés).

Se entabló relación con el residente de cada construcción: cada quien por su parte indicó que el concreto siempre se realiza de la misma manera, para lograr una resistencia a compresión de 4 000 PSI; ya que el concreto que se muestreó de cada construcción estará trabajando de forma muy similar: se asume que bajo las mismas cargas y, debido a que se localizan en territorios cercanos, las condiciones geográficas y sísmicas son las mismas.

## 4.2. Ensayos *in situ* a mezclas de concreto

Los ensayos que se realizan *in situ* al concreto fresco, están regidos por las Normas Técnicas Guatemaltecas (NTG), las cuales especifican requerimientos mínimos para poder llevar a cabo los ensayos.

Los ensayos que se realizaron *in situ* a mezclas de concreto fresco fueron los siguientes:

- Ensayo de asentamiento: también llamado prueba de revenimiento del cono de Abrams, es utilizado para determinar la consistencia del concreto recién mezclado en el campo. Los resultados de este ensayo se deben expresar en pulgadas (pulg). Este ensayo está regido por la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41052 (ASTM C-143). Si al concluir el ensayo se obtiene un valor más elevado de asentamiento es un indicativo de un concreto más fluido respecto al que se utilizó en el diseño de la mezcla de concreto.
- Ensayo de temperatura: este ensayo proporciona el dato de la temperatura del concreto recién mezclado, debido a que esta tiene una gran influencia sobre las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido. Los resultados de este ensayo se deben expresar en grados Fahrenheit (°F) o grados Celsius (°C). Este ensayo está regido por la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41053 (ASTM C-1064).
- Ensayo de peso volumétrico: se utiliza para determinar la cantidad volumétrica (rendimiento) producido en cada mezcla. Los resultados se deben expresar en kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>) o libras por pie cúbico (lbs/pie<sup>3</sup>). Este ensayo está regido por la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41017 h5 (ASTM C-138).

#### 4.3. Resultados de toma y medición de temperatura

Este ensayo se realizó *in situ* a tres construcciones, siguiendo las especificaciones de la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41053 (ASTM C-1064). El equipo que se utilizó fue un termómetro con una precisión de  $\pm 2^{\circ}\text{F}$ ; se colocó dentro de una porción de mezcla mayor a 3 pulgadas alrededor del vástago y sensor del termómetro; luego se esperó hasta que la lectura del termómetro se estabilizara, aproximadamente 2 minutos; y se registró el resultado obtenido.

Figura 6. Escuela primaria aldea Chanchán, medición de temperatura



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.

Figura 7. **Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, medición de temperatura**



Fuente: escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.

Figura 8. **Escuela primaria aldea La Palma, medición de temperatura**



Fuente: escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.

Tabla III. **Resumen de resultados del ensayo de temperatura**

| <b>Obra</b>                            | <b>Resultado °C</b> | <b>Resultado °F</b> |
|--|---------------------|---------------------|
| Escuela primaria aldea Chanchán        | 23.3 °C             | 74 °F               |
| Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote | 22.7 °C             | 73 °F               |
| Escuela primaria aldea La Palma        | 23.8 °C             | 75 °F               |

Fuente: elaboración propia

#### **4.4. Resultados de asentamiento**

Este ensayo se realizó *in situ* a tres construcciones, según las especificaciones de la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41052 (ASTM C-143). El equipo que se utilizó fue un cono de revenimiento de metal, un apisonador de metal de Ø 5/8" con una punta de forma esférica, una placa de metal con superficie plana, rígida y no absorbente y una cinta métrica. La prueba no duró más de 2 1/2 minutos.

El procedimiento para realizar el ensayo fue el siguiente:

- Se humedeció el molde y se colocó sobre una superficie plana, rígida y no absorbente. Se detuvo el molde colocándose de pie sobre sus estribos y evitando así que el molde tuviera algún tipo de movimiento.
- Se procedió a llenar el molde con un cucharón en 3 capas de aproximadamente 1/3 de volumen cada una.
- Cada capa se apisonó 25 veces uniformemente. Se emparejó la tercera capa de concreto mediante enrase y rodamiento de la varilla de apisonamiento, luego se limpió el área que rodea la base del molde.
- Inmediatamente se retiró el molde, levantándolo cuidadosamente en dirección vertical en un tiempo aproximado de 5 segundos.

- De inmediato se midió el asentamiento.

El resultado que se esperaba debería estar en un rango de 3 a 4 pulgadas.

Figura 9. **Escuela primaria aldea Chanchán, medición de asentamiento**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.



**Figura 10. Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, medición de Asentamiento**



Fuente: escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.

**Figura 11. Escuela primaria aldea La Palma, medición de asentamiento**



Fuente: escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.

Tabla IV. **Resumen de resultados del ensayo de asentamiento**

| <b>Obra</b>                            | <b>Resultado</b> |
|--|------------------|
| Escuela primaria aldea Chanchán        | 3"               |
| Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote | 4"               |
| Escuela primaria aldea La Palma        | 2"               |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. **Resultados de peso unitario**

Este ensayo se realizó *in situ* a tres construcciones según las especificaciones de la Norma NTG 41017 h5 (ASTM C-138). El equipo que se utilizó fue una tara de metal con una capacidad de 7 litros (0,007 m<sup>3</sup>), un apisonador de metal de Ø 5/8" con una punta de forma esférica y una pesa con precisión de 1 libra y capacidad de 200 libras. La consolidación del concreto se realizó a través de 3 capas y 25 apisonamientos, así como también vibración externa con un martillo de goma. El peso de la tara vacía fue de 28 libras.

Figura 12. **Escuela primaria aldea Chanchán, medición de peso volumétrico**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.

El peso final de la tara más concreto fue de 61 libras.

*Peso neto del concreto = Peso final (tara+concreto) - peso de tara vacía*

$$\text{Peso neto del concreto} = \frac{62 \text{ lb}}{2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}} - \frac{28 \text{ lb}}{2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}} = 15,4 \text{ kg}$$

$$\text{Peso volumétrico del concreto fresco} = \frac{\text{peso neto del concreto (kg)}}{\text{volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Peso volumétrico del concreto fresco} = \frac{15,4 \text{ kg}}{0,007 \text{ m}^3} = 2\,203,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Figura 13. **Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, medición de peso volumétrico**



Fuente: escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.

El peso final de la tara más concreto fue de 60 libras.

*Peso neto del concreto = Peso final (tara+concreto) - peso de tara vacía*

$$\text{Peso neto del concreto} = \frac{60 \text{ lb}}{2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}} - \frac{28 \text{ lb}}{2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}} = 14,5 \text{ kg}$$

$$\text{Peso volumétrico del concreto fresco} = \frac{\text{peso neto del concreto (kg)}}{\text{volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Peso volumétrico del concreto fresco} = \frac{14,5 \text{ kg}}{0,007 \text{ m}^3} = 2\,073,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Figura 14. **Escuela primaria aldea La Palma, medición de peso volumétrico**



Fuente: escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.

El peso final de la tara más concreto fue de 64 libras.

*Peso neto del concreto = Peso final (tara+concreto) - peso de tara vacía*

$$\text{Peso neto del concreto} = \frac{64 \text{ lb}}{2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}} - \frac{28 \text{ lb}}{2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}} = 16,3 \text{ kg}$$

$$\text{Peso volumétrico del concreto fresco} = \frac{\text{peso neto del concreto (kg)}}{\text{volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Peso volumétrico del concreto fresco} = \frac{16,3 \text{ kg}}{0,007 \text{ m}^3} = 2\,332,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla V. **Resumen de resultados del ensayo de peso volumétrico**

| <b>Obra</b>                            | <b>Resultado</b>          |
|--|---------------------------|
| Escuela primaria aldea Chanchán        | 2 203,1 kg/m <sup>3</sup> |
| Escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote | 2 073,5 kg/m <sup>3</sup> |
| Escuela primaria aldea La Palma        | 2 332,7 kg/m <sup>3</sup> |

Fuente: elaboración propia.



## 5. ENSAYOS DE LABORATORIO

En los siguientes incisos se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados tanto a los agregados fino y grueso de las tres construcciones en estudio.

### 5.1. Tabulación de resultados obtenidos

El procedimiento de los ensayos está descrito por las normas mencionadas en los capítulos anteriores. Conforme a lo estipulado por las normas se procedió a realizar los ensayos requeridos para determinar la calidad de las muestras de material de agregado para concreto.

#### 5.1.1. Agregado fino

El agregado fino utilizado en las construcciones en estudio es proveniente del banco Quebrada San Juan que se ubica en la quebrada del mismo nombre; se extrae del cruce de la carretera hacia la aldea San Jorge y comunica al arrio la Fragua. Se ubica geológicamente en una unidad formada por el arrastre de sedimentos de la quebrada. Está compuesto básicamente por minerales de sílice (cuarzo) aproximadamente en un 80 por ciento.<sup>1</sup>

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de las propiedades físicas de los agregados finos que se utilizaron para fabricar

---

<sup>1</sup> SANTIZO MAZARIEGOS, Augusto Antonio. *Análisis de calidad de los agregados para concreto utilizados en ciudades en crecimiento de la república de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Ingeniería: 2013, 127 p.

concreto en tres construcciones locales. Debido a que se ensayaron tres muestras de agregado fino, cada una de ellas se identifica como: aldea Chanchán, aldea Nuevo Sunzapote y aldea La Palma. Los resultados de granulometría se pueden observar en las tablas y están representados por la correspondiente curva.

#### 5.1.1.1. Resultados del ensayo granulométrico

A continuación, se presentan los resultados granulométricos y las características físicas de los agregados finos analizados para las tres construcciones en estudio.

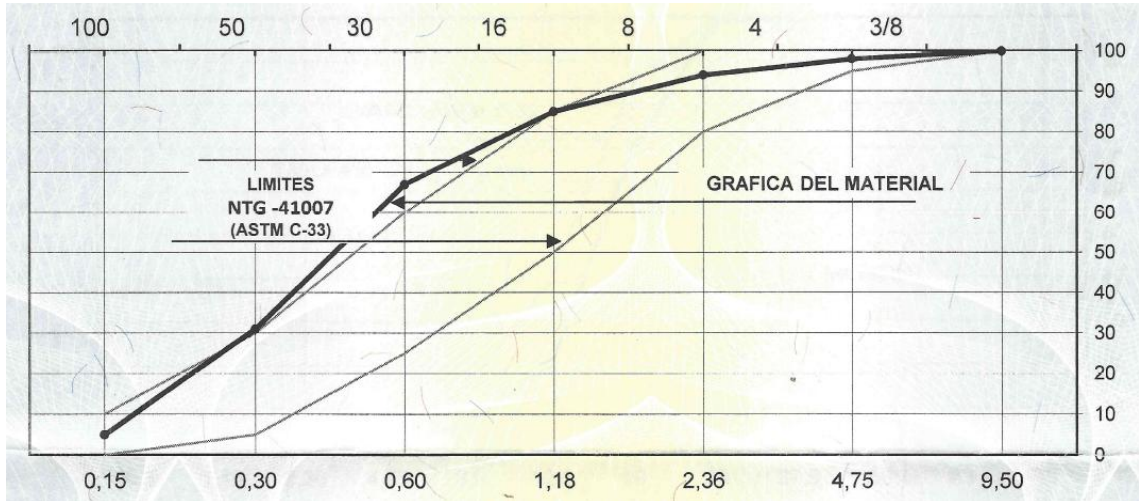
Tabla VI. **Granulometría de agregado fino aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

| Tamiz No. (en mm) | % Que pasa |
|-------------------|------------|
| 9,5               | 100,00     |
| 4,75              | 98,00      |
| 2,36              | 94,00      |
| 1,18              | 85,00      |
| 0,60              | 67,00      |
| 0,30              | 31,00      |
| 0,15              | 5,00       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



Figura 15. **Curva granulométrica de agregado fino aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla VII. **Características físicas del agregado fino de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

|   |          |
|---|----------|
| Peso específico                               | 2,22     |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 170,00 |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 120,00 |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 47,00    |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 4,80     |
| Contenido de materia orgánica                 | 4,00     |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 1,20     |
| Retenido tamiz 6.35 (%)                       | 1,60     |
| Módulo de finura                              | 2,20     |

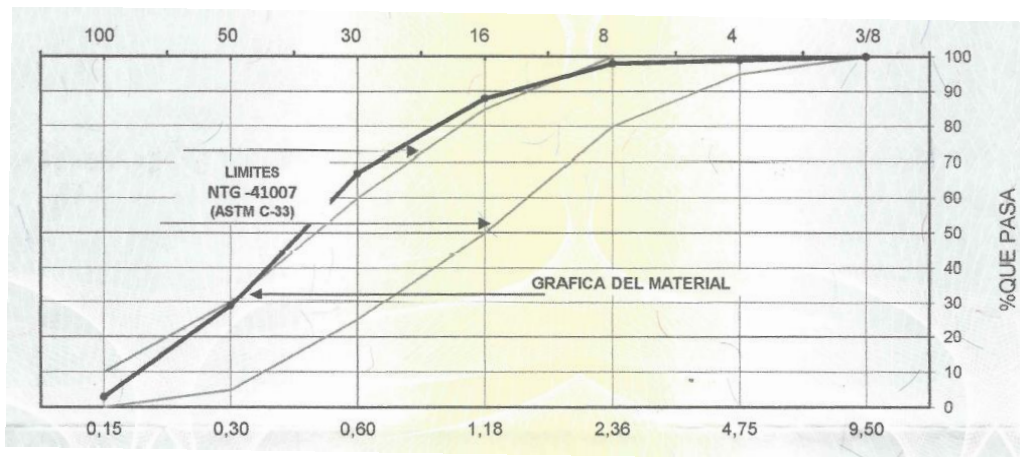
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla VIII. **Granulometría de agregado fino aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

| Tamiz No. (en mm) | % Que pasa |
|-------------------|------------|
| 9,50              | 100,00     |
| 4,75              | 99,00      |
| 2,36              | 98,00      |
| 1,18              | 88,00      |
| 0,30              | 67,00      |
| 0,30              | 29,00      |
| 0,15              | 3,00       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 16. **Curva granulométrica de agregado fino aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla IX. **Características físicas del agregado fino de aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

|   |          |
|---|----------|
| Peso específico                               | 2,27     |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 210,00 |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 120,00 |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 47,00    |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 5,20     |
| Contenido de materia orgánica                 | 4,00     |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 0,70     |
| Retenido tamiz 6.35 (%)                       | 3,10     |
| Módulo de finura                              | 2,16     |

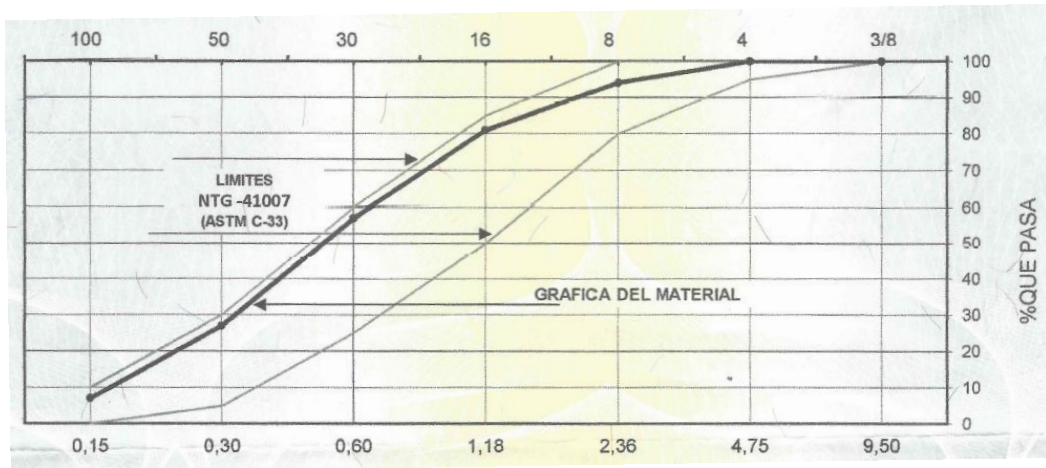
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla X. **Granulometría de agregado fino aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

| Tamiz No. (en mm) | % Que pasa |
|-------------------|------------|
| 9,50              | 100,00     |
| 4,75              | 100,00     |
| 2,36              | 94,00      |
| 1,18              | 81,00      |
| 0,60              | 57,00      |
| 0,30              | 27,00      |
| 0,15              | 7,00       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 17. **Curva granulométrica de agregado fino aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XI. **Características físicas del agregado fino de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

|   |          |
|---|----------|
| Peso específico                               | 2,19     |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 280,00 |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 200,00 |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 42,00    |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 6,70     |
| Contenido de materia orgánica                 | 3,00     |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 2,30     |
| Retenido tamiz 6.35 (%)                       | 0,00     |
| Módulo de finura                              | 2,34     |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XII. **Resumen de resultados de las características físicas de agregado fino**

| Ensayo  | Aldea Chanchán            | Aldea Nuevo Sunzapote | Aldea La Palma | Límites de aceptación NTG 41010-h1 |
|---|---------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|
|   | (Banco Quebrada San Juan) |                       |                |                                    |
| Peso específico                               | 2,22                      | 2,27                  | 2,19           | 2,40 - 2,80                        |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 170,00                  | 1 210,00              | 1 280,00       | 1 200 - 1 600                      |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 120,00                  | 1 120,00              | 1 200,00       | 1 200 - 1 600                      |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 47,00                     | 47,00                 | 42,00          | 40% - 50%                          |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 4,80                      | 5,20                  | 6,70           | 0,2% - 2%                          |
| Contenido de materia orgánica                 | 4,00                      | 4,00                  | 3,00           | 3                                  |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 1,20                      | 0,70                  | 2,30           | No mayor a 5%                      |
| Retenido tamiz 6.35 (%)                       | 1,60                      | 3,10                  | 0,00           | No aplica                          |
| Módulo de finura                              | 2,20<br>Muy fina          | 2,16<br>Muy fina      | 2,34<br>Fina   | 2,3 - 3,1                          |

Fuente: elaboración propia.

Se analizará si el resultado obtenido durante el ensayo de granulometría a las muestras obtenidas de cada construcción en estudio cumple con los límites especificados en la Norma NTG 41010-h1 (ASTM C-136) y con esto se podrá concluir si el material era apto para el uso que se le dio.

- Aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa: la granulometría encontrada según la norma para cada uno de los tamices se encuentra en el límite de lo establecido por la norma, ya que posee exceso en el tamiz No. 30 y No. 50; este último puede dar problemas con la manejabilidad de la mezcla debido a que se ha demostrado que agregados con un módulo de finura menor a 2,3 pueden generar una mezcla con consistencia pegajosa, haciéndola difícil de compactar. En función de los resultados se puede determinar que el agregado fino que se utilizó en esta

construcción se puede clasificar como muy fino, ya que su módulo de finura es cercano al límite mínimo permisible por la Norma NTG 41007 (ASTM C-33); sí se recomienda para diseños de mezclas de mortero y concreto.

- Aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo Zacapa: según los límites especificados en la Norma NTG 41007 (ASTM C-33) la granulometría determinada en los ensayos es muy fina, ya que su módulo de finura está fuera de los límites establecidos, pues posee un exceso en el tamiz No. 16 y No. 30. Por lo anterior no se recomienda utilizar el material como agregado para concreto, únicamente para mortero.
- Aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa: la granulometría encontrada se determina dentro de los parámetros establecidos por la Norma NTG 41007 (ASTM C-33); se puede clasificar como fino ya que su módulo de finura es cercano al límite mínimo permisible; por lo tanto, sí se recomienda para ser utilizado como agregado para concreto.

#### **5.1.1.2. Resultados del contenido de humedad**

La humedad de los agregados está compuesta por humedad de saturación y humedad superficial o libre. Para corregir el peso del material en las mezclas, se obtiene el porcentaje de humedad contenida, además del porcentaje de absorción del agregado.

El porcentaje de humedad se determina con base en la Norma NTG 41010-h19 (ASTM C-566).

Tabla XIII. **Porcentaje de humedad**

| <b>Ensayo</b> | <b>Aldea Chanchán</b> | <b>Aldea Nuevo Sunzapote</b> | <b>Aldea La Palma</b> | <b>Límites de aceptación NTG 41010-h19</b> |
|---------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|--|
| Humedad       | 0,34                  | 0,84                         | 0,68                  | 2% - 6%                                    |

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1.3. **Resultados del contenido de materia orgánica**

Según la Norma NTG 41010-h4 (ASTM C-40) cuando una muestra de agregado fino sometida al ensayo de impurezas orgánicas produce un color que no está especificado en dicha norma, se debe considerar que posiblemente contiene materia orgánica perjudicial y debe ser rechazado. Los resultados del ensayo son los siguientes:

Tabla XIV. **Resumen de resultados de materia orgánica**

| <b>Ensayo</b>                 | <b>Aldea Chanchán</b> | <b>Aldea Nuevo Sunzapote</b> | <b>Aldea La Palma</b> | <b>Límites de aceptación NTG 41010-h4</b> |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|---|
| Contenido de materia orgánica | 4,00                  | 4,00                         | 3,00                  | 3,00                                      |

Fuente: elaboración propia.

Por los resultados mostrados en la tabla XIV se puede concluir que únicamente los agregados utilizados en la construcción de la aldea La Palma están dentro de los límites establecidos por la norma y se encuentran en el límite permisible.

#### 5.1.1.4. Resultados del contenido de peso específico

El límite de peso específico según Norma NTG 41010-h9 (ASTM C-128) para agregado fino natural se encuentra entre 2.4 y 2.9, los resultados obtenidos de las muestras de las tres construcciones en estudio son los siguientes:

Tabla XV. Resumen de resultados de peso específico

| Ensayo          | Aldea Chanchán | Aldea Nuevo Sunzapote | Aldea La Palma | Límites de aceptación NTG 41010-h1 |
|-----------------|----------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|
| Peso específico | 2,56           | 2,66                  | 2,68           | 2,40 - 2,80                        |

Fuente: elaboración propia.

Por los resultados mostrados en la tabla XV se puede concluir que ninguna de las tres muestras se encuentra dentro del límite establecido.

#### 5.1.2. Agregado grueso

El agregado grueso de las construcciones en estudio es proveniente del banco Piedritecu que se localiza en el kilómetro 122 de la carretera CA-9 Interoceánica que comunica al municipio de Teculután y de Zacapa hacia el Atlántico. El agregado grueso está formado por grava triturada, este material consiste principalmente de bloques de caliza, las rocas están clasificadas como rocas sedimentarias carbonáticas. Sus componentes son la calcita y dolomitas.

El banco Piedritecu es el más grande en el departamento de Zacapa, y suministra a la mayoría de los proveedores de agregado grueso.



A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de las características físicas de los agregados gruesos que se utilizan para fabricar concreto en tres construcciones locales. Debido a que se ensayaron tres muestras de agregado fino, cada una de ellas se identifica como: aldea Chanchán, aldea Nuevo Sunzapote y aldea La Palma. Los resultados de granulometría se pueden observar en las tablas y están representados por la correspondiente curva.

#### 5.1.2.1. Resultados del ensayo granulométrico

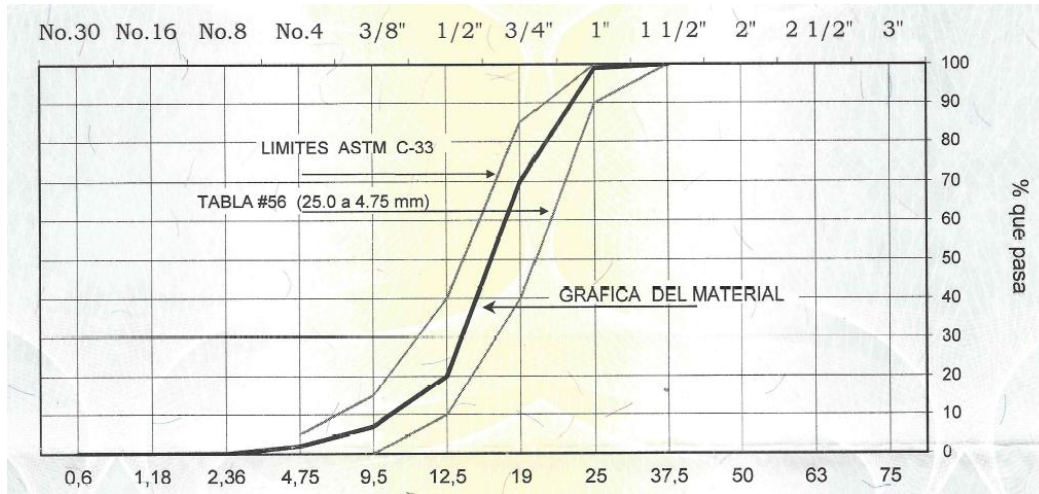
A continuación, se presentan los resultados granulométricos y las características físicas de los agregados gruesos analizados para las tres construcciones en estudio.

Tabla XVI. **Granulometría de agregado grueso aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

| Tamiz No. | % Que pasa |
|-----------|------------|
| 1 1/2"    | 100,00     |
| 1"        | 99,00      |
| 3/4"      | 70,00      |
| 1/2"      | 20,00      |
| 3/8"      | 7,00       |
| No. 4     | 2,00       |
| No. 8     | 0,00       |
| No. 16    | 0,00       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 18. **Curva granulométrica de agregado grueso aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XVII. **Características físicas del agregado grueso de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

|   |          |
|---|----------|
| Peso específico                               | 2,56     |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 380,00 |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 290,00 |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 3,70     |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 0,50     |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 46,00    |
| Módulo de finura                              | 7,21     |

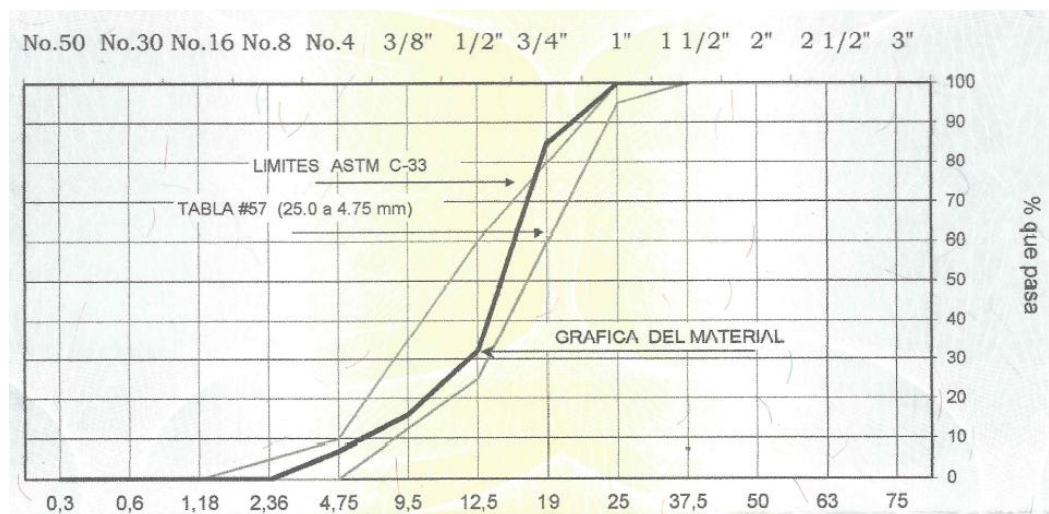
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XVIII. **Granulometría de agregado grueso aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

| Tamiz No. | % Que pasa |
|-----------|------------|
| 1 1/2"    | 100,00     |
| 1"        | 100,00     |
| 3/4"      | 85,00      |
| 1/2"      | 32,00      |
| 3/8"      | 16,00      |
| No. 4     | 7,00       |
| No. 8     | 0,00       |
| No. 16    | 0,00       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 19. **Curva granulométrica de agregado grueso aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XIX. **Características físicas del agregado grueso de aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

|   |          |
|---|----------|
| Peso específico                               | 2,66     |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 460,00 |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 340,00 |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 0,50     |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 1,50     |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 45,00    |
| Módulo de finura                              | 6,92     |

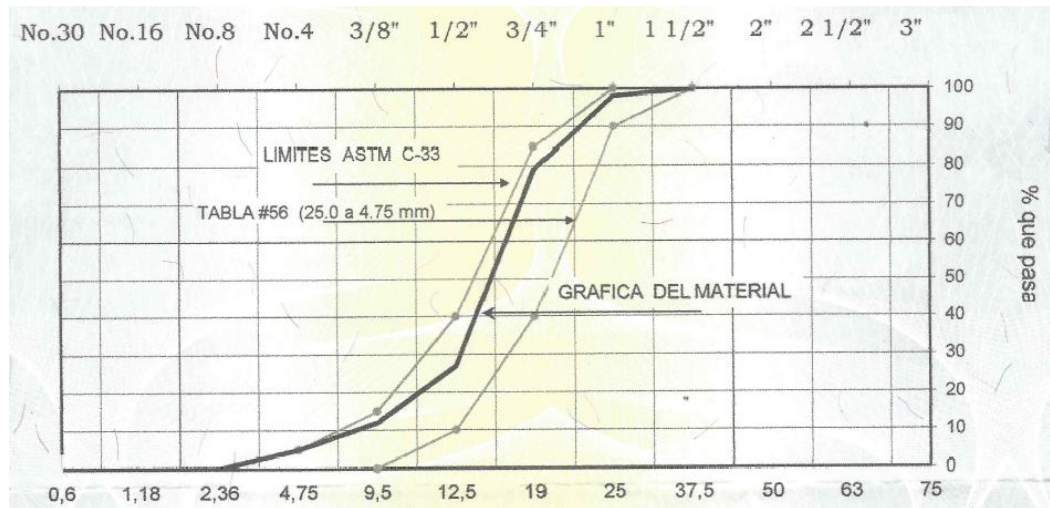
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XX. **Granulometría de agregado grueso aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

| Tamiz No. | % Que pasa |
|-----------|------------|
| 1 1/2"    | 100,00     |
| 1"        | 98,00      |
| 3/4"      | 79,00      |
| 1/2"      | 27,00      |
| 3/8"      | 12,00      |
| No. 4     | 5,00       |
| No. 8     | 0,00       |
| No. 16    | 0,00       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 20. **Curva granulométrica de agregado grueso aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXI. **Características físicas del agregado grueso de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

|   |          |
|---|----------|
| Peso específico                               | 2,68     |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 470,00 |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 390,00 |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 0,40     |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 0,20     |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 45,00    |
| Módulo de finura                              | 7,04     |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXII. **Resumen de resultados de características físicas de agregado grueso**

| Ensayo  | Aldea Chanchán     | Aldea Nuevo Sunzapote | Aldea La Palma | Límites de aceptación NTG 41010-h1 |
|---|--------------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|
|   | (Banco Piedritecu) |                       |                |                                    |
| Peso específico                               | 2,56               | 2,66                  | 2,68           | 2,40 - 2,80                        |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 380,00           | 1 460,00              | 1 470,00       | 1 200 - 1 750                      |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 290,00           | 1 340,00              | 1 390,00       | 1 200 - 1 750                      |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 3,70               | 0,50                  | 0,40           | 0,2% - 4%                          |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 0,50               | 1,50                  | 0,20           | No aplica                          |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 46,00              | 45,00                 | 45,00          | 30% - 45%                          |
| Módulo de finura                              | 7,21               | 6,92                  | 7,04           | No aplica                          |

Fuente: elaboración propia.

Se analizará si el resultado obtenido durante el ensayo de granulometría al agregado cumple con los límites especificados en la Norma NTG 41010-h1 (ASTM C-136).

- Aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa: según los resultados obtenidos al realizar la granulometría, el agregado grueso utilizado en esta obra tiene un tamaño nominal de 1 1/2" y un tamaño máximo nominal de 3/4", se determina que el agregado está dentro de los parámetros que especifica la Norma NTG 41010-h1 (ASTM C-136); por lo cual sí se recomienda utilizar el material en las mezclas de concreto para la construcción.
- Aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo Zacapa: el tamaño nominal del agregado utilizado en esta construcción es de 1" y el tamaño máximo nominal es de 3/4", la granulometría encontrada cumple con los límites establecidos por la Norma NTG 41010-h1 (ASTM C-136), ya que posee

un exceso en el tamiz 9,5 mm y N.º 4. Por los resultados obtenidos se puede determinar que sí se recomienda para ser utilizado como agregado para concreto, pues tiene buena graduación.

- Aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa: según el ensayo de granulometría, este agregado tiene un tamaño nominal de 1 ½” y un tamaño máximo nominal de 3/4”; según los límites establecidos por la norma, la granulometría encontrada sí cumple con los parámetros requeridos. Por lo tanto, sí cumple para ser utilizado en mezclas de concreto.

#### 5.1.2.2. Resultados del ensayo de porcentaje de absorción

La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. En esta condición se hacen los cálculos de dosificación para elaborar la mezcla de concreto. Sin embargo, el agregado puede tener cualquier contenido de humedad.

Tabla XXIII. Resumen de resultados de absorción

| Ensayo                      | Aldea Chanchán | Aldea Nuevo Sunzapote | Aldea La Palma | Límites de aceptación NTG 41010-h8 |
|-----------------------------|----------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|
| Porcentaje de absorción (%) | 3,70           | 0,50                  | 0,40           | 0,2% - 4%                          |

Fuente: elaboración propia.

Los agregados gruesos generalmente tienen niveles de absorción que varían del 0,2 % al 4 %; por lo tanto, se concluye que las tres construcciones en

estudio tienen un porcentaje de absorción que está dentro del rango permisible y sí cumple con la Norma NTG 41010-h8 (ASTM C-127).

### 5.1.2.3. Resultados del ensayo de peso específico

La densidad o masa específica de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen de ese cuerpo. Si en lugar de tomar la masa de un cuerpo se toma su peso, se tiene lo que se conoce como peso específico.

Tabla XXIV. Resumen del ensayo de peso específico

| Ensayo          | Aldea Chanchán | Aldea Nuevo Sunzapote | Aldea La Palma | Límites de aceptación NTG 41010-h1 |
|-----------------|----------------|-----------------------|----------------|------------------------------------|
| Peso específico | 2,56           | 2,66                  | 2,68           | 2,40 - 2,80                        |

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.2.4. Resultados del ensayo de abrasión e impacto

A continuación se presentan los resultados obtenidos del ensayo de abrasión al agregado grueso obtenido como muestra de material utilizado en tres construcciones locales.

Tabla XXV. Ensayo de abrasión de aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa

|   |           |
|---|-----------|
| Graduación                                      | "B"       |
| Desgaste (%)                                    | 42,00     |
| Límites de aceptación (% de desgaste) NTG 41007 | 30% - 40% |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



Tabla XXVI. **Ensayo de abrasión de aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

|  |           |
|--|-----------|
| Graduación   | "B"       |
| Desgaste (%)   | 23,00     |
| <b>Límites de aceptación (% de desgaste) NTG 41007</b> | 30% - 40% |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXVII. **Ensayo de abrasión de aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

|  |           |
|--|-----------|
| Graduación   | "B"       |
| Desgaste (%)   | 23,40     |
| <b>Límites de aceptación (% de desgaste) NTG 41007</b> | 30% - 40% |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Se analiza el resultado del porcentaje de desgaste que resultó de los ensayos en laboratorio realizados a una muestra de agregado grueso contra la Norma NTG 41007 (ASTM C-33) la cual establece que el desgaste no debe ser menor a 30 % ni mayor al 40 %; por lo tanto, está dentro de lo exigido por la norma, se cuenta con un material con dureza y tenacidad apto para concreto estructural.

Tabla XXVIII. **Resumen de resultados del ensayo de abrasión e impacto**

| <b>Abrasión</b>       | <b>Graduación</b> | <b>Desgaste (%)</b> | <b>Resultado</b> |
|-----------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Aldea Chanchán        | "B"               | 42,00               | No cumple        |
| Aldea Nuevo Sunzapote | "B"               | 23,00               | Sí cumple        |
| Aldea La Palma        | "B"               | 23,40               | Sí cumple        |

Fuente: elaboración propia.

### **5.1.3. Mezclas de concreto**

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto diseñada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada. Estos se pueden utilizar para fines de control de calidad o aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de formaletas o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

### **5.2. Resultados de resistencia a compresión a 3, 7, 14 y 28 días**

Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión a muestras de concreto de las tres construcciones en estudio: aldea Chanchán, aldea Nuevo Sunzapote y aldea La Palma.

Tabla XXIX. **Tabla de resultados del ensayo a compresión para cilindros de concreto, aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE FUNDICIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN | PESO en kg | DIÁMETRO en cm | ALTURA en cm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------|---|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|------------------|
| 1                 | 99-9                     | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,535      | 10,155         | 20,353       | 31 500          | 17,30           | 2 510                           | B                |
| 2                 | 100-9                    | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,545      | 10,145         | 20,150       | 32 800          | 18,00           | 2 610                           | E                |
| 3                 | 101-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,515      | 10,155         | 20,170       | 43 600          | 23,90           | 3 470                           | E                |
| 4                 | 102-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,540      | 10,120         | 20,383       | 34 300          | 19,00           | 2 760                           | E                |
| 5                 | 103-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,530      | 10,195         | 20,223       | 33 800          | 18,40           | 2 670                           | D                |
| 6                 | 104-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,580      | 10,155         | 20,263       | 33 000          | 18,10           | 2 630                           | A                |
| 7                 | 105-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,585      | 10,120         | 20,197       | 60 500          | 33,40           | 4 850                           | E                |
| 8                 | 106-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,575      | 10,120         | 20,277       | 60 500          | 33,40           | 4 850                           | E                |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXX. **Tabla de resultados del ensayo a compresión para cilindros de concreto, aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE FUNDICIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN | PESO en kg | DIÁMETRO en cm | ALTURA en cm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------|---|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|------------------|
| 1                 | 107-9                    | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,305      | 10,155         | 19,953       | 19 000          | 10,40           | 1 510                           | A                |
| 2                 | 108-9                    | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,350      | 10,155         | 19,943       | 19 100          | 10,50           | 1 520                           | E                |
| 3                 | 110-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,390      | 10,140         | 20,083       | 28 900          | 15,90           | 2 310                           | B                |
| 4                 | 111-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,330      | 10,085         | 19,987       | 24 500          | 13,60           | 1 970                           | B                |
| 5                 | 112-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,365      | 10,170         | 19,997       | 45 200          | 24,70           | 3 580                           | E                |
| 6                 | 113-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,355      | 10,195         | 20,087       | 48 600          | 26,50           | 3 850                           | A                |
| 7                 | 114-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,350      | 10,080         | 20,057       | 38 000          | 21,20           | 3 080                           | E                |
| 8                 | 115-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,375      | 10,115         | 20,083       | 40 000          | 22,10           | 3 210                           | C                |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXXI. **Tabla de resultados del ensayo a compresión para cilindros de concreto, aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE FUNDICIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN | PESO en kg | DIÁMETRO en cm | ALTURA en cm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/pig <sup>2</sup> | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------|---|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|------------------|
| 1                 | 28-10                    | 22/08/2015         | 31/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,545      | 10,130         | 20,550       | 25 000          | 13,80           | 2 000                           | B                |
| 2                 | 29-10                    | 22/08/2015         | 31/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,530      | 10,170         | 20,440       | 24 600          | 13,50           | 1 960                           | E                |
| 3                 | 30-10                    | 22/08/2015         | 07/09/2015       | 16           | Columnas                                | 3,520      | 10,135         | 20,327       | 27 700          | 15,30           | 2 220                           | E                |
| 4                 | 31-10                    | 22/08/2015         | 07/09/2015       | 16           | Columnas                                | 3,545      | 10,190         | 20,543       | 28 500          | 15,50           | 2 250                           | E                |
| 5                 | 32-10                    | 22/08/2015         | 14/09/2015       | 23           | Columnas                                | 3,540      | 10,125         | 20,443       | 31 000          | 17,10           | 2 480                           | C                |
| 6                 | 33-10                    | 22/08/2015         | 14/09/2015       | 23           | Columnas                                | 3,480      | 10,125         | 20,150       | 27 000          | 14,90           | 2 160                           | C                |
| 7                 | 34-10                    | 22/08/2015         | 21/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,490      | 10,135         | 20,360       | 28 900          | 15,90           | 2 310                           | B                |
| 8                 | 35-10                    | 22/08/2015         | 21/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,515      | 10,150         | 20,297       | 31 200          | 17,10           | 2 480                           | E                |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Se procede a realizar la interpretación de los resultados obtenidos durante el ensayo realizado bajo la Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39) para determinar si cumple con la resistencia última a compresión requerida en el diseño de las obras.

- Aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa: el agregado fino tiene un módulo de finura menor a 2,20 que es menor que 2,3; por lo tanto, no cumple con la Norma NTG 41007 (ASTM C-33) y se caracteriza como una arena con muchos finos, cuenta con un núm. de placa orgánica 4 el cual indica que tiene un alto contenido de materia orgánica. La granulometría del agregado grueso está dentro de los límites que exige la norma. En general los agregado finos y gruesos de esta construcción cumplen con 4 de 8 de los requisitos normados. Según los resultados obtenidos del

ensayo a compresión a cilindros de concreto en laboratorio se puede observar que el concreto muestreado in situ, si cumplió con la resistencia que se utilizó en el diseño la cual fue de 4000PSI. Por lo cual se puede determinar que la mezcla fue elaborada adecuadamente. Al realizar un análisis de los tipos de falla obtenidos se pudo observar que el tipo de fractura más frecuente fue tipo E.

- Aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo Zacapa: el módulo de finura del agregado fino utilizado de esta construcción es de 2,16; por lo tanto, no cumple con la Norma NTG 41007 (ASTM C-33) y se puede clasificar como una arena muy fina. El No. de placa orgánica de este agregado es 4, este valor excede el máximo permisible que es 3, por lo tanto, contiene mucha materia orgánica. La granulometría del agregado grueso de esta construcción cumple con los límites normados, esto se puede verificar en las gráficas que muestran la curva granulométrica. Los agregados finos y gruesos cumplen en general con 4 de 8 requisitos establecidos por las normas. Realizando una comparación de los resultados obtenidos del ensayo en laboratorio contra los porcentajes a diferentes edades se determinó que el concreto no cumplió con la resistencia esperada de 4000PSI. Por lo cual con el resultado anterior se determinó que la mezcla fue hecha de una manera incorrecta. El tipo de fractura más repetitiva que resultó al momento de realizar el ensayo fue la falta tipo E.
- Aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa: el agregado fino de esta construcción tiene un módulo de finura de 2,34 el cual si cumple con la Norma NTG 41007 (ASTM C-33); sin embargo, está cerca del mínimo que establece la norma. Este agregado cuenta con un No. de placa orgánica 3, que es el máximo permisible; por lo tanto, está dentro de lo normado. El agregado grueso cuenta con una granulometría apropiada con buena graduación. En general los agregados de esta obra cumplen con 7 de los 8 requisitos normados. Según los resultados obtenidos del ensayo de laboratorio a cilindros de concreto, se pudo determinar que el

concreto no cumplió con la resistencia usada en el diseño la cual fue de 4000PSI. Por lo cual se determinó que la mezcla no fue hecha adecuadamente. Del ensayo resultó que el tipo de fractura más frecuente fue el tipo E.

Se realizará una descripción de los tipos de diafragma de fallas de cilindros sometidos a compresión:

- Tipo A – cono: se observa cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado.
- Tipo B – cono y clivaje: se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa por deficiencias del material de cabeceo, rugosidades en las placas de carga.
- Tipo C – cono y ruptura: se observa cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias de paralelismo establecidas, o por ligeras desviaciones en el centro del espécimen para la aplicación de carga.
- Tipo D – corte: se observa comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentran en límite de tolerancia especificada o excediendo esta.
- Tipo E – columnar: Se observa en especímenes que presentan una superficie de carga convexa o convexidad en una de las placas de carga.

Tabla XXXII. **Resumen de resultados del ensayo a compresión de cilindros de concreto**

| No. Cilindro | Edad | Aldea Chanchán                  | Aldea Nuevo Sunzapote           | Aldea La Palma                  |
|--------------|------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|              |      | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> |
| 1            | 3    | 2 510                           | 1 510                           | 2 000                           |
| 2            | 3    | 2 610                           | 1 520                           | 1 960                           |
| 3            | 9    | 3 470                           | 2 310                           | 2 220                           |
| 4            | 9    | 2 760                           | 1 970                           | 2 250                           |
| 5            | 16   | 2 670                           | 3 580                           | 2 480                           |
| 6            | 16   | 2 630                           | 3 850                           | 2 160                           |
| 7            | 30   | 4 850                           | 3 080                           | 2 310                           |
| 8            | 30   | 4 850                           | 3 210                           | 2 480                           |

Fuente: elaboración propia.

### 5.2.1. Mezclas de mortero

Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de tensión y compresión a muestras de mortero de las tres construcciones en estudio: aldea Chanchán, aldea Nuevo Sunzapote y aldea La Palma.

#### 5.2.1.1. Resultados de resistencia a tensión

Es bien sabido que el mortero resiste bajas cargas a tensión, por lo cual este valor no tiene mayor trascendencia, ya que en los diseños estructurales siempre se asume que el concreto o mortero estará trabajando a compresión o incluso flexión si fuera el caso; pero en este caso específico es utilizado para unión de mampostería y para mejorar la apariencia de columnas, por lo cual estará trabajando únicamente a compresión.

Según la Norma NTG 41051, se puede determinar la tensión del mortero por el método de tensión indirecta. Este ensayo se realizó de manera equívoca y los resultados obtenidos no son representativos, por lo tanto, se omitieron.

### 5.2.1.2. Resultados de resistencia a compresión

A continuación se presentan los resultados obtenidos del ensayo a compresión de morteros de las tres obras en estudio. Los morteros fueron clasificados según la Norma NTG 41050 (ASTM C-270) de la siguiente manera, según su uso:

- Aldea Chanchán: interior, mortero para mampostería, muros de carga, mortero tipo N.
- Aldea Nuevo Sunzapote: interior, mortero para mampostería, muros de carga, mortero tipo N.
- Aldea La Palma: interior, mortero de sustitución para mejorar la apariencia de columnas, mortero tipo O.

Tabla XXXIII. **Tabla de resultados del ensayo a compresión de morteros, aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área [cm <sup>2</sup> ] | Carga [lbs] | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> |
|----------|------------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------------------|
| 1        | 06/02/2016       | 3            | 27,523                  | 8 500       | 13,70           | 1 990                           |
| 2        | 06/02/2016       | 3            | 27,250                  | 6 000       | 9,80            | 1 420                           |
| 3        | 06/02/2016       | 9            | 27,270                  | 10 300      | 16,80           | 2 440                           |
| 4        | 06/02/2016       | 9            | 27,500                  | 6 500       | 10,50           | 1 520                           |
| 5        | 06/02/2016       | 30           | 27,523                  | 11 200      | 18,10           | 2 630                           |
| 6        | 06/02/2016       | 30           | 28,068                  | 13 000      | 20,60           | 2 990                           |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



Tabla XXXIV. **Tabla de resultados del ensayo a compresión de morteros, aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área [cm <sup>2</sup> ] | Carga [lbs] | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> |
|----------|------------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------------------|
| 1        | 30/01/2016       | 3            | 27,324                  | 5 500       | 9,00            | 1 310                           |
| 2        | 30/01/2016       | 3            | 27,653                  | 5 200       | 8,40            | 1 220                           |
| 3        | 30/01/2016       | 9            | 27,540                  | 5 400       | 8,70            | 1 260                           |
| 4        | 30/01/2016       | 9            | 27,977                  | 10 600      | 16,80           | 2 440                           |
| 5        | 30/01/2016       | 30           | 29,120                  | 11 400      | 17,40           | 2 520                           |
| 6        | 30/01/2016       | 30           | 28,860                  | 6 500       | 10,00           | 1 450                           |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXXV. **Tabla de resultados del ensayo a compresión de morteros, aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área [cm <sup>2</sup> ] | Carga [lbs] | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> |
|----------|------------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------------------|
| 1        | 30/01/2016       | 3            | 25,806                  | 3 000       | 5,20            | 750                             |
| 2        | 30/01/2016       | 3            | 28,672                  | 2 600       | 4,00            | 580                             |
| 3        | 30/01/2016       | 9            | 27,030                  | 10 400      | 17,10           | 2 480                           |
| 4        | 30/01/2016       | 9            | 26,873                  | 9 000       | 14,90           | 2 160                           |
| 5        | 30/01/2016       | 30           | 26,265                  | 9 000       | 15,20           | 2 210                           |
| 6        | 30/01/2016       | 30           | 29,120                  | 8 500       | 13,00           | 1 890                           |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Se realizará un análisis sobre los resultados obtenidos del ensayo a compresión de los morteros y se verifica si cumple con los límites mínimos establecidos por la Norma NTG 41050 (ASTM C-270).

- Aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa: según el uso que se le daría al mortero que se ensayó, se clasificó según la Norma NTG 41050 (ASTM C-270), el tipo de mortero corresponde al N, el cual está clasificado para muros interiores de mampostería que soportan carga. La norma exige un esfuerzo mínimo de 5,2 Mpa para esta categoría, por lo cual se puede determinar que el mortero ensayado sí cumple.
- Aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo Zacapa: el tipo de mortero utilizado en esta construcción está clasificado dentro de la categoría N según la Norma NTG 41050 (ASTM C-270), ya que se utilizará para muros interiores de mampostería que soportan carga, según el esfuerzo mínimo exigido por la norma es de 5,2 Mpa, por lo cual el mortero sí cumple y puede ser utilizado.
- Aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa: el mortero correspondiente a esta construcción pertenece a la categoría O según la Norma NTG 41050 (ASTM C-270), el cual se utiliza para mejorar la integridad o la apariencia de las columnas. El esfuerzo mínimo que exige la norma es de 2,4 Mpa, por lo cual el mortero utilizado en esta construcción sí cumple con la norma.

Tabla XXXVI. **Resumen de resultados del ensayo a compresión de morteros**

| No. Cubo | Edad | Aldea Chanchán                  | Aldea Nuevo Sunzapote | Aldea La Palma |
|----------|------|---------------------------------|-----------------------|----------------|
|          |      | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> |                       |                |
| 1        | 3    | 1 990                           | 1 310                 | 750            |
| 2        | 3    | 1 420                           | 1 220                 | 580            |
| 3        | 9    | 2 440                           | 1 260                 | 2 480          |
| 4        | 9    | 1 520                           | 2 400                 | 2 160          |
| 5        | 30   | 2 630                           | 2 520                 | 2 210          |
| 6        | 30   | 2 990                           | 1 450                 | 1 890          |

Fuente: elaboración propia.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos de laboratorio serán analizados y comparados contra los requisitos mínimos que exigen las Normas Técnicas Guatemaltecas (NTG): Norma NTG 41007 (ASTM C-33), Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39) y Norma NTG 41050 (ASTM C-270), tanto agregados, como concreto y morteros. Y así poder determinar si los materiales cumplen con la calidad exigida en normas para fabricar concreto y morteros.

### 6.1. Análisis del ensayo de análisis completo de agregado fino según Norma NTG 41007 (ASTM C-33)

Se determinan las características físicas de los agregados finos en estudio si cumplen al realizar el ensayo según la Norma NTG 41007 (ASTM C-33).

Tabla XXXVII. **Características físicas de agregado fino, aldea Chanchán**

| Ensayo  | Resultado | Límites de aceptación NTG 41010-h1 | Análisis  |
|---|-----------|------------------------------------|-----------|
| Peso específico                               | 2,22      | 2,40 - 2,80                        | No cumple |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 170,00  | 1 200 - 1 600                      | No cumple |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 120,00  | 1 200 - 1 600                      | No cumple |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 47,00     | 40% - 50%                          | Sí cumple |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 4,80      | 0,2% - 2%                          | No cumple |
| Contenido de materia orgánica                 | 4,00      | 3                                  | No cumple |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 1,20      | No mayor a 5%                      | No aplica |
| Retenido tamiz 6.35 (%)                       | 1,60      | No aplica                          | No aplica |
| Módulo de finura                              | 2,20      | 2,3 - 3,1                          | No cumple |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXXVIII. **Características físicas de agregado fino, aldea Nuevo Sunzapote**

| Ensayo  | Resultado | Límites de aceptación NTG 41010-h1 | Análisis  |
|---|-----------|------------------------------------|-----------|
| Peso específico                               | 2,27      | 2,40 - 2,80                        | No cumple |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 210,00  | 1 200 - 1 600                      | Sí cumple |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 120,00  | 1 200 - 1 600                      | No cumple |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 47,00     | 40% - 50%                          | Sí cumple |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 5,20      | 0,2% - 2%                          | No cumple |
| Contenido de materia orgánica                 | 4,00      | 3                                  | No cumple |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 0,70      | No mayor a 5%                      | No aplica |
| Retenido tamiz 6.35 (%)                       | 3,10      | No aplica                          | No aplica |
| Módulo de finura                              | 2,16      | 2,3 - 3,1                          | No cumple |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XXXIX. **Características físicas de agregado fino, aldea La Palma**

| Ensayo  | Resultado | Límites de aceptación NTG 41010-h1 | Análisis  |
|---|-----------|------------------------------------|-----------|
| Peso específico                               | 2,19      | 2,40 - 2,80                        | No cumple |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 280,00  | 1 200 - 1 600                      | Sí cumple |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 200,00  | 1 200 - 1 600                      | Sí cumple |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 42,00     | 40% - 50%                          | Sí cumple |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 6,70      | 0,2% - 2%                          | No aplica |
| Contenido de materia orgánica                 | 3,00      | 3                                  | Sí cumple |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 2,30      | No mayor a 5%                      | No aplica |
| Retenido tamiz 6.35 (%)                       | 0,00      | No aplica                          | No aplica |
| Módulo de finura                              | 2,34      | 2,3 - 3,1                          | Sí cumple |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

**6.2. Análisis del ensayo de análisis completo de agregado grueso según Norma NTG 41007 (ASTM C-33)**

Se analizará si las características físicas de los agregados gruesos cumplen luego de realizar el ensayo según la Norma NTG 41007 (ASTM C-33).

**Tabla XL. Características físicas de agregado grueso, aldea Chanchán**

| <b>Ensayo</b>                                 | <b>Resultado</b> | <b>Límites de aceptación NTG 41010-h1</b> | <b>Análisis</b> |
|---|------------------|---|-----------------|
| Peso específico                               | 2,56             | 2,40 - 2,80                               | Si cumple       |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 380,00         | 1 200 - 1 750                             | Sí cumple       |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 290,00         | 1 200 - 1 750                             | Sí cumple       |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 3,70             | 0,2% - 4%                                 | Sí cumple       |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 0,50             | No aplica                                 | No aplica       |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 46,00            | 30% - 45%                                 | No cumple       |
| Módulo de finura                              | 7,21             | No aplica                                 | No aplica       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

**Tabla XLI. Características físicas de agregado grueso, aldea Nuevo Sunzapote**

| <b>Ensayo</b>                                 | <b>Resultado</b> | <b>Límites de aceptación NTG 41010-h1</b> | <b>Análisis</b> |
|---|------------------|---|-----------------|
| Peso específico                               | 2,66             | 2,40 - 2,80                               | Sí cumple       |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 460,00         | 1 200 - 1 750                             | Sí cumple       |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 340,00         | 1 200 - 1 750                             | Sí cumple       |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 0,50             | 0,2% - 4%                                 | Sí cumple       |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 1,50             | No aplica                                 | No aplica       |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 45,00            | 30% - 45%                                 | Sí cumple       |
| Módulo de finura                              | 6,92             | No aplica                                 | No aplica       |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla XLII. **Características físicas de agregado grueso, aldea La Palma**

| Ensayo  | Resultado | Límites de aceptación NTG 41010-h1 | Análisis  |
|---|-----------|------------------------------------|-----------|
| Peso específico                               | 2,68      | 2,40 - 2,80                        | Sí cumple |
| Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> ) | 1 470,00  | 1 200 - 1 750                      | Sí cumple |
| Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )     | 1 390,00  | 1 200 - 1 750                      | Sí cumple |
| Porcentaje de absorción (%)                   | 0,40      | 0,2% - 4%                          | Sí cumple |
| Pasa tamiz # 200 (%)                          | 0,20      | No aplica                          | No aplica |
| Porcentaje de vacíos (%)                      | 45,00     | 30% - 45%                          | Sí cumple |
| Módulo de finura                              | 7,04      | No aplica                          | No aplica |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

### 6.3. **Análisis del ensayo de abrasión según Norma NTG 41007 (ASTM C-33)**

A continuación se muestra el resultado del porcentaje de desgaste de los ensayos en laboratorio contra los límites especificados en la Norma NTG 41007 (ASTM C-33), los cuales indican que no debe ser menor del 30 % ni mayor del 40 %.

Tabla XLIII. **Resumen de resultados del ensayo de abrasión e impacto**

| Abrasión              | Graduación | Desgaste (%) | Resultado |
|-----------------------|------------|--------------|-----------|
| Aldea Chanchán        | "B"        | 42,00        | No cumple |
| Aldea Nuevo Sunzapote | "B"        | 23,00        | Sí cumple |
| Aldea La Palma        | "B"        | 23,40        | Sí cumple |

Fuente: elaboración propia.

**6.4. Análisis del ensayo de resistencia a la compresión en cilindros de concreto según la Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39)**

En esta sección se analiza si el resultado obtenido durante el ensayo realizado bajo la Norma NTG 41017 h1 (ASTM C-39) cumplió con la resistencia última a compresión requerida en el diseño de las obras.

Tabla XLIV. **Análisis de resistencia a compresión en cilindros de concreto de Aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

| No. Cilindros | Edad | Aldea Chanchán                  | % Deseado | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> Deseada | NTG 41017 h1 |
|---------------|------|---------------------------------|-----------|---|--------------|
|               |      | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> |           |   |              |
| 1             | 3    | 2 510                           | 40        | 1600                                    | Sí cumple    |
| 2             | 3    | 2 610                           | 40        | 1600                                    | Sí cumple    |
| 3             | 9    | 3 470                           | 65        | 2600                                    | Sí cumple    |
| 4             | 9    | 2 760                           | 65        | 2600                                    | Sí cumple    |
| 5             | 16   | 2 670                           | 90        | 3600                                    | No cumple    |
| 6             | 16   | 2 630                           | 90        | 3600                                    | No cumple    |
| 7             | 30   | 4 850                           | 99        | 4000                                    | Sí cumple    |
| 8             | 30   | 4 850                           | 99        | 4000                                    | Sí cumple    |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLV. Análisis de resistencia a compresión en cilindros de concreto de Aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

| No. Cubo | Edad | Aldea Nuevo Sunzapote           | % Deseado | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> Deseada | NTG 41017 h1 |
|----------|------|---------------------------------|-----------|---|--------------|
|          |      | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> |           |   |              |
| 1        | 3    | 1 510                           | 40        | 1600                                    | No cumple    |
| 2        | 3    | 1 520                           | 40        | 1600                                    | No cumple    |
| 3        | 9    | 2 310                           | 65        | 2600                                    | No cumple    |
| 4        | 9    | 1 970                           | 65        | 2600                                    | No cumple    |
| 5        | 16   | 3 580                           | 90        | 3600                                    | No cumple    |
| 6        | 16   | 3 850                           | 90        | 3600                                    | No cumple    |
| 7        | 30   | 3 080                           | 99        | 4000                                    | No cumple    |
| 8        | 30   | 3 210                           | 99        | 4000                                    | No cumple    |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLVI. Análisis de resistencia a compresión en cilindros de concreto de Aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

| No. Cubo | Edad | Aldea La Palma                  | % Deseado | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> Deseada | NTG 41017 h1 |
|----------|------|---------------------------------|-----------|---|--------------|
|          |      | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> |           |   |              |
| 1        | 3    | 2 000                           | 40        | 1600                                    | Sí cumple    |
| 2        | 3    | 1 960                           | 40        | 1600                                    | Sí cumple    |
| 3        | 9    | 2 220                           | 65        | 2600                                    | No cumple    |
| 4        | 9    | 2 250                           | 65        | 2600                                    | No cumple    |
| 5        | 16   | 2 480                           | 90        | 3600                                    | No cumple    |
| 6        | 16   | 2 160                           | 90        | 3600                                    | No cumple    |
| 7        | 30   | 2 310                           | 99        | 4000                                    | No cumple    |
| 8        | 30   | 2 480                           | 99        | 4000                                    | No cumple    |

Fuente: elaboración propia.



**6.5. Análisis del ensayo a compresión de morteros, según Norma NTG 41050 (ASTM C-270)**

Se determinará si los resultados obtenidos del ensayo cumplen con los requisitos mínimos que exige la norma.

Tabla XLVII. **Análisis de resistencia a compresión de morteros de Aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa**

| No. Cubo | Edad | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (lbs) | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> | Resistencia Mpa | Norma NTG 41050<br>Resistencia mínima (Mpa) |
|----------|------|-------------------------|-------------|---------------------------------|-----------------|---|
| 1        | 3    | 27,523                  | 8 500       | 1 990                           | 13,70           | 5,2   |
| 2        | 3    | 27,250                  | 6 000       | 1 420                           | 9,80            | 5,2   |
| 3        | 9    | 27,270                  | 10 300      | 2 440                           | 16,80           | 5,2   |
| 4        | 9    | 27,500                  | 6 500       | 1 520                           | 10,50           | 5,2   |
| 5        | 30   | 27,523                  | 11 200      | 2 630                           | 18,10           | 5,2   |
| 6        | 30   | 28,068                  | 13 000      | 2 990                           | 20,60           | 5,2   |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Análisis de resistencia a compresión de morteros de Aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa**

| No. Cubo | Edad | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (lbs) | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> | Resistencia Mpa | Norma NTG 41050 Resistencia mínima (Mpa) |
|----------|------|-------------------------|-------------|---------------------------------|-----------------|--|
| 1        | 3    | 27,324                  | 5 500       | 1 310                           | 9,00            | 5,2                                      |
| 2        | 3    | 27,653                  | 5 200       | 1 220                           | 8,40            | 5,2                                      |
| 3        | 9    | 27,540                  | 5 400       | 1 260                           | 8,70            | 5,2                                      |
| 4        | 9    | 27,977                  | 10 600      | 2 440                           | 16,80           | 5,2                                      |
| 5        | 30   | 29,120                  | 11 400      | 2 520                           | 17,40           | 5,2                                      |
| 6        | 30   | 28,860                  | 6 500       | 1 450                           | 10,00           | 5,2                                      |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Análisis de resistencia a compresión de mortero de Aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa**

| No. Cubo | Edad | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (lbs) | Resistencia lb/plg <sup>2</sup> | Resistencia Mpa | Norma NTG 41050 Resistencia mínima (Mpa) |
|----------|------|-------------------------|-------------|---------------------------------|-----------------|--|
| 1        | 3    | 25,806                  | 3 000       | 750                             | 5,20            | 2,4                                      |
| 2        | 3    | 28,672                  | 2 600       | 580                             | 4,00            | 2,4                                      |
| 3        | 9    | 27,030                  | 10 400      | 2 480                           | 17,10           | 2,4                                      |
| 4        | 9    | 26,873                  | 9 000       | 2 160                           | 14,90           | 2,4                                      |
| 5        | 30   | 26,265                  | 9 000       | 2 210                           | 15,20           | 2,4                                      |
| 6        | 30   | 29,120                  | 8 500       | 1 890                           | 13,00           | 2,4                                      |

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. La calidad de los agregados finos y gruesos utilizados en la producción de concreto y morteros de las obras de construcción en las aldeas Chanchán, Nuevo Sunzapote y La Palma del municipio de Río Hondo, Zacapa cuentan en general con las características físicas mínimas normadas y, por lo tanto, son adecuados para su uso estructural y en uniones de unidades de mampostería; lo cual se determinó por medio de ensayos *in situ* y en laboratorio realizados a las mezclas de concreto y mortero.
2. Todas las características físicas y propiedades mecánicas de los agregados pétreos influyen directamente en las propiedades de los componentes inertes de la mezcla de concreto y mortero. De los agregados finos y gruesos utilizados en la producción de concreto y mortero en el municipio de Río Hondo, Zacapa se pudo determinar que el agregado grueso cuenta en general con las características físicas y propiedades mecánicas favorables para su uso estructural; mientras que el agregado fino es de mala calidad y no cumple con las especificaciones mínimas normadas, lo cual se determinó por medio de ensayos *in situ* y en laboratorio.
3. Los resultados obtenidos para agregado fino indican que únicamente el agregado de la aldea La Palma cumple con las especificaciones de granulometría de la Norma NTG 41007 (ASTM C-33); los agregados finos de la aldea Chanchán y Nuevo Sunzapote no se encuentran dentro de los límites establecidos.

4. De acuerdo con las características físicas de los agregados gruesos, sí cumplen con la norma Norma NTG 41007 (ASTM C-33); ya que cuentan con una graduación adecuada dentro de los límites que exige la norma.
5. En cuanto a las propiedades mecánicas del agregado grueso, el desgaste en la máquina de los ángeles de la aldea Chanchán no cumple con el rango establecido, mientras el desgaste del agregado grueso de las aldeas Nuevo Sunzapote y La Palma sí se encuentra dentro del rango establecido en la norma, por lo cual sus características son aceptables.
6. En relación con la resistencia de diseño considerada para la dosificación teórica de mezclas, cuyos valores únicamente fueron alcanzados en los ensayos de compresión a cilindros de concreto a 28 días de edad en la aldea Chanchán, se concluye lo siguiente: sucedió debido a la mala graduación granulométrica natural de los agregados finos, al poco control de calidad que se tuvo al momento de realizar la mezcla y a las condiciones climáticas que se dieron el día de la fundición.
7. El resultado de resistencia a compresión de morteros obtenida de los ensayos en laboratorio resultó ser satisfactoria para las tres construcciones en estudio; se concluyó el agregado fino era favorable para realizar morteros.
8. No se tienen datos de dosificación para concreto y morteros, lo cual no permite afirmar o negar que la resistencia obtenida en este trabajo coincida con las especificaciones constructivas.

9. No se tienen datos de la resistencia de las unidades de mampostería utilizada que permitan establecer cierta relación con la resistencia obtenida de los morteros



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario que para cualquier obra civil donde se utilicen mezclas de concreto y mortero, se establezcan especificaciones que garanticen la calidad de los materiales, según normas, con el objetivo de garantizar la calidad y seguridad estructural y reducción de riesgos de las edificaciones.
2. Evitar utilizar un agregado fino con un índice de finura menor a 2,3 según lo normado, debido a que esto puede afectar con una mezcla poco manejable; además de bajar la resistencia del concreto por el incremento de agua que se debe colocar.
3. Utilizar agregados que estén dentro de los límites normados y que por sus características estén dentro de la curva granulométrica correspondiente a cada agregado, de esta manera se evitará utilizar agregados con muchos finos o muy gruesos.
4. Usar agregados finos y gruesos libres de materia orgánica y con una granulometría uniforme, con el fin de lograr que las mezclas de concreto y mortero alcancen una resistencia adecuada.
5. Es importante la supervisión de un profesional para controlar la calidad de concreto *in situ* debido al clima, pues existe riesgo de precipitaciones y la relación agua-cemento de la mezcla puede aumentar considerablemente y alterar el resultado de resistencia a compresión que se busca.





## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing Materials. *ASTM C-33-01: Standard Specification for Concrete Aggregates*. Estados Unidos de América: ASTM, 2001. 8 p.
2. \_\_\_\_\_. *ASTM C-39-01: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Estados Unidos de América: ASTM, 2001. 5 p.
3. \_\_\_\_\_. *ASTM C-40-04: Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*. Estados Unidos de América: ASTM, 2004. 2 p.
4. \_\_\_\_\_. *ASTM C-127-01: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*. Estados Unidos de América: ASTM, 2001. 6 p.
5. \_\_\_\_\_. *ASTM C-128-01: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*. Estados Unidos de América: ASTM, 2001. 6 p.
6. \_\_\_\_\_. *ASTM C-136-01: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. Estados Unidos de América: ASTM, 2001. 5 p.

7. \_\_\_\_\_. *ASTM C-138-01: Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*. Estados Unidos de América: ASTM, 2001. 4 p.
8. \_\_\_\_\_. *ASTM C-143-03: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. Estados Unidos de América: ASTM, 2003. 4 p.
9. \_\_\_\_\_. *ASTM C-144-03: Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*. Estados Unidos de América: ASTM, 2003. 2 p.
10. \_\_\_\_\_. *ASTM C-172-99: Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete*. Estados Unidos de América: ASTM, 1999. 6 p.
11. \_\_\_\_\_. *ASTM C-270-03: Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. Estados Unidos de América: ASTM, 2003. 13 p.
12. \_\_\_\_\_. *ASTM C-289-03: Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)*. Estados Unidos de América: ASTM, 2003. 8 p.
13. \_\_\_\_\_. *ASTM C-566-97: Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. Estados Unidos de América: ASTM, 1997. 3 p.
14. \_\_\_\_\_. *ASTM C-1064-03: Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete*. Estados Unidos de América: ASTM, 2003. 2 p.

15. \_\_\_\_\_. *ASTM D-75-03: Standard Practice for Sampling Aggregates*. Estados Unidos de América: ASTM, 2003. 5 p.
16. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Ministerio de Fomento. *Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams, 1 Rev.* Venezuela: COVENIN, 1994. 6 p.
17. Compendio de normas COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas); *NTG 41003-h4: Determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50mm (2 pulg) de lado*. Guatemala: COGUANOR, 2012. 26 p.
18. \_\_\_\_\_. *NTG 41007: Agregados para Concreto. Especificaciones*. Guatemala: COGUANOR, 2007. 24 p.
19. \_\_\_\_\_. *NTG 41009: Práctica para el muestreo de los agregados para concreto*. Guatemala: COGUANOR, 2009. 11 p.
20. \_\_\_\_\_. *NTG 41010-h1: Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. Guatemala: COGUANOR, 2010. 15 p.
21. \_\_\_\_\_. *NTG 41010-h4: Determinación de materia orgánica en los agregados finos para concreto*. Guatemala: COGUANOR, 2010. 8 p.
22. \_\_\_\_\_. *NTG 41010-h8: Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado grueso*. Guatemala: COGUANOR, 2010. 17 p.

23. \_\_\_\_\_. *NTG 41010-h9: Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado fino.* Guatemala: COGUANOR, 2010. 18 p.
24. \_\_\_\_\_. *NTG 41010-h13: Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método químico.* Guatemala: COGUANOR, 2012. 18 p.
25. \_\_\_\_\_. *NTG 41010-h21: Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño mayor de 19 mm, por abrasión e impacto en la Máquina de Los Ángeles.* Guatemala: COGUANOR, 2014. 10 p.
26. \_\_\_\_\_. *NTG 41050: Mortero de pega para unidades de mampostería. Especificaciones.* Guatemala: COGUANOR, 2012. 35 p.
27. \_\_\_\_\_. *NTG 41057: Práctica para el muestreo de concreto recién mezclado.* Guatemala: COGUANOR, 2010. 7 p.
28. \_\_\_\_\_. *NTG 41066: Guía para el aseguramiento de la calidad de los morteros de pega para unidades de mampostería.* Guatemala: COGUANOR, 2012. 8 p.
29. DE LA CRUZ HERNÁNDEZ, Francisco Sócrates, *Calidad de agregados para concreto de tres bancos, en el departamento de Santa Rosa.* Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, mayo 2010. 204 p.

30. MAYÉN MAYÉN, William Alfredo, *Análisis y caracterización física, mecánica, química y petrográfica de agregados de dos bancos del municipio de Palencia y uno del municipio de Sanarate*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, enero 2012. 120 p.
31. National Ready Mixed Concrete Association. *El concreto en la práctica ¿Qué, por qué y cómo?, CIP 35 – Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto*. Estados Unidos de América: NRMCA, 2010. 3 p.
32. \_\_\_\_\_. *CIP 41- Ensayo de aceptación del Concreto*. Estados Unidos de América: NRMCA, 2010. 3 p.
33. PCA, Portland Cement Association. *Diseño y control de mezclas de Concreto. 1a. ed.* México: Editorial Cheryl Taylor, 2004. 449 p.
34. POLANCO RODRÍGUEZ, Abraham, *Manual de prácticas de laboratorio de concreto*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, febrero 2010. 70 p.



## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Realización de mezcla de concreto en aldea Chanchán**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.

### Apéndice 2. **Agregado grueso en aldea Chanchán**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 3. **Agregado fino en aldea Chanchán**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 4. **Mezcla de concreto en aldea Chanchán  
para elaborar ensayo del cono de Abrahams**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.



Apéndice 5. **Realización de ensayo de peso volumétrico aldea Chanchán**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 6. **Llenado de cilindros para ensayo a compresión aldea Chanchán**



Fuente: escuela primaria aldea Chanchán, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 7. **Realización de mezcla de concreto en aldea Nuevo Sunzapote**



Fuente: escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 8. **Agregado grueso en aldea Nuevo Sunzapote**



Fuente: escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 9. **Cilindros de concreto para ensayo a compresión en aldea Nuevo Sunzapote**



Fuente: escuela primaria aldea Nuevo Sunzapote, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 10. **Realización del ensayo del cono de Abrahams en aldea La Palma**



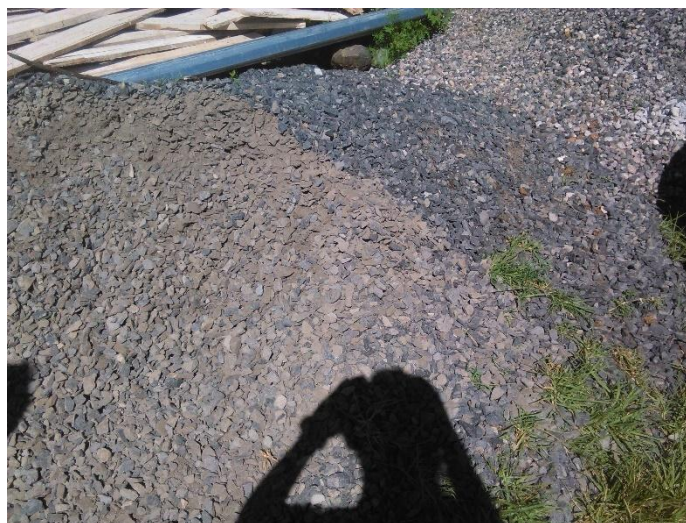
Fuente: escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 11. **Llenado de cilindros para ensayo a compresión  
aldea La Palma**



Fuente: escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 12. **Agregado grueso en aldea La Palma**



Fuente: escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 13. **Agregado fino en aldea La Palma**



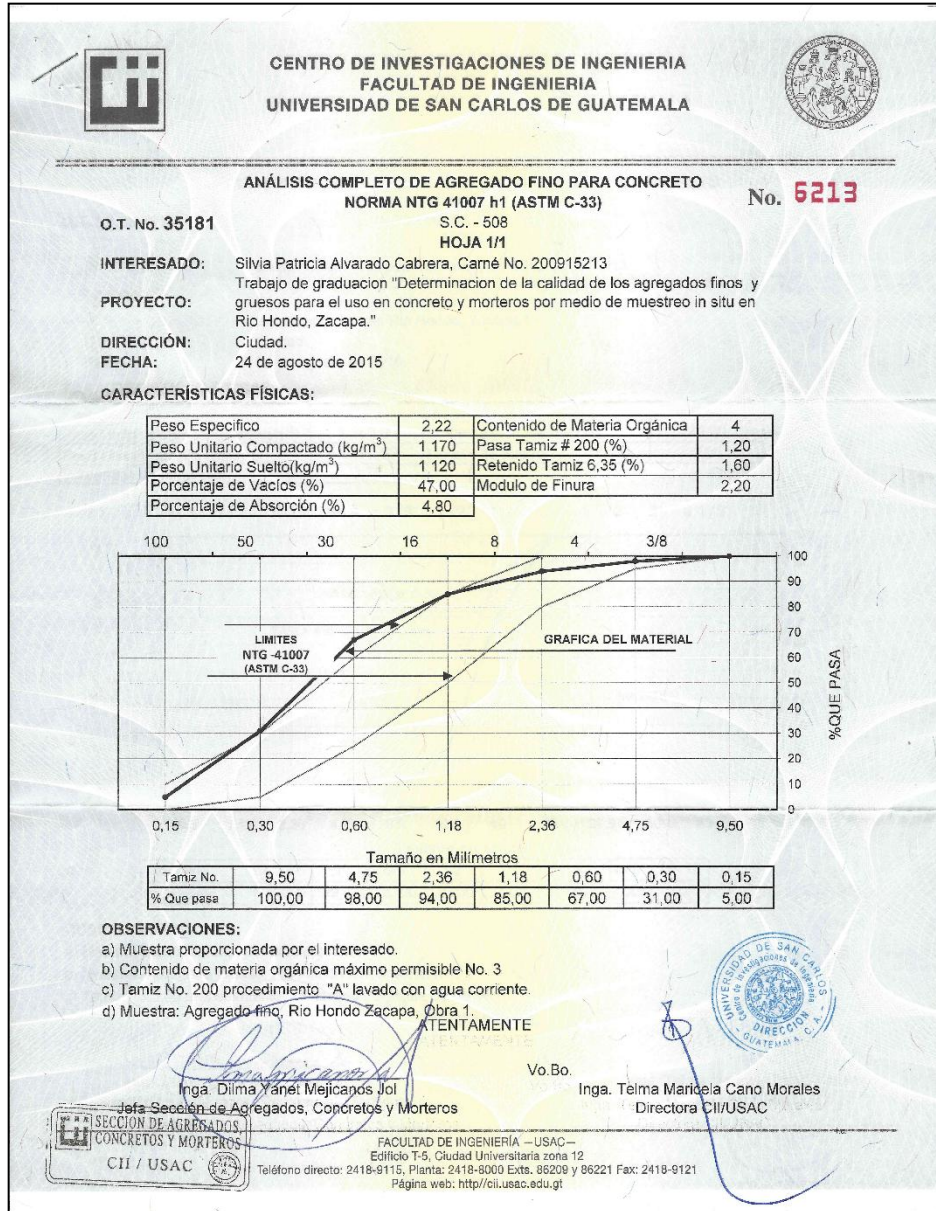
Fuente: escuela primaria aldea La Palma, Río Hondo, Zacapa.

Apéndice 14. **Muestras de concreto de aldea Chanchán y aldea Nuevo Sunzapote en laboratorio**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 15. **Análisis completo de agregado fino para concreto de aldea Chanchán**




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 16. **Análisis completo de agregado grueso para concreto de aldea Chanchán**




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 17. **Ensayo a compresión para cilindros de concreto de aldea Chanchán**



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



---

**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO** **No. 6300**  
**NORMA NTG 41017h1 (ASTM C-39)**  
 O.T. No. 35178 SC - 582  
 HOJA 1/2






**INTERESADO:** Silvia Patricia Alvarado Cabrera, Carné No. 200915213  
**PROYECTO:** Trabajo de graduación "Determinación de la calidad de los agregados finos y gruesos para el uso en concreto y morteros por medio de muestreo in situ"  
**DIRECCIÓN:** 3a. Av. 25-66, zona 12 Villa Lobos I.  
**FECHA:** 24 de septiembre de 2015

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE FUNDICIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN | PESO en kg | DIÁMETRO en cm | ALTURA en cm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/in <sup>2</sup> | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------|---|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| 1                 | 99-9                     | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,535      | 10,155         | 20,353       | 31 500          | 17,30           | 2 510                          | B                |
| 2                 | 100-9                    | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,545      | 10,145         | 20,150       | 32 800          | 18,00           | 2 610                          | E                |
| 3                 | 101-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,515      | 10,155         | 20,170       | 43 600          | 23,90           | 3 470                          | E                |
| 4                 | 102-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,540      | 10,120         | 20,383       | 34 300          | 19,00           | 2 760                          | E                |
| 5                 | 103-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,530      | 10,195         | 20,223       | 33 800          | 18,40           | 2 670                          | D                |
| 6                 | 104-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,580      | 10,155         | 20,263       | 33 000          | 18,10           | 2 630                          | A                |
| 7                 | 105-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,585      | 10,120         | 20,197       | 60 500          | 33,40           | 4 850                          | E                |
| 8                 | 106-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,575      | 10,120         | 20,277       | 60 500          | 33,40           | 4 850                          | E                |

**OBSERVACIONES :**

- Muestras proporcionadas por el interesado.
- Muestras ensayadas en máquina de compresión RIEHLE Testing Machine Division con capacidad de 300 000 libras. Dial utilizado para lectura de cargas: 300 000 libras.
- Cilindro cabeceado según Norma ASTM C-1260.
- El interesado proporcionó:
  - No. de cilindro en obra.
  - Fecha de fundición.
  - Edad de ensayo.
  - El representativo de la fundición.

**BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA**

A. CONO
B. CONO Y CLIVAJE
C. CONO Y RUPTURA
D. CORTE
E. COLUMNAR

---

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://cil.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



Apéndice 18. **Ensayo a compresión de mortero de aldea Chanchán**



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



---

O.T. No. 35692

INTERESADO: Silvia Patricia Alvarado Cabrera.

PROYECTO: Trabajo de graduación "Determinación de la calidad de los agregados finos y fríos para el uso en concreto y morteros por medio de muestreo In Situ en Rio Hondo, Zacapa".

DIRECCIÓN: Ciudad.

FECHA: 15 de abril de 2016

**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS**

**NTG 41003 h4 (ASTM C-109)**

S.C. No - 112

HOJA 1/1

**No. 4944**

---

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área [cm <sup>2</sup> ] | Carga [lbs] | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> |
|----------|------------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------------------|
| 1        | 06/02/2016       | 3            | 27,523                  | 8 500       | 13,70           | 1 990                           |
| 2        | 06/02/2016       | 3            | 27,250                  | 6 000       | 9,80            | 1 420                           |
| 3        | 06/02/2016       | 9            | 27,270                  | 10 300      | 16,80           | 2 440                           |
| 4        | 06/02/2016       | 9            | 27,500                  | 6 500       | 10,50           | 1 520                           |
| 5        | 06/02/2016       | 30           | 27,523                  | 11 200      | 18,10           | 2 630                           |
| 6        | 06/02/2016       | 30           | 28,068                  | 13 000      | 20,80           | 2 990                           |

**OBSERVACIONES:**

- a) Muestra proporcionada por el interesado.
- 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) El interesado proporcionó:
  - No. de cubo en obra.
  - Fecha de fundición.
  - Edad de ensayo.
  - El representativo de la fundición.
- e) Mezcla representativa de: Mortero para paredes Obra 1.

**ATENTAMENTE,**



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




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

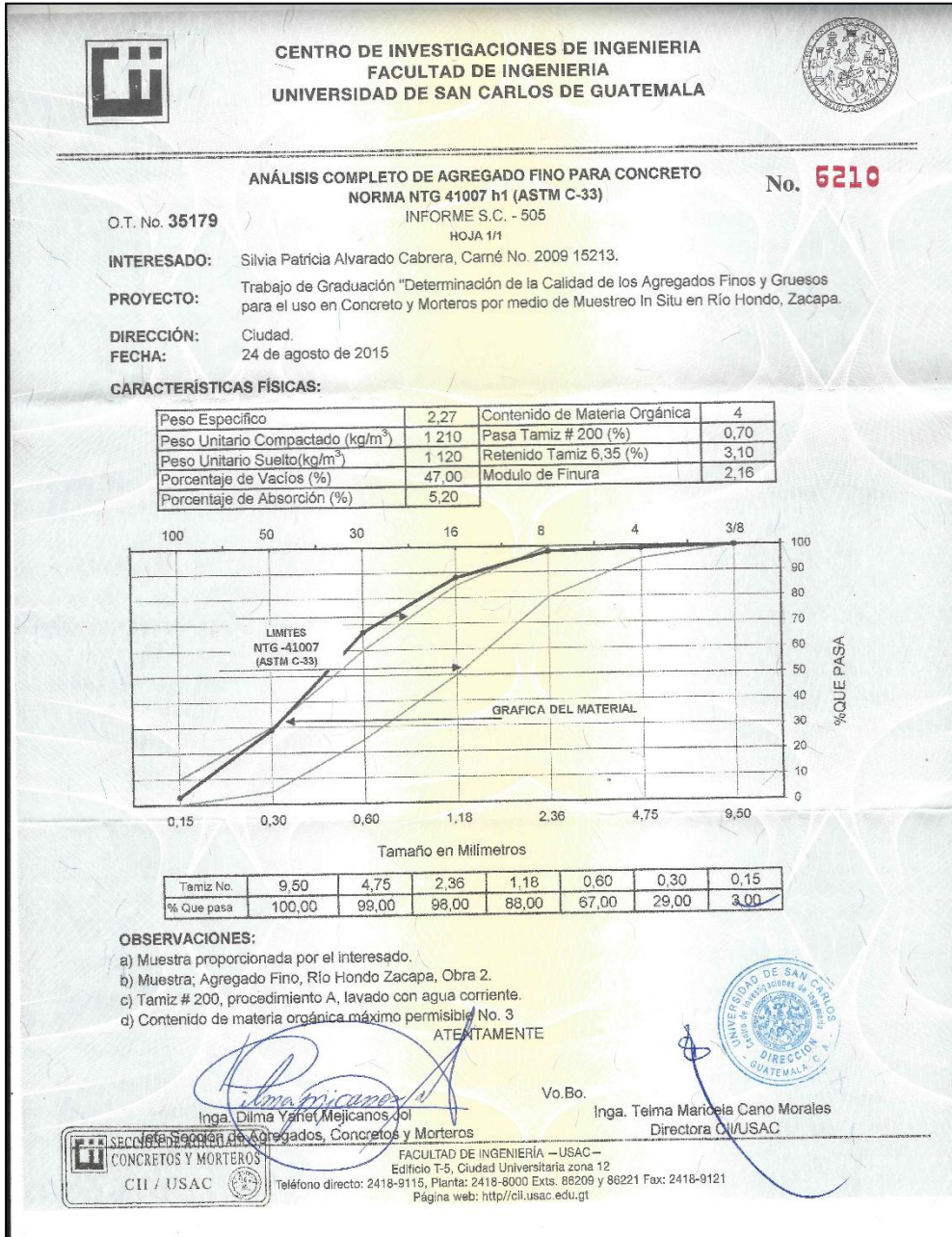


FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

16.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

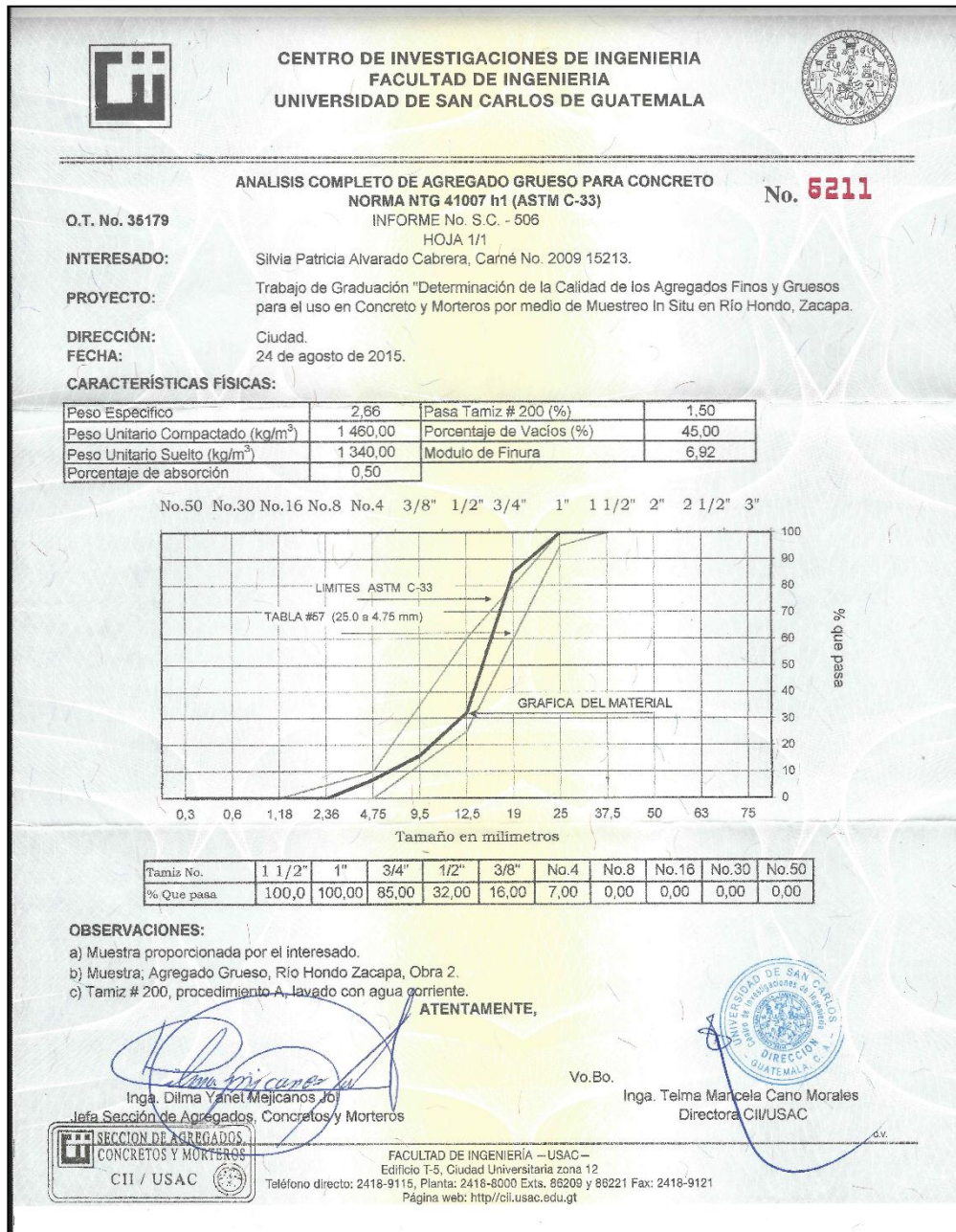
Apéndice 19. **Análisis completo de agregado fino para concreto de aldea Nuevo Sunzapote**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 20. **Análisis completo de agregado grueso para concreto de aldea Nuevo Sunzapote**

Fuente:  
Centro  
de



Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 21. **Ensayo a compresión para cilindros de concreto de aldea Nuevo Sunzapote**



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



---

**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO**  
**NORMA NTG 41017h1 (ASTM C-39) No. 6301**

O.T. No. 35178 SC - 582  
 HOJA 2/2

**INTERESADO:** Silvia Patricia Alvarado Cabrera, Carné No. 200915213  
**PROYECTO:** Trabajo de graduación "Determinación de la calidad de los agregados finos y gruesos para el uso en concreto y morteros por medio de muestreo in situ"  
**DIRECCIÓN:** 3a. Av. 25-66, zona 12 Villa Lobos I,  
**FECHA:** 24 de septiembre de 2015

| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE FUNDICIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN | PESO en kg | DIAMETRO en cm | ALTURA en cm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mega | RESISTENCIA libras | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------|---|------------|----------------|--------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|
| 1                 | 107-9                    | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,305      | 10,155         | 19,953       | 19 000          | 10,40            | 1 510              | A                |
| 2                 | 108-9                    | 15/08/2015         | 18/08/2015       | 3            | Columnas                                | 3,350      | 10,155         | 19,943       | 19 100          | 10,50            | 1 520              | E                |
| 3                 | 110-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,390      | 10,140         | 20,083       | 28 900          | 15,90            | 2 310              | B                |
| 4                 | 111-9                    | 15/08/2015         | 24/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,330      | 10,085         | 19,987       | 24 500          | 13,60            | 1 970              | B                |
| 5                 | 112-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,365      | 10,170         | 19,997       | 45 200          | 24,70            | 3 580              | E                |
| 6                 | 113-9                    | 15/08/2015         | 31/08/2015       | 16           | Columnas                                | 3,355      | 10,195         | 20,087       | 48 600          | 26,50            | 3 850              | A                |
| 7                 | 114-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,350      | 10,080         | 20,057       | 38 000          | 21,20            | 3 080              | E                |
| 8                 | 115-9                    | 15/08/2015         | 14/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,375      | 10,115         | 20,083       | 40 000          | 22,10            | 3 210              | C                |

**OBSERVACIONES :**  
 a) Muestras proporcionadas por el interesado.  
 b) Muestras ensayadas en máquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 libras. Dial utilizado para lectura de cargas: 300 000 libras.  
 c) Cilindro cabeceado según Norma ASTM C-1260.  
 d) El interesado proporcionó:  
 • No. de cilindro en obra.  
 • Fecha de fundición.  
 • Edad de ensayo.  
 • El representativo de la fundición.

**BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA**



A. CONO



B. CONO Y CLIVAJE



C. CONO Y RUPTURA



D. CORTE



E. COLUMNAR

ATENTAMENTE,



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

Vo. Bo.



Inga. Teima Mariela Cano Morales  
Directora 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>

E.R.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 22. **Ensayo a compresión de mortero de aldea**  
**Nuevo Sunzapote**



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



---

**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS**      **No. 4945**  
**NTG 41003 h4 (ASTM C-109)**

O.T. No. 35692      S.C. No - 113  
 HOJA 1/1

**INTERESADO:** Silvia Patricia Alvarado Cabrera.

**PROYECTO:** Trabajo de graduación "Determinación de la calidad de los agregados finos y fruesos para el uso en concreto y morteros por medio de muestreo In Situ en Rio Hondo, Zacapa".

**DIRECCIÓN:** Ciudad.

**FECHA:** 15 de abril de 2016

---

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área [cm <sup>2</sup> ] | Carga [lbs] | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> |
|----------|------------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------------------|
| 1        | 30/01/2016       | 3            | 27,324                  | 5 500       | 9,00            | 1 310                           |
| 2        | 30/01/2016       | 3            | 27,653                  | 5 200       | 8,40            | 1 220                           |
| 3        | 30/01/2016       | 9            | 27,540                  | 5 400       | 8,70            | 1 260                           |
| 4        | 30/01/2016       | 9            | 27,977                  | 10 600      | 16,80           | 2 440                           |
| 5        | 30/01/2016       | 30           | 29,120                  | 11 400      | 17,40           | 2 520                           |
| 6        | 30/01/2016       | 30           | 28,860                  | 6 500       | 10,00           | 1 450                           |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra proporcionada por el interesado.
- 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.
- El interesado proporcionó:
  - No. de cubo en obra.
  - Fecha de fundición.
  - Edad de ensayo.
  - El representativo de la fundición.
- Mezcla representativa de: Mortero para paredes Obra 2.

**ATENTAMENTE,**



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



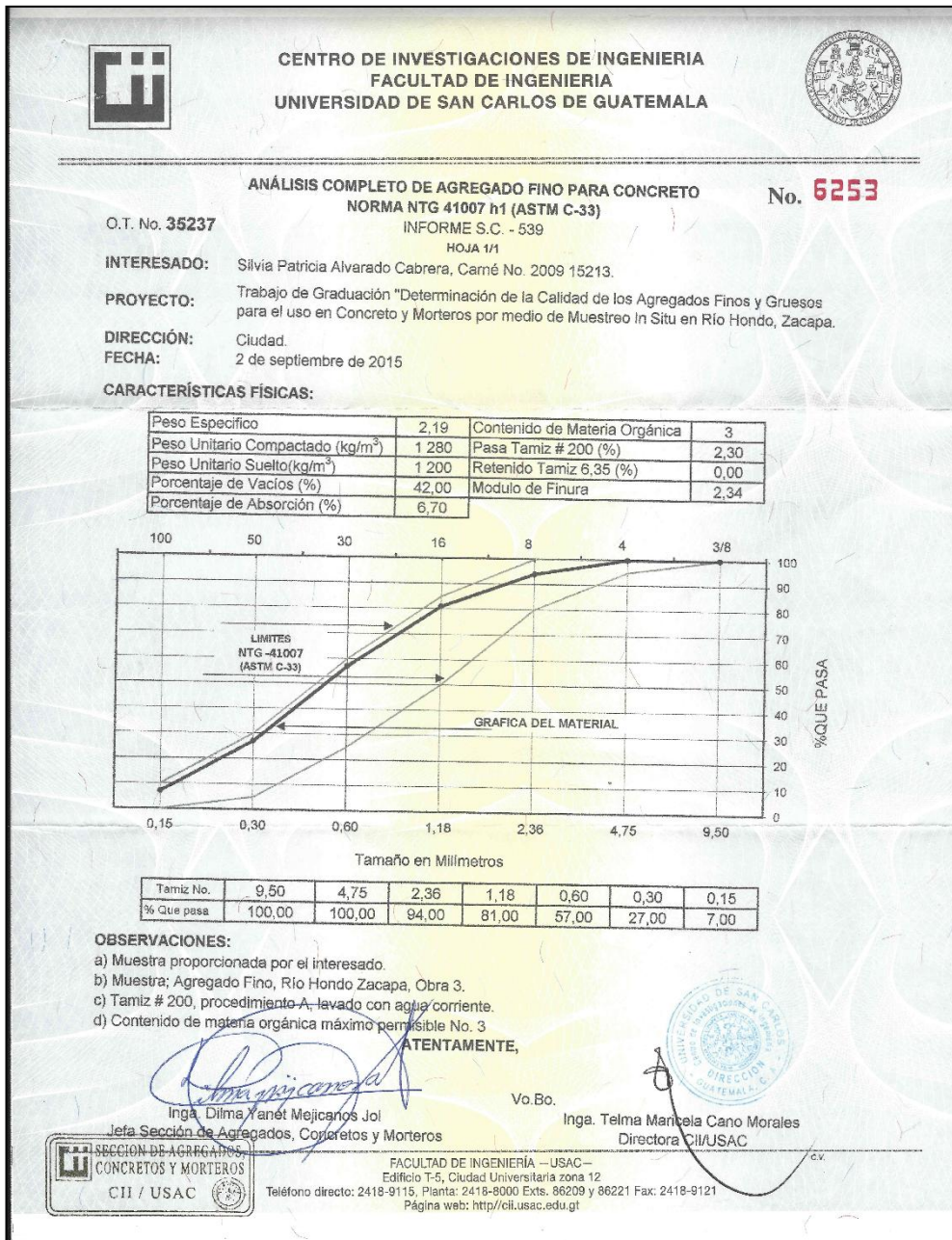



Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz  
 Director CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
 Edificio 1-5, 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: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 23. **Análisis completo de agregado fino para concreto de aldea La Palma**




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 24. **Análisis completo de agregado grueso para concreto de aldea La Palma**




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Apéndice 25. **Ensayo a compresión para cilindros de concreto de aldea La Palma**



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



---


**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO** No. **6328**  
**NORMA NTG 41017h1 (ASTM C-39)**  
 O.T. No. **35236** SC - 608  
 HOJA 1/1

**INTERESADO:** Silvia Patricia Alvarado Cabrera, Carné No. 200915213  
**PROYECTO:** Trabajo de graduación "Determinación de la calidad de los agregados finos y gruesos para el uso en concreto y morteros por medio de muestreo in situ Río Hondo Zacapa"  
**DIRECCIÓN:** 3a. Av. 25-66, zona 12 Villa Lobos I.  
**FECHA:** 7 de octubre de 2015


| No. CILINDRO OBRA | No. CILINDRO LABORATORIO | FECHA DE FUNDICIÓN | FECHA DE RUPTURA | EDAD en días | CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICIÓN | PESO en kg | DIÁMETRO en cm | ALTURA en cm | CARGA en libras | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/pf | TIPO DE FRACTURA |
|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------|---|------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 1                 | 28-10                    | 22/08/2015         | 31/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,545      | 10,130         | 20,550       | 25 000          | 13,80           | 2 000             | B                |
| 2                 | 29-10                    | 22/08/2015         | 31/08/2015       | 9            | Columnas                                | 3,530      | 10,170         | 20,440       | 24 800          | 13,50           | 1 960             | E                |
| 3                 | 30-10                    | 22/08/2015         | 07/09/2015       | 16           | Columnas                                | 3,520      | 10,135         | 20,327       | 27 700          | 15,30           | 2 220             | E                |
| 4                 | 31-10                    | 22/08/2015         | 07/09/2015       | 16           | Columnas                                | 3,545      | 10,190         | 20,543       | 28 500          | 15,50           | 2 250             | E                |
| 5                 | 32-10                    | 22/08/2015         | 14/09/2015       | 23           | Columnas                                | 3,540      | 10,125         | 20,443       | 31 000          | 17,10           | 2 480             | C                |
| 6                 | 33-10                    | 22/08/2015         | 14/09/2015       | 23           | Columnas                                | 3,480      | 10,125         | 20,150       | 27 000          | 14,90           | 2 160             | C                |
| 7                 | 34-10                    | 22/08/2015         | 21/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,490      | 10,135         | 20,360       | 28 900          | 15,90           | 2 310             | B                |
| 8                 | 35-10                    | 22/08/2015         | 21/09/2015       | 30           | Columnas                                | 3,515      | 10,150         | 20,297       | 31 200          | 17,10           | 2 480             | E                |

**OBSERVACIONES :**  
 a) Muestras proporcionadas por el interesado.  
 b) Muestras ensayadas en máquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 libras. Dial utilizado para lectura de cargas: 300 000 libras.  
 c) Cilindro cabeceado según Norma ASTM C-610.  
 d) El interesado proporcionó:  
 • No. de cilindro en obra.  
 • Fecha de fundición.  
 • Edad de ensayo.  
 • El representativo de la fundición.


**BOQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA**




A. CONO




B. CONO Y CLAVAJE



C. CONO Y RUPTURA

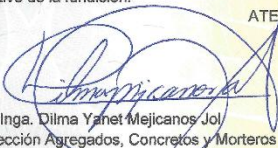


D. CORTE




E. COLUMNAR

ATENTAMENTE,




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

Vo.Bo.



Inga. Teima Marcela Caño Morales  
Directora CI/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>

ER

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.



Apéndice 26. **Ensayo a compresión de mortero de aldea**  
**La Palma**



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



---

**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS**      **No. 4946**  
**NTG 41003 h4 (ASTM C-109)**

O.T. No. 35692      S.C. No - 114  
HOJA 1/1

**INTERESADO:** Silvia Patricia Alvarado Cabrera.

**PROYECTO:** Trabajo de graduación "Determinación de la calidad de los agregados finos y fruesos para el uso en concreto y morteros por medio de muestreo In Situ en Río Hondo, Zacapa".

**DIRECCIÓN:** Ciudad.

**FECHA:** 15 de abril de 2016

---

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

| No. CUBO | FECHA DE HECHURA | EDAD en días | Área [cm <sup>2</sup> ] | Carga [lbs] | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup> |
|----------|------------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|---------------------------------|
| 1        | 30/01/2016       | 3            | 25,806                  | 3 000       | 5,20            | 750                             |
| 2        | 30/01/2016       | 3            | 28,672                  | 2 600       | 4,00            | 580                             |
| 3        | 30/01/2016       | 9            | 27,030                  | 10 400      | 17,10           | 2 480                           |
| 4        | 30/01/2016       | 9            | 26,873                  | 9 000       | 14,90           | 2 160                           |
| 5        | 30/01/2016       | 30           | 26,265                  | 9 000       | 15,20           | 2 210                           |
| 6        | 30/01/2016       | 30           | 29,120                  | 8 500       | 13,00           | 1 890                           |

**OBSERVACIONES:**

- a) Muestra proporcionada por el interesado.
- 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) El interesado proporcionó:
  - No. de cubo en obra.
  - Fecha de fundición.
  - Edad de ensayo.
  - El representativo de la fundición.
- e) Mezcla representativa de Mortero para columnas Obra 3.



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



Ing. Francisco Javier Quirón 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: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

