

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE
LOS HORMIGONES Y MORTEROS UTILIZANDO MATERIALES
PÉTREOS DE LAS CANTERAS DE PIFO Y POMASQUI – SAN
ANTONIO”

MARIO ANTONIO DOMENECH GORDILLO

ALEXIS RICARDO ESPINOZA BARAHONA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS MONTERO

QUITO, 2016

DEDICATORIA

*A todos aquellos que disfrutan y valoran
un trabajo de investigación en nuestra profesión,
la Ingeniería Civil.*

AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mi familia,
a mis profesores
y a mis amigos y compañeros.
Ricardo E.*

*Agradezco a mi familia,
a mis profesores
y a mis amigos y compañeros.
Mario D.*

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2.....	3
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Geología regional y local	4
2.1.1. Geología regional.....	4
2.1.2. Geología local San Antonio (Pomasqui).....	6
2.1.3. Geología local Pifo	7
2.2. Hormigones y morteros	10
2.2.1. Hormigón	10
2.2.2. Mortero	12
2.3. Componentes de hormigones y morteros	13
2.3.1. Agua.....	13
2.3.2. Cemento	14
2.3.3. Agregado fino (arena).....	15
2.3.4. Agregado grueso (grava).....	16
2.4. Problemas en hormigones y morteros causados por la mala calidad de los agregados	17
CAPÍTULO 3.....	19
3. PROPIEDADES DEL CEMENTO Y DE LOS AGREGADOS PÉTREOS	19
3.1. CEMENTO.....	19
3.1.1. Gravedad específica (ASTM C188).....	19
3.1.2. Finura Blaine (ASTM C204)	19
3.1.3. Tiempo de fraguado Vicat (ASTM C1005).....	20
3.1.4. Expansión en el autoclave (ASTM C151)	20
3.1.5. Mortero normalizado (ASTM C109).....	21
3.2. AGREGADOS PÉTREOS	22
3.2.1. Granulometría (ASTM C136).....	22
3.2.2. Material fino que pasa el tamiz N°200 (ASTM C117).....	34
3.2.3. Contenido orgánico (ASTM C40)	36
3.2.4. Contenido de terrones de arcilla (ASTM C142)	36
3.2.5. Abrasión (ASTM C131)	38
3.2.6. Gravedad específica y absorción (ASTM C127 y C128)	39

3.2.7.	Peso unitario y porcentaje de vacíos (ASTM C29)	40
3.2.8.	Desgaste a los sulfatos (ASTM C88).....	41
3.3.	Reactividad Álcali-Agregado	45
3.3.1.	Mecanismo de la reacción álcali – sílice.....	45
3.3.2.	Componentes de la reacción álcali-sílice	47
3.3.3.	Fuentes externas de álcalis	47
3.3.4.	Agentes influyentes en la reacción álcali-sílice	47
3.3.5.	Reactividad álcali-sílice (ASTM C1260).....	48
CAPÍTULO 4.....		54
4.	DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN Y MORTEROS	54
4.1.	HORMIGÓN	54
4.1.1.	Factores influyentes en la dosificación del hormigón.....	54
4.1.2.	Propiedades de los agregados que intervienen en el cálculo de la dosificación	56
4.1.3.	Dosificaciones de hormigón	57
4.1.4.	Ensayo de compresión simple del hormigón (ASTM C39).....	61
4.2.	MORTERO	64
4.2.1.	Consistencia de la mezcla	64
4.2.2.	Dosificación	64
4.2.3.	Ensayo de compresión en muestras cúbicas de mortero (ASTM C109)	64
4.2.4.	Ensayo de tensión en muestras tipo briqueta de mortero (CRD-C 260.01).....	65
CAPÍTULO 5.....		68
5.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS CANTERAS DE PIFO Y POMASQUI – SAN ANTONIO	68
5.1.	HORMIGÓN	68
5.1.1.	Resumen y comparación de las dosificaciones	68
5.1.2.	Resumen y comparación de las resistencias obtenidas	71
5.2.	MORTERO	74
CAPÍTULO 6.....		78
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
6.1.	CONCLUSIONES	78
6.2.	RECOMENDACIONES	81
7.	BIBLIOGRAFÍA	82
8.	ANEXOS	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Granulometría Pifo (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33	23
Gráfico 2. Granulometría El Guabo (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33.....	24
Gráfico 3. Granulometría Fucusucu V (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33..	25
Gráfico 4. Granulometría Rosita (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33.....	26
Gráfico 5. Resumen granulometría agregados finos con los límites según la norma ASTM C33.....	27
Gráfico 6. Granulometría Pifo (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33	29
Gráfico 7. Granulometría El Guabo (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33..	30
Gráfico 8. Granulometría Fucusucu V (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33	31
Gráfico 9. Granulometría Rosita (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33.....	32
Gráfico 10. Resumen granulometría agregados gruesos con los límites según la norma ASTM C33 .	33
Gráfico 11. Resumen material fino que pasa el tamiz #200 en los agregados gruesos. Con el límite según la norma ASTM C33	35
Gráfico 12. Resumen material fino que pasa el tamiz #200 en los agregados finos. Con el límite según la norma ASTM C33	35
Gráfico 13. Resumen de los porcentajes de terrones de arcilla en materiales finos de las distintas canteras con los límites según la norma ASTM C33.....	37
Gráfico 14. Resumen de los porcentajes de terrones de arcilla en materiales gruesos de las distintas canteras con los límites según la norma ASTM C33.....	38
Gráfico 15. Porcentaje de abrasión de los agregados gruesos de las distintas canteras. Con el límite según la norma ASTM C33	39
Gráfico 16. Resumen de porcentaje de desgaste a los sulfatos de todas las canteras (agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33.....	44
Gráfico 17. Resumen de porcentaje de desgaste a los sulfatos de todas las canteras (agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33	45
Gráfico 18. Sección de hormigón vista con microscopio donde el gel de sílice ha generado grietas. Tomado de www.understanding-cement.com	46
Gráfico 19. Detalle de una partícula de sílex, mostrando como el gel ha formado grietas en el hormigón. Tomado de www.understanding-cement.com	46
Gráfico 20. Cuarzo criptocristalino. Tomado de forodeminerales.blogspot.com	47
Gráfico 21. Expansión por Reactividad Alcali - Agregado para las distintas canteras.....	53
Gráfico 22. Cemento por m3 de hormigón para cada cantera y $f'c$	69
Gráfico 23. Agua de mezcla por m3 de hormigón para cada cantera y $f'c$	69
Gráfico 24. Agregado fino por m3 de hormigón para cada cantera y $f'c$	70
Gráfico 25. Agregado grueso por m3 de hormigón para cada cantera y $f'c$	71

Gráfico 26. Resistencias promedio por cantera	73
Gráfico 27. Resistencias características por cantera	73
Gráfico 28. Resistencia promedio a la compresión en morteros.....	75
Gráfico 29. Resistencia característica a la compresión en morteros	75
Gráfico 30. Resistencia promedio a la tensión en morteros.....	76
Gráfico 31. Resistencia característica a la tensión en morteros	76

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Cantera Pifo. Obtenido de Google Earth.....	3
Imagen 2. Canteras Pomasqui - San Antonio. Obtenido de Google Earth.....	4
Imagen 3. Mapa geológico estructural de Ecuador. Tomado de Delgado, 15.	5
Imagen 4. Columnas estratigráficas de San Antonio. Tomado de Pacheco, 13.	6
Imagen 5. Corte transversal de la zona de Pifo con sus principales formaciones. Tomado de Delgado, 40.	8
Imagen 6. Hormigón. Tomado de www.arqhys.com	10
Imagen 7. Mortero para enlucido. Tomado de www.archiproducts.com	12
Imagen 8. Fisura en elemento de hormigón. Tomado de blog.360gradosenconcreto.com	18
Imagen 9. Tipos de falla en ensayo de compresión simple. Obtenido de norma ASTM C39	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de agua y su efecto en el hormigón	14
Tabla 2. Límites granulométricos según ASTM C33	16
Tabla 3. Gravedad específica cemento Selvalegre	19
Tabla 4. Finura Blaine del cemento Selvalegre	20
Tabla 5. Tiempo de fraguado cemento Selvalegre.....	20
Tabla 6. Expansión en el autoclave cemento Selvalegre	21
Tabla 7. Resistencia a la compresión de morteros normalizados de cemento Selvalegre	22
Tabla 8. Granulometría Pifo (Agregado fino).....	23
Tabla 9. Granulometría Guabo (Agregado fino).....	24
Tabla 10. Granulometría Fucusucu V (Agregado fino).....	25
Tabla 11. Granulometría Rosita (Agregado fino).....	26
Tabla 12. Resumen granulometría agregados finos.....	27
Tabla 13. Granulometría Pifo (Agregado grueso)	29
Tabla 14. Granulometría El Guabo (Agregado grueso).....	30
Tabla 15. Granulometría Fucusucu V (Agregado grueso).....	31
Tabla 16. Granulometría Rosita (Agregado grueso).....	32
Tabla 17. Resumen granulometría agregados gruesos.....	33
Tabla 18. Porcentaje de material que pasa el tamiz N°200	34
Tabla 19. Contenido orgánico de los agregados finos de todas las canteras	36
Tabla 20. Resumen de los porcentajes de terrones de arcilla en materiales finos y gruesos de las distintas canteras.....	37
Tabla 21. Porcentaje de abrasión de los agregados gruesos de las distintas canteras.....	38
Tabla 22. Gravedad específica de los agregados finos de las distintas canteras.....	40
Tabla 23. Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos de las distintas canteras.	40
Tabla 24. Resumen de pesos unitarios y porcentajes de vacíos de los agregados finos y gruesos de las distintas canteras.....	41
Tabla 25. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de Pifo (agregado fino y agregado grueso)...	42
Tabla 26. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de El Guabo (agregado fino y agregado grueso).....	42
Tabla 27. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de Fucusucu V (agregado fino y agregado grueso).....	43

Tabla 28. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de Rosita (agregado fino y agregado grueso)	43
Tabla 29. Resumen de porcentaje de desgaste a los sulfatos de todas las canteras (agregado fino y grueso). Con los límites según la norma ASTM C33.....	44
Tabla 30. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de Pifo (agregado fino)	49
Tabla 31. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de El Guabo (agregado fino).....	50
Tabla 32. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de Fucusucu V (agregado fino).....	51
Tabla 33. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de Rosita (agregado fino).....	52
Tabla 34. Expansión por Reactividad Álcali - Agregado para las distintas canteras. **El valor corresponde a una muestra alterada por lo que no se tomó en cuenta para el promedio.	53
Tabla 35. Resistencia del hormigón vs relación agua/cemento	54
Tabla 36. Relación agua/cemento para las resistencias esperadas.....	54
Tabla 37. Tipo de elemento y asentamiento mínimo y máximo (ACI 211.1-91, tabla 1.5.3.1)	55
Tabla 38. Resumen dosificación Pifo hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	57
Tabla 39. Resumen dosificación Pifo hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	57
Tabla 40. Resumen dosificación Pifo hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	58
Tabla 41. Resumen dosificación El Guabo hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	58
Tabla 42. Resumen dosificación El Guabo hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	58
Tabla 43. Resumen dosificación El Guabo hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	59
Tabla 44. Resumen dosificación Fucusucu V hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	59
Tabla 45. Resumen dosificación Fucusucu V hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	59
Tabla 46. Resumen dosificación Fucusucu V hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	60
Tabla 47. Resumen dosificación Rosita hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	60
Tabla 48. Resumen dosificación Rosita hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	60
Tabla 49. Resumen dosificación Rosita hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	61
Tabla 50. Compresión simple hormigón: Pifo	62
Tabla 51. Compresión simple hormigón: El Guabo	63
Tabla 52. Compresión simple hormigón: Fucusucu V	63
Tabla 53. Compresión simple hormigón: Rosita	63
Tabla 54. Compresión simple morteros: Pifo	64

Tabla 55. Compresión simple morteros: El Guabo.....	65
Tabla 56. Compresión simple morteros: Fucusucu V.....	65
Tabla 57. Compresión simple morteros: Rosita.....	65
Tabla 58. Tensión morteros: Pifo.....	66
Tabla 59. Tensión morteros: El Guabo	66
Tabla 60. Tensión morteros: Fucusucu V	66
Tabla 61. Tensión morteros: Rosita	67
Tabla 62. Cantidad de materiales por metro cúbico de hormigón	68
Tabla 63. Resumen de resistencias promedio y característica por cantera	72
Tabla 64. Resumen y comparación de resistencias de morteros de todas las canteras	74
Tabla 65. Resumen resultados de caracterización de agregados pétreos.....	80

RESUMEN

Esta investigación está dirigida a la determinación de las propiedades físico – mecánicas de los hormigones y morteros obtenidos con agregados de las canteras de dos sectores del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ): Pifo y San Antonio de Pichincha y la influencia de los agregados finos en la reactividad álcali – agregado solamente utilizando cemento tipo IP de fabricación nacional. Se hizo una aproximación de las características de los agregados mediante la identificación de las formaciones geológicas a las cuales pertenecen los materiales pétreos en estudio considerando su ubicación en la región central del Valle Interandino. Se incluye también un análisis de la influencia de la calidad de los agregados pétreos en el comportamiento tanto inmediato como a largo plazo en el hormigón y en el mortero. En la caracterización mecánica de los agregados para su uso en hormigón y/o mortero se siguió la metodología de la American Society for Testing Materials (ASTM) y se tomaron las limitaciones de la misma normativa vigente sin descartar algún material por incumplimiento de alguna norma debido a que los materiales pétreos de las canteras involucradas en esta investigación están en permanente uso para la construcción. Para la elaboración de hormigón se siguió la metodología de diseño de mezclas de la ACI comité 211 para hormigón de peso normal con algunas adaptaciones para los agregados pétreos del DMQ. Las resistencias de diseño para las dosificaciones fueron de: 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm², aquellas resistencias se esperaban luego de someter a las muestras cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, a un ensayo de compresión simple a la edad de 28 días de realizada la mezcla, al igual que en morteros, a los 28 días de edad, se ensayaron las probetas para compresión simple y tensión simple con dosificaciones volumétricas de cemento:arena 1:2, 1:3 y 1:4. Con los resultados obtenidos se hicieron comparaciones de resistencia y dosificaciones para verificar la calidad de los hormigones y morteros obtenidos, sin embargo la durabilidad del hormigón cae fuera del alcance de la investigación debido al reducido tiempo de ejecución de la misma. Se muestran en gráficos los resultados generales de las dosificaciones de hormigones y morteros para un mejor análisis e interpretación. En cuanto a la reactividad álcali – agregado no se encontraron problemas de expansión y en cuanto a resistencia, la cantera de Pifo es la que mejor resultados arroja, sin embargo se pueden utilizar los agregados pétreos de San Antonio en mezclas de hormigón haciendo una adecuada dosificación.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la Industria de la Construcción, en la ciudad de Quito, es común el uso de hormigones y morteros que se realizan con agregados pétreos provenientes de las canteras de Pifo y Pomasqui – San Antonio de Pichincha (San Antonio), que además son dos de los principales, más grandes y factibles proveedores de agregados para esta industria. Es también usual oír en la voz de los profesionales, no profesionales y propietarios vinculados a la construcción que aquellos materiales que provienen de la cantera de Pifo son “mejores” que los que provienen de las de Pomasqui y/o San Antonio, obteniendo así mejores resultados tanto en resistencia como en durabilidad en hormigones y morteros. A pesar de esta afirmación ya conocida, el uso de materiales de ambos sectores se mantiene, y en grandes cantidades, en la ciudad capital.

Es en la Ingeniería Estructural en la que conocer las características físico – mecánicas de los materiales que se van a utilizar es de vital importancia, en este caso las del hormigón: resistencia a la compresión simple (f^c) y su durabilidad y morteros: funcionalidad y durabilidad, puesto que los valores cuantificables que se darán a dichas características serán los que proporcionen límites para la toma de decisiones durante el estudio, diseño y construcción de la obra civil. Así entonces hacemos énfasis en la obligatoriedad de cumplir con los requerimientos normados para la elaboración de materiales de construcción como el hormigón y mortero para garantizar la seguridad de aquellas personas que adquieren, trabajan o usan una obra civil.

Existen alternativas cuando se trata de hacer hormigón, se puede obtener hormigón premezclado, cuya ventaja es la estandarización de grandes volúmenes de material, además de un cauteloso proceso de diseño de mezcla industrializado siguiendo estándares, además de contar con un transporte adecuado del mismo, en cambio, cuando el hormigón es mezclado en obra, la incertidumbre de alcanzar los requerimientos de diseño es alta dado que el control de calidad que se hace durante el proceso de elaboración es precario sino nulo. En el caso de los morteros, el control normativo que se realiza sobre ellos no es tan exigente porque de su uso no depende la integridad estructural de una obra civil, sin embargo su apropiada realización denota responsabilidad sobre la calidad de una obra civil en general.

Se pretende, entonces, con este estudio dar a conocer las características físico – mecánicas tanto de los materiales pétreos en sí como aquellas obtenidas ya en hormigones y morteros en distintas resistencias de diseño y dosificaciones, correspondientemente.

Si, por lo dicho anteriormente, los agregados pétreos de la cantera de Pifo superan física y mecánicamente a los de Pomasqui – San Antonio, ¿qué tan grandes pueden ser las diferencias que separan la calidad de estos materiales para su uso en construcción? ¿Qué resultados se obtendrán cuando se realicen mezclas para hormigón y mortero? Para responder a estas inquietudes ingenieriles, se desarrolla a continuación el estudio de los agregados y materiales mencionados con una perspectiva y criterio técnicos logrando los siguientes objetivos:

- Analizar y comparar materiales provenientes de las canteras de Pifo y Pomasqui – San Antonio de acuerdo a la normativa American Society for Testing Materials (ASTM) para luego utilizarlas en hormigones y morteros para también, con las mismas exigencias comparar los resultados obtenidos.
- Recopilar información sobre la geología regional y local de los sectores de Pifo y Pomasqui – San Antonio.
- Realizar los ensayos de laboratorio para la descripción y caracterización de los agregados pétreos.
- Verificar si existe una significativa reactividad álcali – agregado para los diferentes materiales finos de las canteras en estudio debido a la presencia de componentes que forman parte de la reacción.
- Caracterizar el cemento a utilizar en hormigones y morteros.
- Comparar la resistencia a la compresión simple ($f'c$) de los hormigones realizados con cada material pétreo.
- Comparar la resistencia a compresión y tensión de morteros realizados con cada material pétreo.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Ubicación de canteras

Para lograr una mayor apreciación del cuadro de estudio, a continuación se ilustran las localizaciones georreferenciadas de las canteras y sus coordenadas.

Pifo:

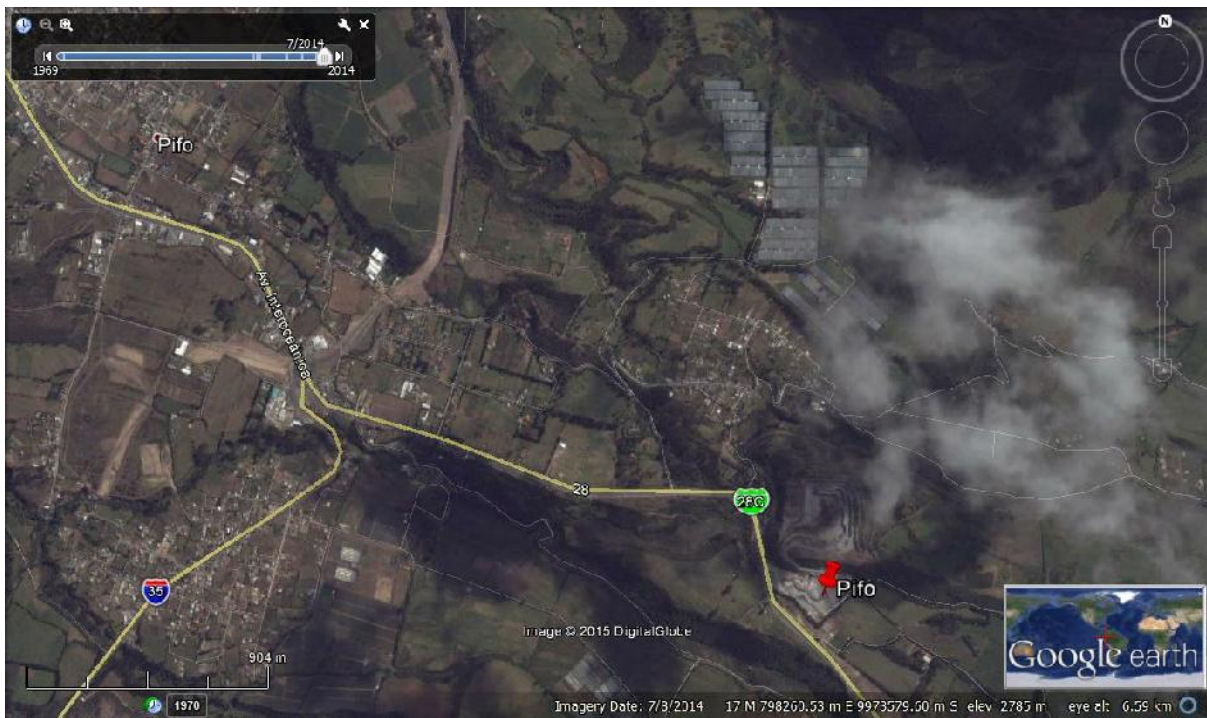


Imagen 1. Cantera Pifo. Obtenido de Google Earth

Pomasqui – San Antonio:

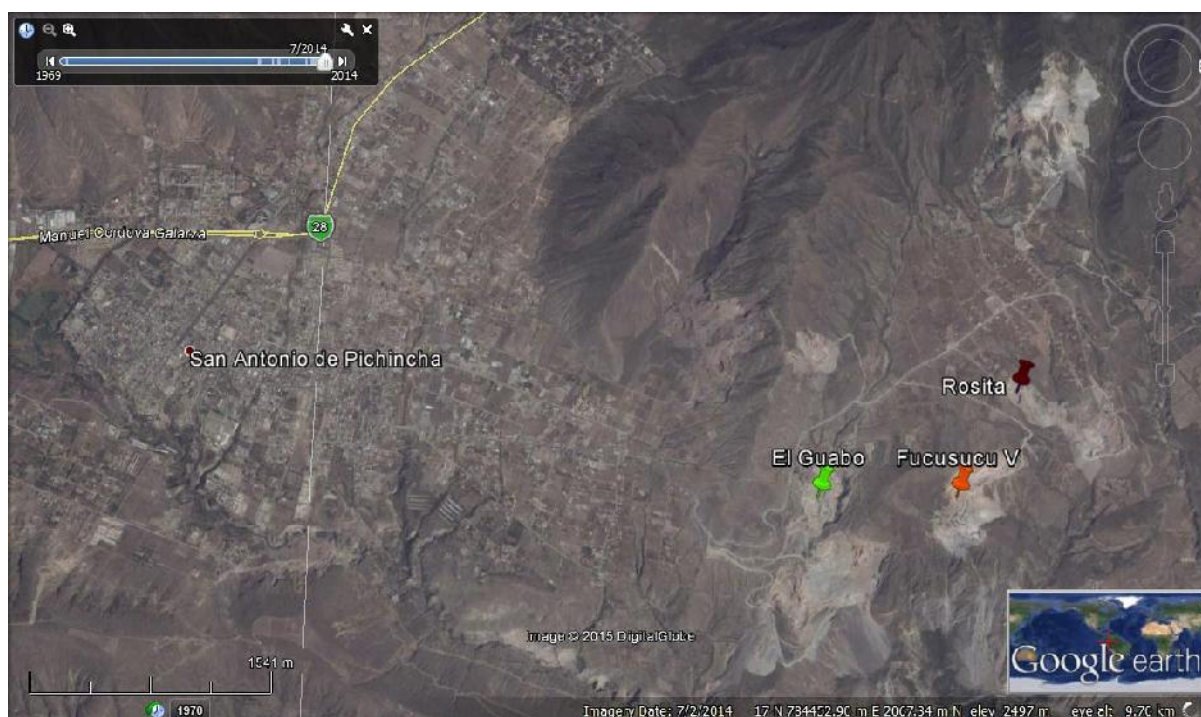


Imagen 2. Canteras Pomasqui - San Antonio. Obtenido de Google Earth.

Las coordenadas de las canteras son:

Cantera	Zona UTM	N	E	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)
Pifo	17M	9972816	799090	-0.245670°	-78.313121°	2815
El Guabo	17N	3503	785330	0.031985°	-78.434588°	2455
Fucusucu V	17N	4435	785319	0.047929°	-78.435185°	2530
Rosita	17N	4889	784578	0.046703°	-78.442442°	2495

2.2. Geología regional y local

2.2.1. Geología regional

Las principales cadenas montañosas que comprenden el sector de Quito – Pichincha son la cordillera Real y la cordillera Occidental que avanzan en dirección aproximada nort-sur, dejando en el medio de estas dos al Valle Interandino (VIA) que es el sector donde están ubicadas las canteras consideradas en este estudio, tanto Pifo como Pomasqui – San Antonio. (Delgado, 15).

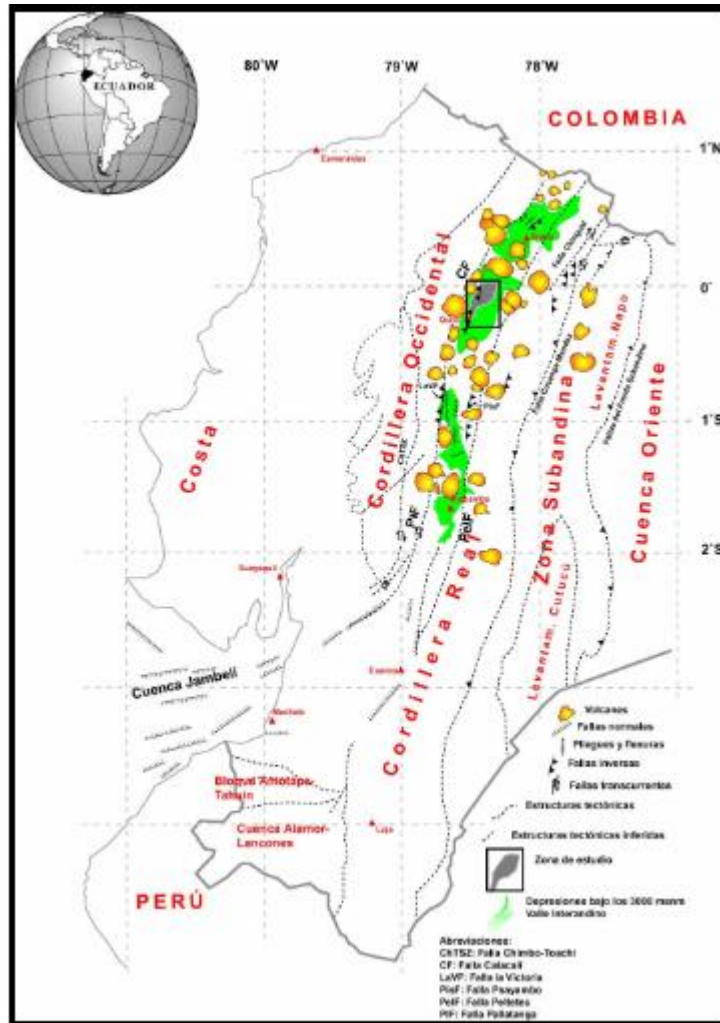


Imagen 3. Mapa geológico estructural de Ecuador. Tomado de Delgado, 15.

Valle Interandino (VIA)

El Valle Interandino es una franja de 25 km de ancho por 300 km de largo aproximadamente que se encuentra dividida en tres partes en toda su extensión:

La primera parte se llama Valle Interandino Norte que está ubicado entre Otavalo y El Chota. La segunda parte se llama Valle Interandino Central y comprende el sector de Quito – Guayllabamba. La tercera división se llama Valle Interandino Sur que corresponde al área de Latacunga – Riobamba. (Delgado, 17)

Valle Interandino Central

El Valle Interandino central está delimitado al norte y al sur por 2 nudos que definen la dirección del valle. En el norte están ubicados los volcanes Mojanda y Cusín que forman el

primer nudo, y en el sur están ubicados los volcanes Rumiñahui, Pasochoa, Cotopaxi e Iliniza formando el segundo nudo. (Delgado, 17)

Basamento

El basamento de la región del Valle Interandino no está bien definido ya que las rocas se parecen tanto a las de la cordillera Occidental como a las de la cordillera Real. Sin embargo en las teorías planteadas por Hughes y Pilatasig se propone que el basamento del Valle Interandino es una continuación de las rocas de la cordillera Real. (Delgado, 17)

2.2.2. Geología local San Antonio (Pomasqui)

Estratigrafía de San Antonio

El relleno consiste principalmente en series de depósitos volcánicos y volcanoclásticos. Existen dos secuencias en estos depósitos volcánicos. En la secuencia inferior prevalecen facies lacustres, deltáicas, fluviales y abanicos aluviales correspondientes a las formaciones de Pisque y San Miguel. Por otro lado la secuencia superior consiste en depósitos volcánicos primarios, lahares, flujos hiperconcentrados y depósitos fluviales que corresponden a las formaciones de Guayllabamba, Chiche, Machángara, Mojanda y Cangahua (Pacheco, 13).

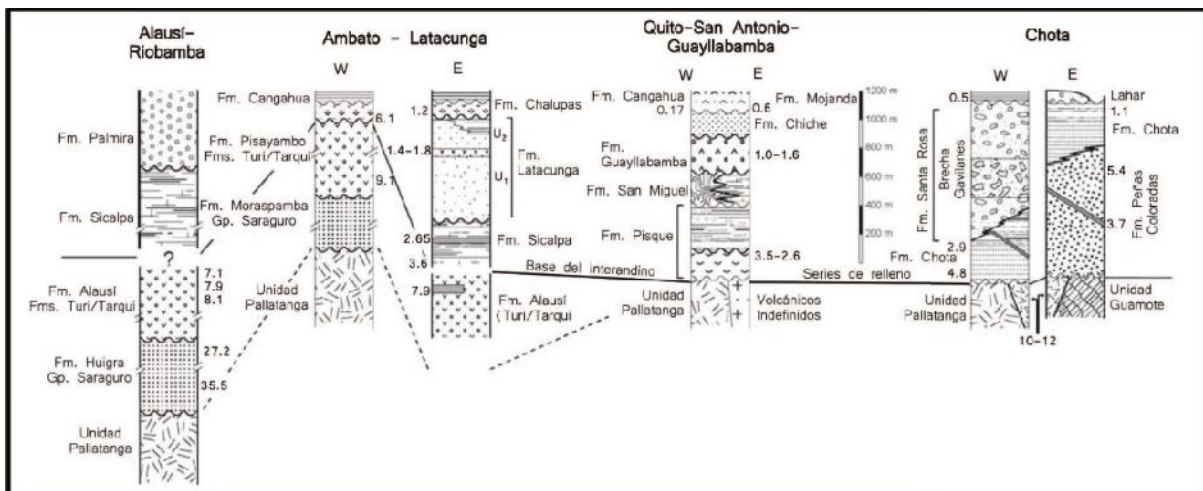


Imagen 4. Columnas estratigráficas de San Antonio. Tomado de Pacheco, 13.

Formación (Fm.) Cangahua

Esta formación se encuentra distribuida a lo largo de la depresión interandina, corresponde a un depósito limo arenoso de color marrón que se encuentra formado por piroclastos en su mayoría reabajados junto con suelos volcánicos insipientes. Esta formación presenta altos contenidos de vidrio y otros materiales volcánicos con alto contenido de SiO₂ por lo que su procedencia se sugiere que fue de erupciones volcánicas. (Pacheco, 14)

Depósitos holoocénicos

En la zona de San Antonio de Pichincha se tiene la presencia de depósitos lacustres, que se componen por cenizas volcánicas intercaladas con lignito. También en la misma zona se puede observar depósitos que corresponden al complejo volcánico del Pululahua, el cual se lo considera activo hasta la actualidad. (Pacheco, 14)

2.2.3. Geología local Pifo

Estratigrafía de Pifo

Se mantienen como formaciones predominantes en las capas superiores, las mismas formaciones del Valle Interandino, que son: formación Cangahua, formación Chiche y formación Guayllabamba. En el perfil estratigráfico se puede observar una capa más fina de la formación Cangahua por lo que la formación Chiche predomina en la parte media-superficial.

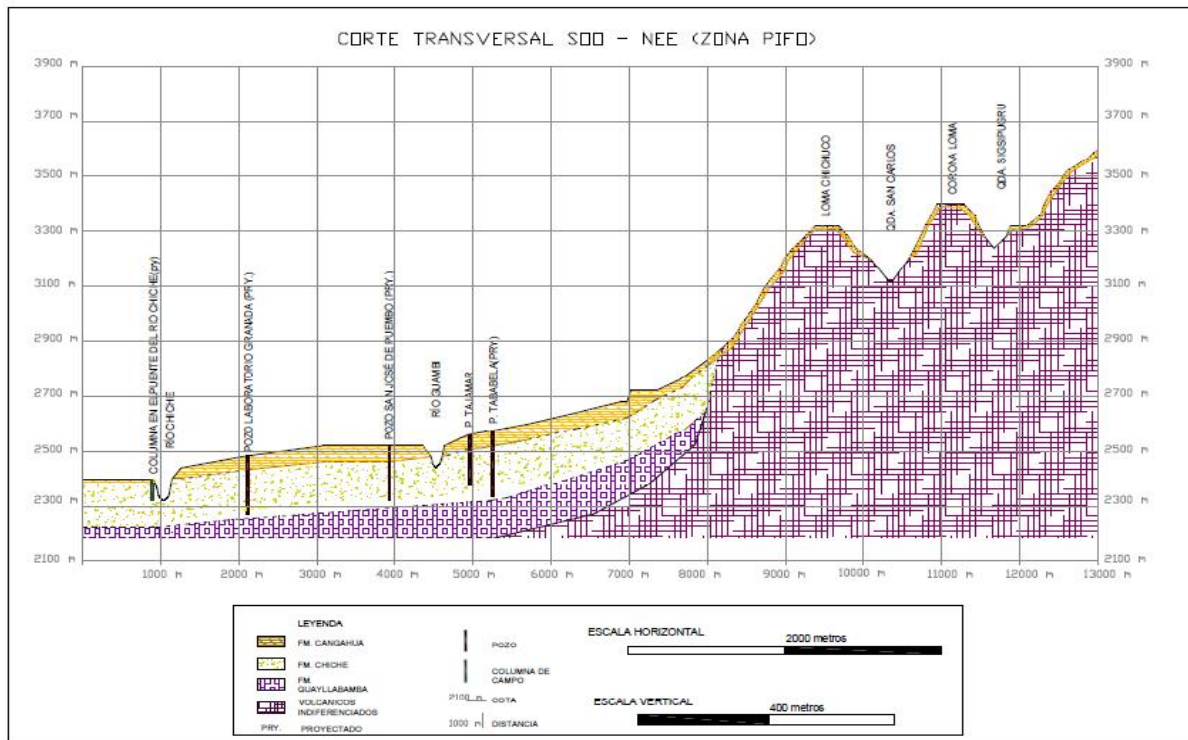


Imagen 5. Corte transversal de la zona de Pifo con sus principales formaciones. Tomado de Delgado, 40.

Este perfil va desde el río Chiche hasta el cerro Coto Urcu (localizado en la Cordillera Real). Podemos notar la predominancia de la formación Chiche, por lo que hay que tomar en cuenta a esta formación para la descripción de los materiales presentes en la zona. (Delgado, 38)

Formación Chiche

Es una formación que está caracterizada por contener tanto depósitos volcánicos como fluvio-lacustres, los cuales se encuentran interestratificados. Se puede subdividir a esta formación en 3 partes, la parte más baja está formada por depósitos fluvio-lacustres (miembro Fluvio-lacustre I), sobre ésta se encuentran depósitos laháricos (miembro Lahar), y sobre esta última nuevamente tenemos depósitos fluvio-lacustres (miembro Fluvio-lacustre II y miembro Chiche). La fuente de los materiales de ésta formación es distinta para los sectores Norte (Guayllabamba) y Sur. (Delgado, 30)

Mb (miembro) Chiche

Corresponde a un miembro de la formación Chiche que se encuentra debajo de la formación Cangahua, en la zona de Pifo puede llegar a un espesor de 100 m, mientras que al hacia el límite norte de la depresión de Guayllabamba no llega a los 10 m.

Este miembro de la formación consiste en capas de conglomerado volcánico hacia el sur (Pifo), y fluvial hacia el norte, las cuales están intercaladas con arenas, tobas y flujos piroclásticos. (Delgado, 34)

Depósitos volcánicos Guambi

Existen 2 colgadas de andesitas contemporáneas a la deposición de parte de la Cangahua, ubicadas sobre los sedimentos Chiche.

En el sector de Pifo podemos encontrar estas andesitas provenientes de los depósitos volcánicos de Guambi con una cobertura de terrazas de Cangahua, con cierta influencia de la formación Chiche. (Recalde, 20)

2.3. Hormigones y morteros

2.3.1. Hormigón

El hormigón es una mezcla utilizada en la construcción que está conformada de 4 elementos principales: agua, cemento, agregado grueso (grava) y agregado fino (arena). Se pueden incorporar, a las mezclas de hormigón, aditivos que varían una o varias características para mejorar la mezcla o ayudar en alguna de sus etapas como en el colado o fraguado, etc.

La resistencia que debe tener el hormigón para su uso depende de las proporciones de los elementos citados anteriormente, así como también de las propiedades físico – mecánicas tanto de los agregados (fino y grueso) como de la mezcla cementante.



Imagen 6. Hormigón. Tomado de www.arqhys.com

Fundamentos del hormigón

Para la elaboración de un hormigón bueno y durable, es necesario el control en 3 aspectos fundamentales: calidad de materiales controlada; dosificación controlada y manejo, colocación y curado controlados. Centrándose este trabajo en la calidad de materiales pétreos.

Mezclado

El mezclado es un proceso importante en la elaboración de hormigones de calidad. La secuencia de colocación de materiales en la mezcladora puede influir en los resultados que se quieren obtener de un hormigón, es importante además, realizarla de manera adecuada siguiendo procedimientos estandarizados para garantizar la homogeneidad y uniformidad de la mezcla, así como el intercambio adecuado de materiales de un extremo a otro del volumen de hormigón. (Kosmatka, et. al., 3)

Trabajabilidad

Es la característica del hormigón fresco en términos de facilidad de colocación, consolidación y resistencia a la segregación, teniendo en cuenta que durante el transporte y manejo la mezcla se debe mantener homogénea. La consistencia es el indicador más importante de la trabajabilidad de un hormigón, y su medición se la realiza mediante el revenimiento (asentamiento en el cono de Abrams), para esto, una mezcla más trabajable es aquella que tiene un mayor revenimiento, sin embargo hay que tomar en cuenta que los agregados pueden segregarse quedando el material más grueso acumulado en el fondo. Por otra parte, si la mezcla tiene una consistencia rígida o seca, los agregados gruesos pueden separarse de la mezcla. En conclusión, se debe lograr una fácil colocación sin segregación con un revenimiento que brinde ambas características. (Kosmatka, et. al., 3)

Sangrado

El sangrado es la formación de una capa superficial de agua en el tope de un elemento de hormigón y es causado por la sedimentación de las partículas sólidas y el ascenso de agua que conforma la mezcla. Es normal que suceda el sangrado durante la colocación de hormigón en moldes o encofrados y es más notoria su presencia en elementos de mayor altura. El sangrado a pesar de no ser un fenómeno dañino para el hormigón, si ocurre de manera excesiva, aumenta la relación agua – cemento en la superficie del elemento disminuyendo la resistencia y durabilidad de esta capa de mezcla. (Kosmatka, et. al., 4)

Consolidación

Es el proceso de vibración manual o mecánica, mediante el cual se reacomodan los agregados pétreos del hormigón en el material cementante logrando una repartición equitativa de los mismos en todo el volumen de mezcla confinada evitando la formación de hormigones porosos y poco resistentes. (Kosmatka, et. al., 4)

Curado

El curado es el proceso de mantener el agua dentro de la mezcla cuando esta ya se ha colocado en su molde o encofrado para continuar el fraguado del cemento que queda por hidratarse y así continuar el aumento de resistencia del hormigón. Es recomendable que exista un humedecimiento constante de la mezcla de hormigón, ya que si se deja secar completamente es muy difícil volver a saturarla y empezar de nuevo el fraguado. (Kosmatka, et. al., 6)

2.3.2. Mortero

Los morteros son mezclas de solamente tres agregados: agua, cemento y agregado fino (arena) que se utilizan en construcción para albañilería, y cuyas funciones principales son: pegado de mampuestos y piezas en general, y enlucidos.

Conociendo que los morteros no forman parte estructural de una obra civil, su uso no está ligado a tanto control como el del hormigón, por lo tanto no existen fundamentos específicos para su conformación y manejo, sin embargo existen parámetros para determinar el uso de una u otra dosificación según sea necesario en cada caso.



Imagen 7. Mortero para enlucido. Tomado de www.archiproducts.com

Trabajabilidad y adherencia

La cantidad de cemento en una mezcla de mortero es la que determina tanto la trabajabilidad del mismo y su adherencia a las superficies donde se lo empleará. Una mezcla más trabajable será aquella cuya consistencia sea más fluida, y en cuanto a la adherencia, a mayor cantidad de cemento, mayor será esta.

2.4. Componentes de hormigones y morteros

2.4.1. Agua

El agua en el hormigón cumple dos funciones principales, la primera como agua de mezclado que se contemplará específicamente en la dosificación y la segunda en el proceso de curado.

Para la primera función, el agua de mezclado, es recomendable utilizar agua potable, es decir, que pueda beberse sin constancia de sabor u olor notables. En general, el agua que contenga una cantidad menor a 2ppm (partes por millón) de sólidos disueltos puede utilizarse para la elaboración de hormigón sin inconvenientes posteriores sobretodo la agresión de sulfatos. El agua con impurezas excesivas pueden afectar a varios factores del hormigón, por ejemplo el tiempo de fraguado, la resistencia final del hormigón, la contracción plástica de fraguado, e incluso corrosión o eflorescencia al acero de refuerzo en hormigones armado o presforzado.

Para la segunda función, agua de curado, las características del agua deben ser iguales o similares que las del agua de mezclado, sin embargo puede definirse que una buena agua de curado solo necesita ser clara y no tener ni olor ni sabor pronunciados sin necesitar mayores pruebas de laboratorio.

Finalmente, si no se cuenta con un suministro de agua potable, se puede utilizar la norma ASTM C-94 de la American Society for Testing Materials para juzgar la calidad físico – química del agua para uso en mezclas de hormigón.

La norma mexicana *NMX C-122 Agua para concreto – Especificaciones* – determina los tipos de agua con la descripción de los efectos sobre el hormigón:

Tipo de agua	Efectos con su uso en concreto
Aguas puras	Acción disolvente e hidrolizante de compuestos cálcicos del concreto
Aguas ácidas naturales	Disolución rápida de los compuestos del cemento
Aguas fuertemente salinas	Interrumpe las reacciones del fraguado del cemento

Tipo de agua	Efectos con su uso en concreto
Aguas fuertemente salinas	En el curado, disolución de los componentes cálcicos del concreto
Aguas alcalinas	Produce acciones nocivas para cementos diferentes al aluminio
Aguas sulfatadas	Son agresivas para concretos fabricados con cemento Portland
Aguas cloruradas	Producen una alta solubilidad de la cal
	Produce disolución en los componentes del concreto
Aguas magnesianas	Tiende a final la cal, formando hidróxido de magnesio y yeso insoluble
	En la mezcla, inhibe el proceso de fraguado del cemento
Aguas de mar	Producen eflorescencias
	Incrementan la posibilidad de generar corrosión del acero de refuerzo
Aguas recicladas	El concreto puede acusar los defectos propios del exceso de finos
Aguas industriales	Por su contenido de iones sulfato, ataca cualquier tipo de cemento
Aguas negras	Efectos imprevisibles

Tabla 1. Tipos de agua y su efecto en el hormigón

2.4.2. Cemento

El cemento es un polvo fino que está formado el 90% por cuatro compuestos principales que son el silicato tricálcico (C_3S), silicato dicálcico (C_2S), aluminato tricálcico (C_3A) y ferroaluminato tetracálcico (C_4AF) y el restante 10% por 3 compuestos complementarios que son el sulfato de anhidrita (C), yeso ($C H_2$) y el hidrato de sulfato de calcio ($C H_{1/2}$). Su función es actuar como material ligante entre las partículas finas (arena) y

gruesas (ripió). El cemento empieza a reaccionar a partir del momento que se lo mezcla con el agua, entonces comienza el fraguado y endurecimiento durante las primeras horas, una vez endurecido hay que curar la mezcla de hormigón ya que la reacción del cemento continúa, ganando así la mezcla mayor resistencia. (Kosmatka, et. al., 28)

Tipos de cemento Portland disponible en Ecuador

Normal tipo I, IP, moderada resistencia a los sulfatos tipo II, alta resistencia inicial tipo III.

Cementos adicionados.-

Es la combinación de otros materiales cementantes suplementarios a la mezcla del cemento, como por ejemplo puzolanas y escorias locales. Su uso es muy común en el país, pero se debe verificar mediante ensayos la resistencia y durabilidad del hormigón.

Los tipos de cemento adicionado disponible en Ecuador: cemento Puzolánico IP y P: Se utilizará en esta investigación cemento puzolánico tipo IP.

Cemento puzolánico tipo IP.-

El cemento tipo IP se lo puede usar para todo tipo de construcciones en general. Como su nombre lo indica el cemento está mezclado con puzolanas que van del 15 al 40% de la masa total del cemento. Se diferencia del tipo P en que tiene una mayor resistencia inicial, ensayos muestran que el comportamiento del cemento tipo IP es parecido al tipo I que igualmente es de uso general, donde no se requiere propiedades especiales en el cemento. (Kosmatka, et. al., 30)

2.4.3. Agregado fino (arena)

Los agregados finos pueden ser de dos tipos: arena natural o piedra triturada, el tamaño de las partículas en el agregado fino es menor a 5 mm. La función de la arena debido a su tamaño de partícula, es llenar los espacios entre la pasta (agua y cemento) y el agregado grueso. Otra función de la arena es que le da manejabilidad a la mezcla de hormigón debido a que permite el movimiento de las partículas gruesas a su alrededor.

Límites granulométricos del agregado fino según ASTM C33:

Tamiz	Porcentaje que pasa (en masa)
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No.16)	50 a 85
600 μm (No.32)	25 a 60
300 μm (No. 50)	10 a 30
150 μm (No. 100)	2 a 10

Tabla 2. Límites granulométricos según ASTM C33

Módulo de finura

El módulo de finura (MF) es un indicador del tamaño del agregado, cuyo valor aumenta a medida que el agregado es más grueso. El MF es de gran utilidad para estimar las proporciones de agregado fino y grueso en la dosificación de la mezcla. Para lograr altas resistencias se prefiere un MF alto en arenas, también porque la fricción y abrasión del agregado grueso con la arena hace disminuir el MF.

El MF se obtiene de la sumatoria de los porcentajes retenido acumulado en masa de la serie de tamices 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, dividido para 100.

2.4.4. Agregado grueso (grava)

El agregado grueso corresponde al material pétreo componente de una mezcla de hormigón, cuyo tamaño de partícula es mayor al tamiz No° 4. Se puede obtener este material tanto tamizado como triturado. Es el componente más representativo en la mezcla de hormigón con respecto al volumen, y es el principal elemento que da la resistencia al hormigón. Sus características tienen una relación directa con el comportamiento que tendrá la mezcla, por ejemplo, si tenemos un agregado grueso con una mala resistencia a la abrasión tendrá problemas en alcanzar la resistencia esperada a la compresión en el hormigón, así como también sufrirá de desgaste en pisos y pavimentos.

El agregado grueso es muy importante en términos de economía, ya que aunque la relación agua cemento es constante para una resistencia esperada, se necesita menos agua y menos cemento si el agregado grueso es de tamaño grande.

2.5. Problemas en hormigones y morteros causados por la mala calidad de los agregados

Se pueden distinguir dos etapas en las que existen problemas cuando hablamos de hormigón y/o mortero, la primera, aquella en la que la mezcla se encuentra en estado fresco, es decir un estado plástico donde es moldeable y la segunda donde la mezcla ya está endurecida y el elemento al que conforma trabajando.

Para una mezcla en estado fresco:

- **Segregación:** es la separación de la pasta y el agregado grueso, obteniéndose como resultado la acumulación de cada uno de ellos en diferentes lugares del volumen de hormigón. La causa para que se produzca este fenómeno es la baja compactación, es decir el mal acomodo de las partículas de los agregados, generada por falta de cohesión de la mezcla (pasta cementante y agregado grueso). Se logra tener una buena compactación con agregados de alta densidad, rugosos, bien gradados y no porosos, se puede compensar la mala gradación manipulando la relación entre arena y agregado total. (Sánchez de Guzmán, 24)
- **Porosidad:** son los espacios vacíos que quedan inmersos en el interior de la masa de hormigón, debido a la evaporación de agua libre y la presencia de aire natural atrapado, los problemas de porosidad se deben principalmente a la mala gradación de los agregados. Un hormigón poroso da lugar a la formación de fisuras o microfisuras. (Sánchez de Guzmán, 24)

Una baja relación agua – cemento (menor a 0,5) y una adecuada compactación ayudan a reducir problemas de segregación y porosidad en cuanto a la mezcla propiamente dicha.

- **Consistencia:** se debe evitar el uso de partículas alargadas y/o planas en los agregados porque provocan una mala trabajabilidad, por lo que se necesitaría mezclas más ricas en cemento y arena para obtener el asentamiento requerido. Se recomienda que la relación largo/ancho sea menor a 1,5 y la relación espesor/ancho sea mayor a 0,5 para partículas de agregados gruesos, mientras que para el agregado fino se debe hacer un evaluación visual.

Para una mezcla en estado endurecido:

Fisuras y agrietamientos: las fisuras corresponden a aberturas superficiales en los elementos de hormigón y mortero, en cambio los agrietamientos son aberturas que atraviesan todo el espesor del elemento. Algunas causas de la fisuración son la reactividad álcali – agregado (reacción álcali – sílice) y la baja resistencia a la acción de los sulfatos.



Imagen 8. Fisura en elemento de hormigón. Tomado de blog.360gradosenconcreto.com

Durabilidad: es la capacidad de resistir las acciones del medio ambiente y condiciones de exposición de una estructura (ataques físicos, químicos, biológicos) y en general cualquier otro proceso de deterioro, tomándose en cuenta también factores de diseño y construcción.

Las características principales de los agregados que afectan en la durabilidad son la abrasión, el contenido orgánico, la resistencia a los sulfatos y la reactividad álcali - sílice. Estas características se definirán más adelante con la presentación de los resultados de los ensayos efectuados sobre los materiales en consideración.

CAPÍTULO 3

3. PROPIEDADES DEL CEMENTO Y DE LOS AGREGADOS PÉTREOS

3.1. CEMENTO

3.1.1. Gravedad específica (ASTM C188)

Este ensayo permite calcular la densidad o gravedad específica del cemento y es de particular utilidad para el diseño y control de mezclas de hormigón. Además se necesita para proceder con el ensayo de finura Blaine. Los resultados del ensayo se presentan a continuación:

Muestra	M1	M2
Masa (g)	64,00	64,00
Primera lectura (cm ³)	0,70	0,80
Segunda lectura (cm ³)	22,50	22,20
Gravedad específica	2,94	2,99
Promedio (g/cm ³)	2,96	

Tabla 3. Gravedad específica cemento Selvalegre

Observaciones: La densidad del cemento está en el orden de los 3 g/cm³, por lo tanto el cemento ensayado cumple con el valor esperado.

3.1.2. Finura Blaine (ASTM C204)

Es importante conocer la finura de molido del cemento porque a medida que esta aumenta también aumentan: la resistencia inicial, la retracción por fraguado, el calor de hidratación (proporcionalmente al aumento de finura Blaine), aumenta también la resistencia a la corrosión, congelación y la adherencia, en cambio las resistencias finales a la compresión y tracción no presentan un mayor cambio con una variación de la finura Blaine. En el Ecuador, y específicamente en el Distrito Metropolitano de Quito, no existen mayores problemas de congelamiento, sin embargo pueden haber agresiones corrosivas o problemas de adherencia, por eso es necesario realizar este ensayo. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Muestras #	M1	M2
Masa (g)	2,7175	2,7172
Superficie standard (m ² /kg)	381,8	381,8
Tiempo standard (s)	78,64	78,64
Tiempo (s)	71,47	65,06
Superficie especifica (m ² /kg)	363,98	347,27
Sup. Esp. Promedio (m ² /kg)	355,63	

Tabla 4. Finura Blaine del cemento Selvalegre

3.1.3. Tiempo de fraguado Vicat (ASTM C1005)

Debido a que en el cemento el proceso de hidratación de los diferentes componentes se va realizando progresivamente y su endurecimiento ocurre de la misma manera, es necesario conocer cuáles son aquellos tiempos de fraguado inicial, aquel en el que se ha completado la hidratación y empieza el endurecimiento, y de fraguado final, aquel en el que, al menos superficialmente, el endurecimiento se ha completado. Es útil además conocer que el tiempo que transcurre hasta el desencofrado de un elemento de hormigón o mortero, es mayor al tiempo final de fraguado.

Cemento (g)	650,00
Agua (g)	175,10

Hora		Rango de tiempo (min)
Inicial ensayo (h ₀)	9:49	0
Fraguado inicial (h _i)	13:30	221
Fraguado final (h _f)	15:42	353

Tabla 5. Tiempo de fraguado cemento Selvalegre

Observaciones: De acuerdo a los requisitos de la INEN 490 el tiempo de fraguado inicial debe estar entre los 45 y 420 minutos, entonces el cemento ensayado cumple con la norma.

3.1.4. Expansión en el autoclave (ASTM C151)

La expansión en el autoclave es un ensayo que sirve para determinar el potencial de expansión tardía causado por los óxidos de calcio y/o magnesio (CaO y/o MgO respectivamente) cuando se utilizan cementos hidráulicos. Se ha determinado que en los cementos puzolánicos, la presencia de arenas de cuarzo genera expansión excesiva debido a

la reactividad álcali – sílice. Es recomendable que se ensayen los cementos puzolánicos bajo condiciones de reactividad álcali – sílice.

Cemento (g)	650,00
Agua (g)	175,97

Muestra	Longitud inicial (mm)
M1	253,50
M2	254,10

Muestra	Lado	Lectura inicial	Lectura final	Expansión (%)	Promedio expansión (%)
M1	1	-0,668	-0,476	0,08%	0,08%
	2	-0,664	-0,477	0,07%	
	3	-0,665	-0,476	0,07%	
	4	-0,673	-0,465	0,08%	
M2	1	-0,256	-0,062	0,08%	
	2	-0,266	-0,077	0,07%	
	3	-0,269	-0,079	0,07%	
	4	-0,263	-0,073	0,07%	

Tabla 6. Expansión en el autoclave cemento Selvalegre

Observaciones: Según la norma ASTM C595 (Standard Specification for Blended Hydraulic Cements) la expansión máxima es 0,8% y en este ensayo se obtuvo una expansión de 0,08%, mucho menor a la límite.

3.1.5. Mortero normalizado (ASTM C109)

Mediante el uso de arena normalizada se procede a la elaboración de morteros para calcular la resistencia a la compresión que estos poseen a los 3, 7 y 28 días, así podemos concluir si el cemento cumple con los requisitos mínimos que se especifican en la norma. Los resultados de las resistencias a la compresión son los siguientes:

Muestra N°	Edad (d)	Peso (g)	Altura (mm)	Ancho(mm)	Espesor (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Promedio
1	3	271,29	50,10	49,50	49,94	43,23	17,49	4407,14	178,28	170,62
2		273,24	50,30	49,94	50,06	39,97	15,99	4074,11	162,97	
3	7	271,30	50,10	49,82	49,80	65,53	26,41	6680,12	269,25	257,50
4		271,59	50,20	49,87	49,56	59,59	24,11	6073,90	245,75	
5	28	274,08	50,23	49,89	49,61	69,97	28,27	7132,93	288,20	285,18
6		272,14	50,06	49,85	49,66	68,53	27,68	6985,22	282,17	

Tabla 7. Resistencia a la compresión de morteros normalizados de cemento Selvalegre

Observaciones: Según a la norma ASTM C595 las resistencias mínimas que se deben obtener para morteros normalizados son: 130 kg/cm² a los 3 días, 200 kg/cm² a los 7 días y 250 a los 28 días. Los resultados obtenidos para el cemento en uso cumplen para todas las edades.

3.2. AGREGADOS PÉTREOS

3.2.1. Granulometría (ASTM C136)

Este ensayo es muy importante en la fabricación de hormigones, ya que un tamaño mayor de partículas en el agregado grueso en su gradación beneficiará económicamente a la obra debido a que para un m³ de hormigón con una misma relación agua cemento, se ocupará menos cemento para tamaños de agregado mayores. Asimismo hay que tener en cuenta el uso de un agregado grueso de mayor tamaño máximo a la hora del colado en obra porque se debe tener un agregado que pase a través del entramado de acero de refuerzo requerido por el diseño estructural. (Kosmatka et. al., 110).

Una vez realizado el ensayo de granulometría de los agregados se obtuvieron los siguientes resultados:

Para los agregados finos de las distintas canteras:

Granulometría Pifo (Agregado fino):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	% Pasa (ASTM C33)	
							Mínimo	Máximo
3/8"	9,51	0	0	1194,9	0,00%	100,00%	100,00%	
N°4	4,76	0,18	0,18	1194,72	0,02%	99,98%	95,00%	100,00%
N°8	2,362	226,06	226,24	968,66	18,93%	81,07%	80,00%	100,00%
N°10	2,0							
N°16	1,19	280,3	506,54	688,36	42,39%	57,61%	50,00%	85,00%
N°20	0,841							
N°30	0,595	215,92	722,46	472,44	60,46%	39,54%	25,00%	60,00%
N°40	0,42							
N°50	0,297	173,2	895,66	299,24	74,96%	25,04%	5,00%	30,00%
N°60	0,25							
N°80	0,177							
N°100	0,149	104,94	1000,6	194,3	83,74%	16,26%	0,00%	10,00%
N°120	0,125							
N°200	0,074						0,00%	7,00%
N°270	0,053							
PASA N°	N°100	194,3	194,3		16,26%			
SUMA		1194,9	1194,9		100,00%			
				MF	2,80			

Tabla 8. Granulometría Pifo (Agregado fino)

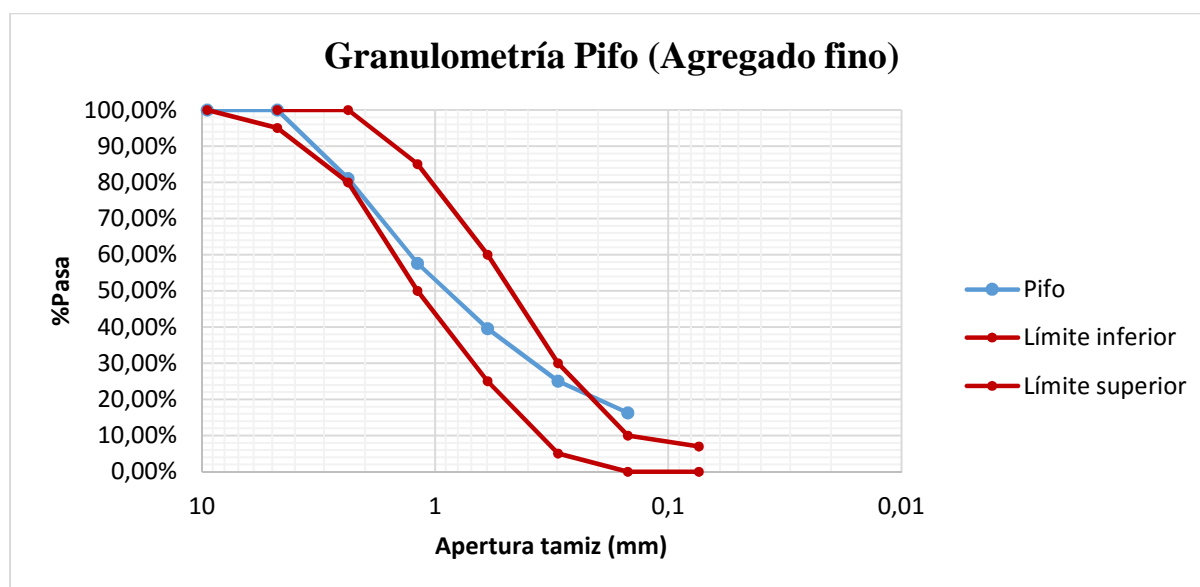


Gráfico 1. Granulometría Pifo (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33

Granulometría Guabo (Agregado fino):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	%Pasa (ASTM C33)		
							Mínimo	Máximo	
3/8"	9,51	0	0	1131,99	0,00%	100,00%	100,00%		
N°4	4,76	39,7	39,7	1092,29	3,51%	96,49%	95,00%	100,00%	
N°8	2,362	179,23	218,93	913,06	19,34%	80,66%	80,00%	100,00%	
N°10	2,0								
N°16	1,19	151,13	370,06	761,93	32,69%	67,31%	50,00%	85,00%	
N°20	0,841								
N°30	0,595	143,26	513,32	618,67	45,35%	54,65%	25,00%	60,00%	
N°40	0,42								
N°50	0,297	171,58	684,9	447,09	60,50%	39,50%	5,00%	30,00%	
N°60	0,25								
N°80	0,177								
N°100	0,149	146,96	831,86	300,13	73,49%	26,51%	0,00%	10,00%	
N°120	0,125								
N°200	0,074						0,00%	5,00%	
N°270	0,053								
PASA N°	N°100	300,13	300,13		26,51%				
SUMA		1131,99	1131,99		100,00%				
					MF	2,35			

Tabla 9. Granulometría Guabo (Agregado fino)

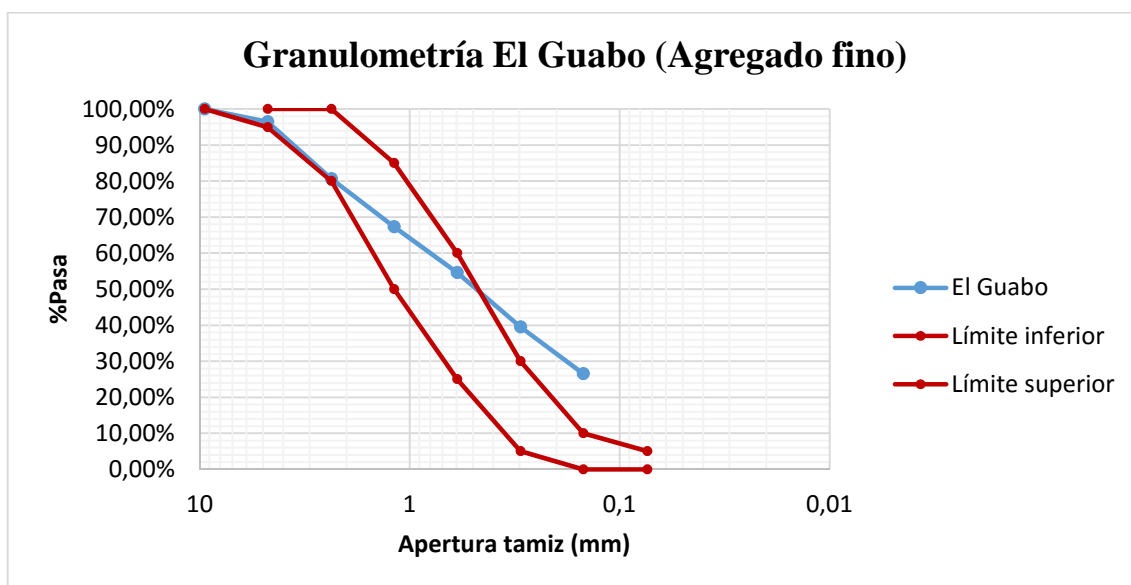


Gráfico 2. Granulometría El Guabo (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33

Granulometría Fucusucu V (Agregado fino):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	%Pasa (ASTM C33)	
							Mínimo	Máximo
3/8"	9,51	0	0	1126,67	0,00%	100,00%	100,00%	
N°4	4,76	2,54	2,54	1124,13	0,23%	99,77%	95,00%	100,00%
N°8	2,362	124,22	126,76	999,91	11,25%	88,75%	80,00%	100,00%
N°10	2,0							
N°16	1,19	167,79	294,55	832,12	26,14%	73,86%	50,00%	85,00%
N°20	0,841							
N°30	0,595	179,57	474,12	652,55	42,08%	57,92%	25,00%	60,00%
N°40	0,42							
N°50	0,297	194,92	669,04	457,63	59,38%	40,62%	5,00%	30,00%
N°60	0,25							
N°80	0,177							
N°100	0,149	136,73	805,77	320,9	71,52%	28,48%	0,00%	10,00%
N°120	0,125							
N°200	0,074						0,00%	5,00%
N°270	0,053							
PASA N°	N°100	320,9	320,9		28,48%			
SUMA		1126,67	1126,67		100,00%			
				MF	2,11			

Tabla 10. Granulometría Fucusucu V (Agregado fino)

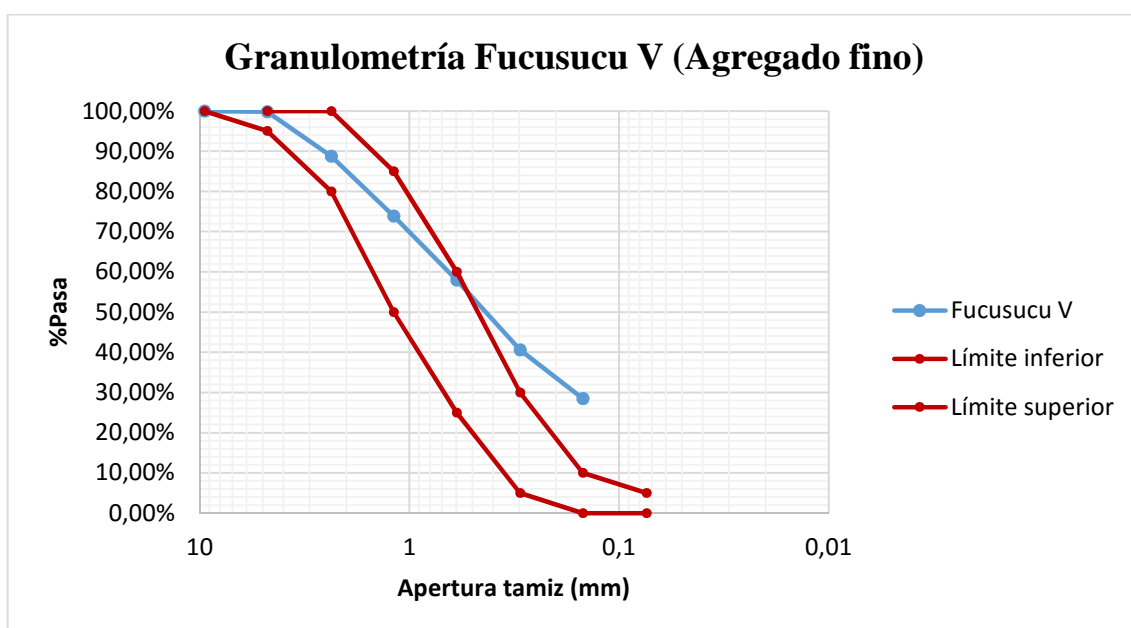


Gráfico 3. Granulometría Fucusucu V (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33

Granulometría Rosita (Agregado fino):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	%Pasa (ASTM C33)	
							Mínimo	Máximo
3/8"	9,51	1,37	1,37	1089,02	0,13%	99,87%	100,00%	
N°4	4,76	1,16	2,53	1087,86	0,23%	99,77%	95,00%	100,00%
N°8	2,362	34,81	37,34	1053,05	3,42%	96,58%	80,00%	100,00%
N°10	2,0							
N°16	1,19	108,67	146,01	944,38	13,39%	86,61%	50,00%	85,00%
N°20	0,841							
N°30	0,595	169,76	315,77	774,62	28,96%	71,04%	25,00%	60,00%
N°40	0,42							
N°50	0,297	242,7	558,47	531,92	51,22%	48,78%	5,00%	30,00%
N°60	0,25							
N°80	0,177							
N°100	0,149	184,5	742,97	347,42	68,14%	31,86%	0,00%	10,00%
N°120	0,125							
N°200	0,074						0,00%	5,00%
N°270	0,053							
PASA N°	N°100	347,42	347,42		31,86%			
SUMA		1090,39	1090,39		100,00%			
					MF	1,65		

Tabla 11. Granulometría Rosita (Agregado fino)

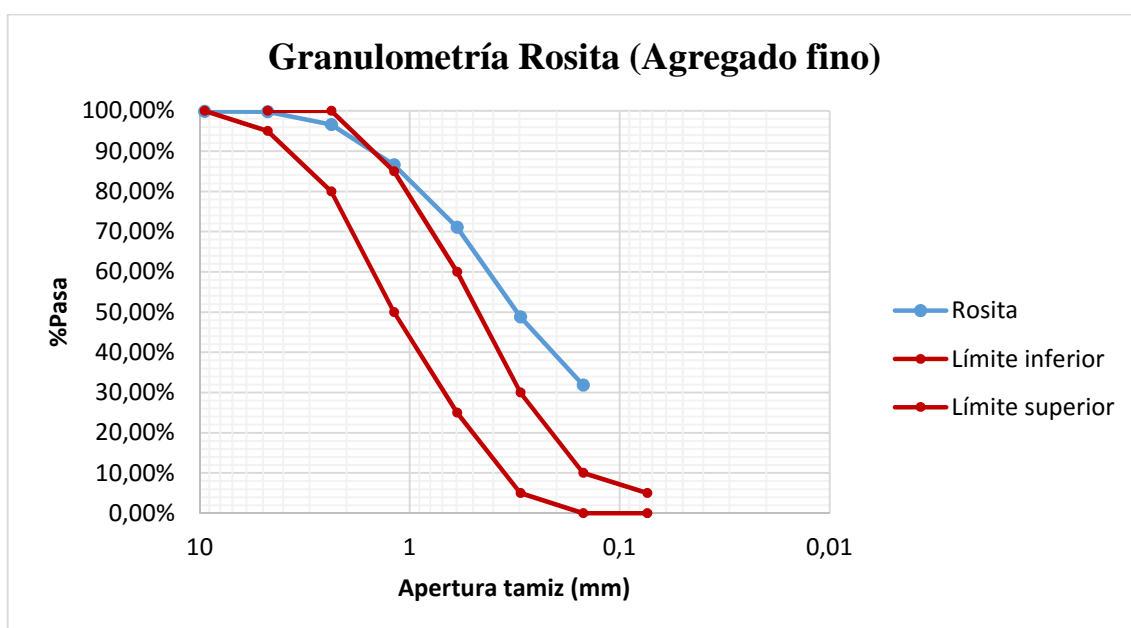


Gráfico 4. Granulometría Rosita (Agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33

Tabla y gráfico comparativos de las granulometrías de los agregados finos:

Malla N°	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (Pifo)	Porcentaje que pasa (Guabo)	Porcentaje que pasa (Fucusucu)	Porcentaje que pasa (Rosita)	% Pasa (ASTM C33)	
						Mínimo	Máximo
3/8"	9,51	100,00%	100,00%	100,00%	99,87%	100,00%	
N°4	4,76	99,98%	96,49%	99,77%	99,77%	95,00%	100,00%
N°8	2,362	81,07%	80,66%	88,75%	96,58%	80,00%	100,00%
N°10	2,0						
N°16	1,19	57,61%	67,31%	73,86%	86,61%	50,00%	85,00%
N°20	0,841						
N°30	0,595	39,54%	54,65%	57,92%	71,04%	25,00%	60,00%
N°40	0,42						
N°50	0,297	25,04%	39,50%	40,62%	48,78%	5,00%	30,00%
N°60	0,25						
N°80	0,177						
N°100	0,149	16,26%	26,51%	28,48%	31,86%	0,00%	10,00%
N°120	0,125						
N°200	0,074	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,00%
PASA N°	N°100						
SUMA							

Tabla 12. Resumen granulometría agregados finos

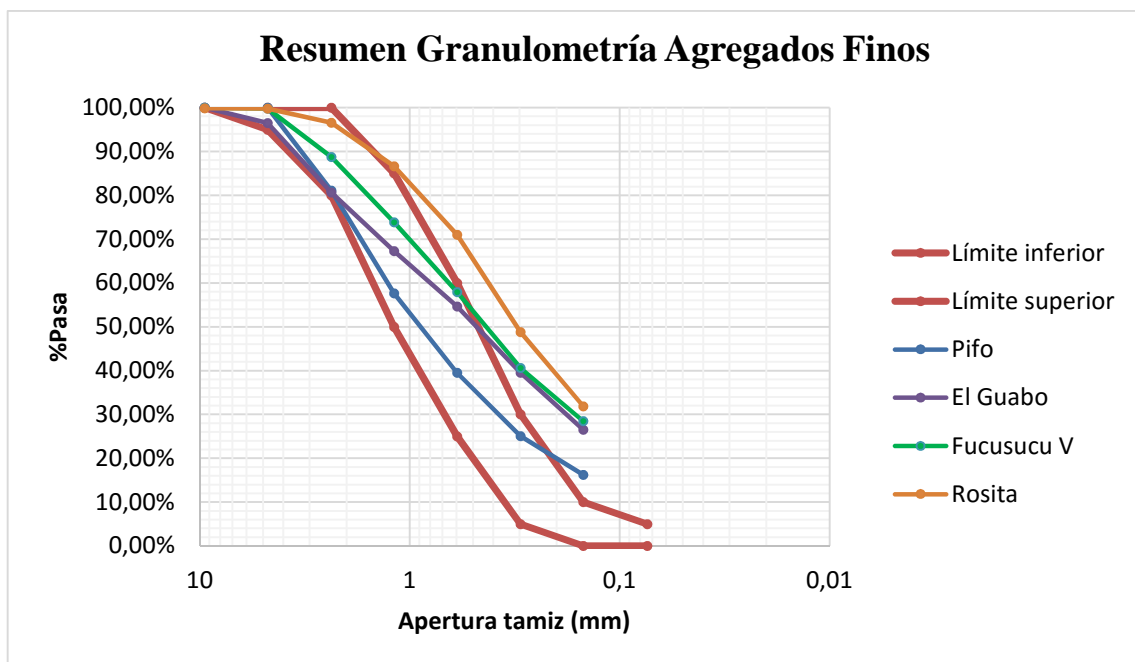


Gráfico 5. Resumen granulometría agregados finos con los límites según la norma ASTM C33

Observaciones: De acuerdo a la norma ASTM C33 de agregados para uso en hormigón, se definen 2 curvas límites para la arena. Se puede observar en el gráfico de resumen que la curva de la arena de Pifo es la que más se mantiene dentro de los límites, para las otras arenas, pertenecientes al sector de San Antonio – Pomasqui, es evidente que la gradación deja de ser uniforme por una presencia mayoritaria de finos ($< \text{TamizN}^{\circ}30$). A pesar de que los agregados finos no cumplen estrictamente con los límites establecidos, no es razón suficiente para descartar su uso en la elaboración de hormigón, puesto que el criterio de aceptación de un material no depende únicamente de la granulometría sino de varios otros factores.

Para los agregados gruesos de las distintas canteras:

Granulometría Pifo (Agregado grueso):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	%Pasa (ASTM C33)	
							Mínimo	Máximo
3"	76,1							
2 1/2"	64,0							
2"	50,8							
1 1/2"	38,1	0	0	21090	0,00%	100,00%	100,00%	
1"	25,4	155	155	20935	0,73%	99,27%	95,00%	100,00%
3/4"	19,0	3955	4110	16980	19,49%	80,51%		
1/2"	12,7	11295	15405	5685	73,04%	26,96%	25,00%	60,00%
3/8"	9,51	2610	18015	3075	85,42%	14,58%		
N°4	4,76	2420	20435	655	96,89%	3,11%	0,00%	10,00%
N°8	2,362						0,00%	5,00%
PASA N°	N°4	655	655		3,11%			
SUMA		21090	21090		100,00%			
				MF	7,02			
				TM	1,0			

Tabla 13. Granulometría Pifo (Agregado grueso)

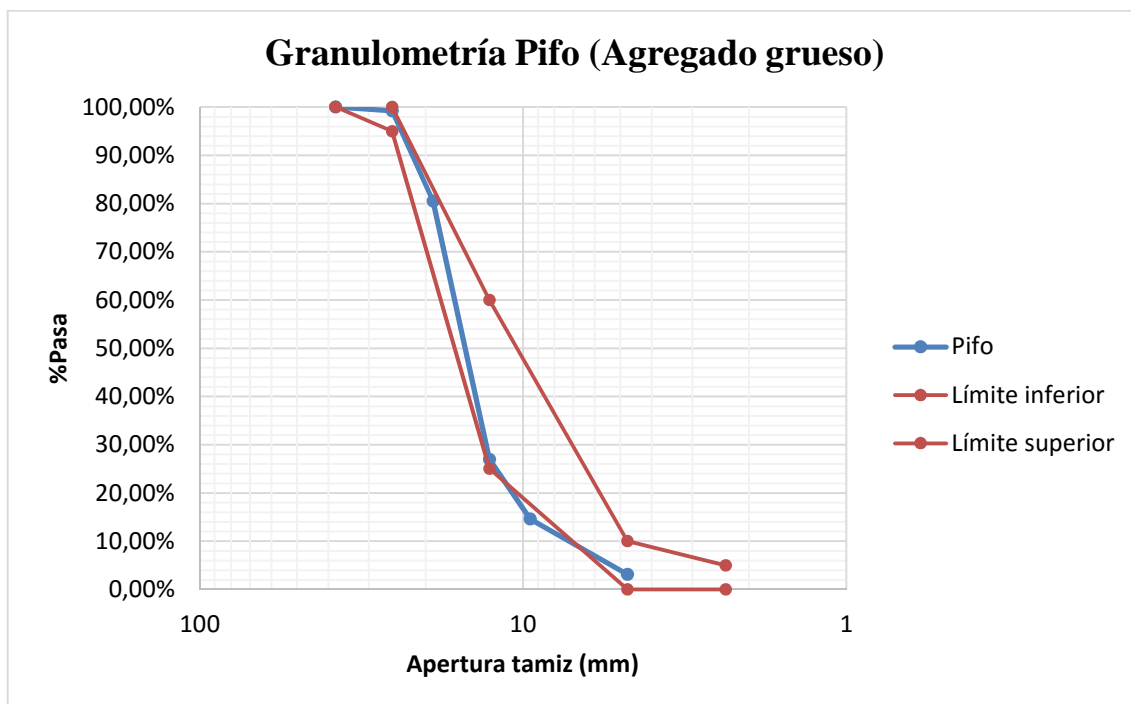


Gráfico 6. Granulometría Pifo (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33

Granulometría El Guabo (Agregado grueso):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	% Pasa (ASTM C33)		
							Mínimo	Máximo	
3"	76,1								
2 1/2"	64,0								
2"	50,8	0	0	20100	0,00%	100,00%	100,00%		
1 1/2"	38,1	145	145	19955	0,72%	99,28%	95,00%	100,00%	
1"	25,4	2740	2885	17215	14,35%	85,65%			
3/4"	19,0	4570	7455	12645	37,09%	62,91%	35,00%	70,00%	
1/2"	12,7	6515	13970	6130	69,50%	30,50%			
3/8"	9,51	2280	16250	3850	80,85%	19,15%	10,00%	30,00%	
N°4	4,76	2805	19055	1045	94,80%	5,20%	0,00%	5,00%	
N°8	2,362								
PASA N°	N°4	1045	1045		5,20%				
SUMA		20100	20100		100,00%				
					MF	7,13			
					TM	1,5			

Tabla 14. Granulometría El Guabo (Agregado grueso)

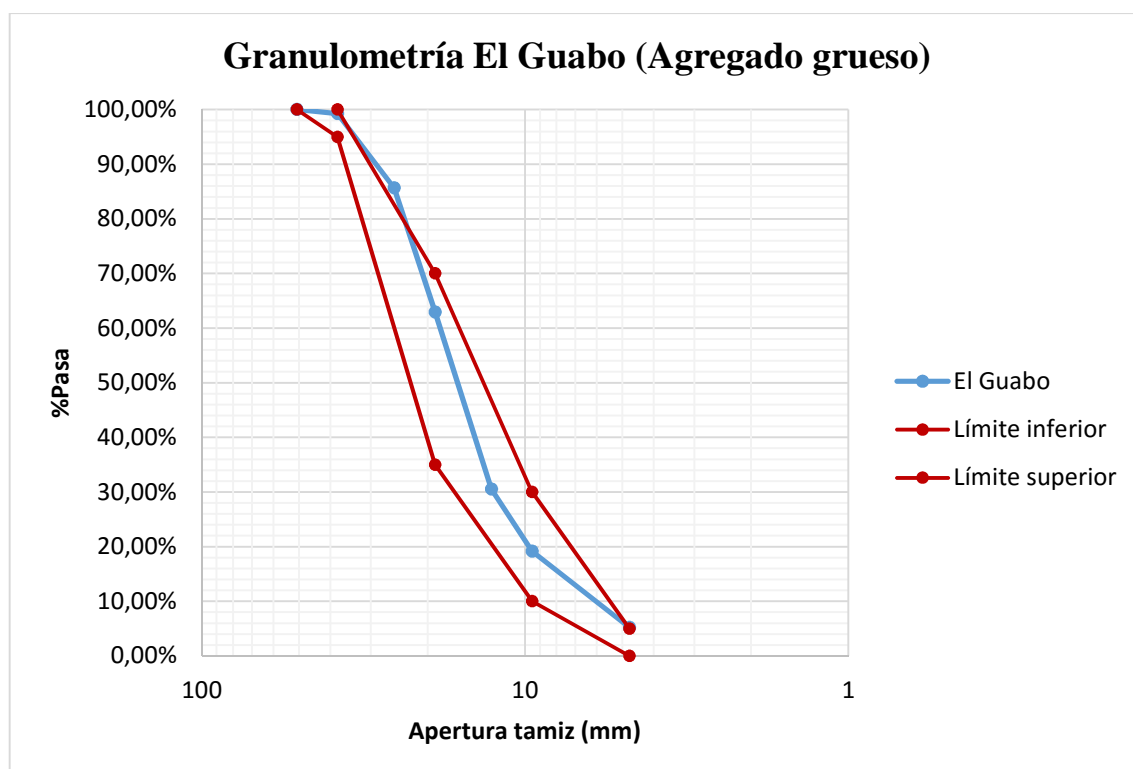


Gráfico 7. Granulometría El Guabo (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33

Granulometría Fucusucu V (Agregado grueso):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	% Pasa (ASTM C33)		
							Mínimo	Máximo	
3"	76,1								
2 1/2"	64,0								
2"	50,8	0	0	20600	0,00%	100,00%	100,00%		
1 1/2"	38,1	335	335	20265	1,63%	98,37%	95,00%	100,00%	
1"	25,4	1980	2315	18285	11,24%	88,76%			
3/4"	19,0	3760	6075	14525	29,49%	70,51%	35,00%	70,00%	
1/2"	12,7	6320	12395	8205	60,17%	39,83%			
3/8"	9,51	3100	15495	5105	75,22%	24,78%	10,00%	30,00%	
N°4	4,76	4540	20035	565	97,26%	2,74%	0,00%	5,00%	
N°8	2,362								
PASA N°	N°4	565	565		2,74%				
SUMA		20600	20600		100,00%				
					MF	7,04			
					TM	1,5			

Tabla 15. Granulometría Fucusucu V (Agregado grueso)

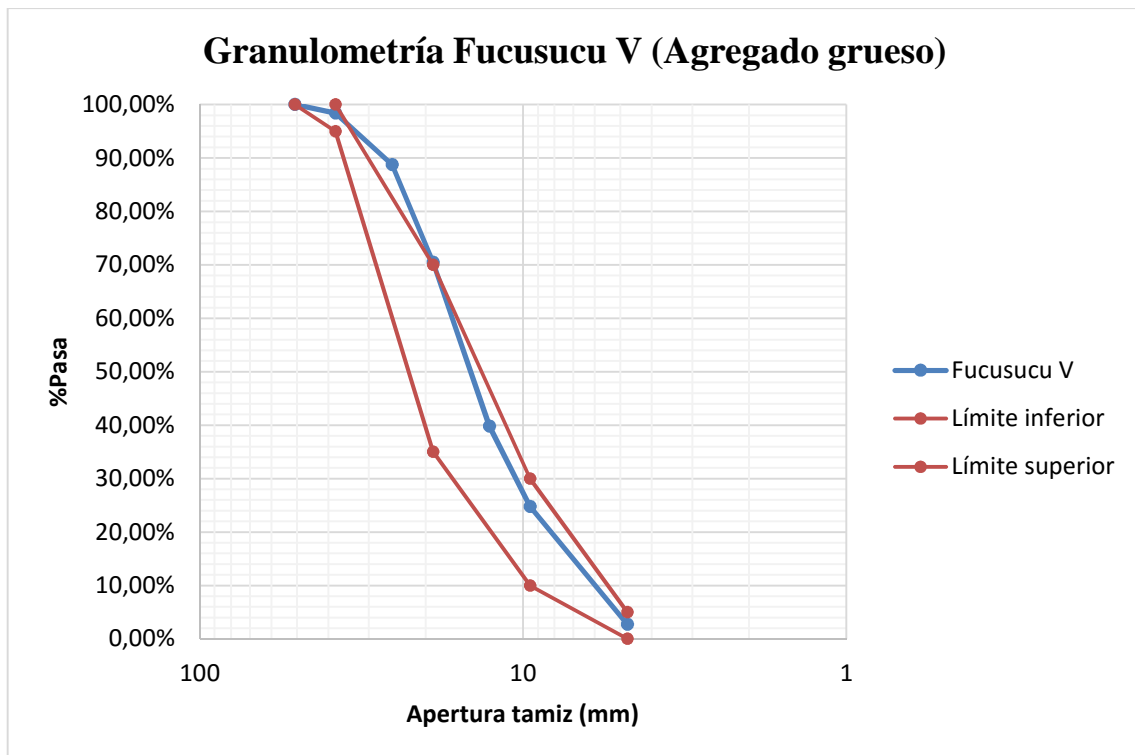


Gráfico 8. Granulometría Fucusucu V (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33

Granulometría Rosita (Agregado grueso):

Malla N°	Abertura (mm)	Masa retenida parcial (g)	Masa retenida acumulada (g)	Masa pasa acumulada (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	% Pasa (ASTM C33)		
							Mínimo	Máximo	
3"	76,1								
2 1/2"	64,0								
2"	50,8	0	0	21885	0,00%	100,00%	100,00%		
1 1/2"	38,1	515	515	21370	2,35%	97,65%	95,00%	100,00%	
1"	25,4	4070	4585	17300	20,95%	79,05%			
3/4"	19,0	4785	9370	12515	42,81%	57,19%	35,00%	70,00%	
1/2"	12,7	6435	15805	6080	72,22%	27,78%			
3/8"	9,51	2775	18580	3305	84,90%	15,10%	10,00%	30,00%	
N°4	4,76	2660	21240	645	97,05%	2,95%	0,00%	5,00%	
N°8	2,362								
PASA N°	N°4	645	645		2,95%				
SUMA		21885	21885		100,00%				
					MF	7,27			
					TM	1,5			

Tabla 16. Granulometría Rosita (Agregado grueso)

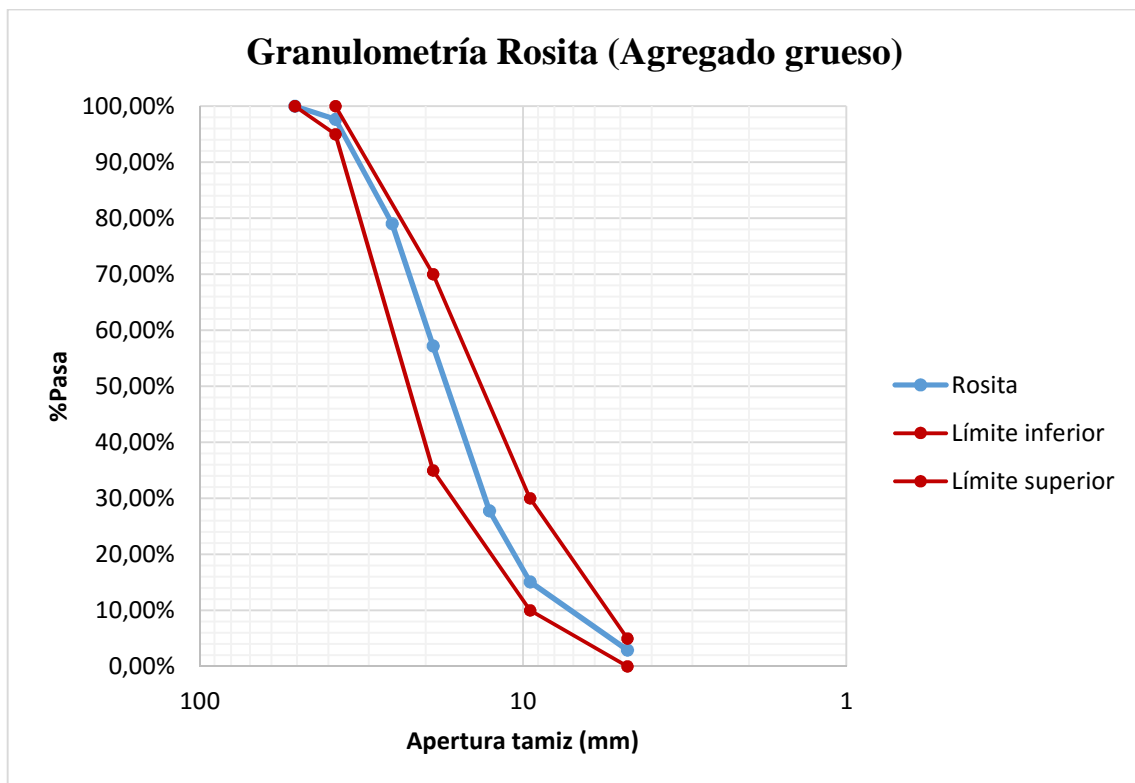


Gráfico 9. Granulometría Rosita (Agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33

Tabla y gráfico comparativos de las granulometrías de los agregados gruesos:

Malla N°	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (Guabo)	Porcentaje que pasa (Fucusucu)	Porcentaje que pasa (Rosita)	%Pasa (ASTM C33)	
					Mínimo	Máximo
3"	76,1					
2 1/2"	64,0					
2"	50,8	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
1 1/2"	38,1	99,28%	98,37%	97,65%	95,00%	100,00%
1"	25,4	85,65%	88,76%	79,05%		
3/4"	19,0	62,91%	70,51%	57,19%	35,00%	70,00%
1/2"	12,7	30,50%	39,83%	27,78%		
3/8"	9,51	19,15%	24,78%	15,10%	10,00%	30,00%
N°4	4,76	5,20%	2,74%	2,95%	0,00%	5,00%
N°8	2,362					

Tabla 17. Resumen granulometría agregados gruesos

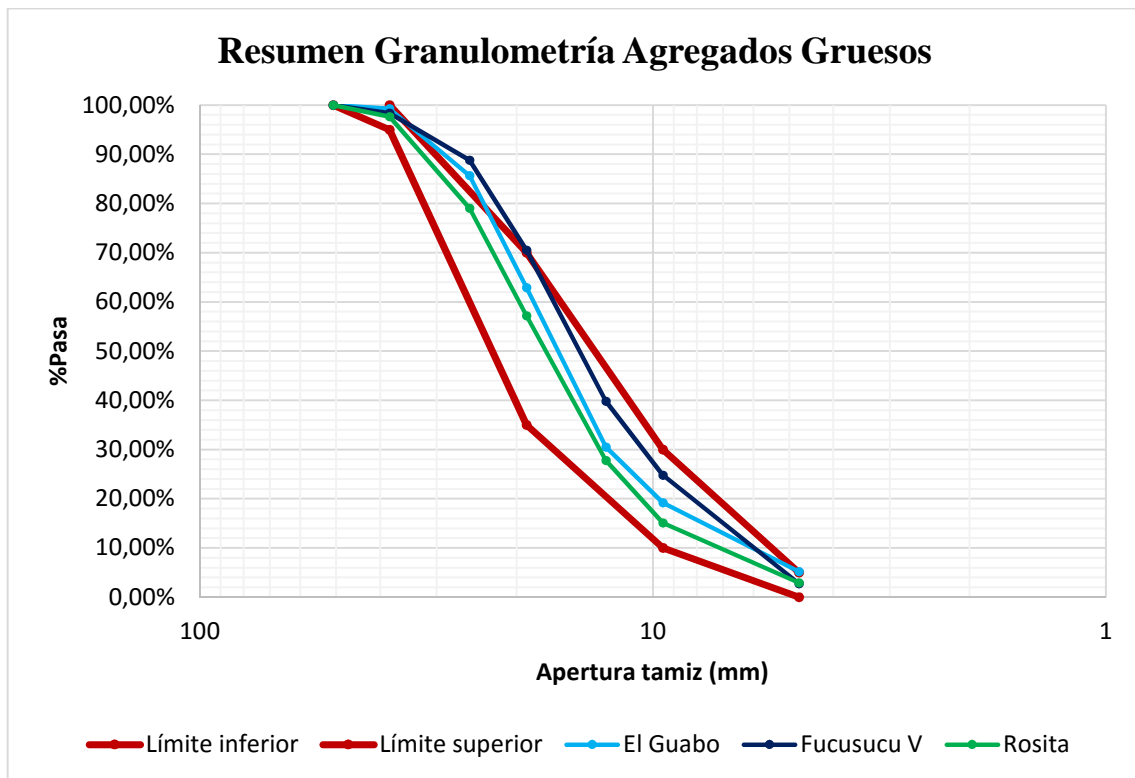


Gráfico 10. Resumen granulometría agregados gruesos con los límites según la norma ASTM C33

Observaciones: La norma ASTM C33 da limitaciones para granulometría de agregados gruesos para hormigón según el tamaño máximo nominal (TMN) y dado que en la cantera de Pifo el TMN es 1 pulgada, no se darán los mismos límites que para los agregados de El Guabo, Fucusucu V y Rosita cuyos tamaños máximos son 1 ½ pulgada, los tipos de agregados según la norma antes mencionada son: para Pifo – 467 y para El Guabo, Fucusucu V y Rosita – 57 (Table 3 Grading Requirements for Coarse Aggregates). Por esta razón hemos excluido al agregado grueso de Pifo de la comparación granulométrica.

En la granulometría de Pifo se puede observar que cumple con los límites de la norma ASTM C33 para agregado grueso tipo 467 (TMN 1 pulgada). Para los agregados de San Antonio – Pomasqui existe un ligero excedente de material de 1 pulgada según los requerimientos para agregado grueso tipo 57 (TMN 1 ½ pulgada), pero de igual manera que en el agregado fino la distorsión en la gradación no proporciona el suficiente criterio para descartar el material.

3.2.2. Material fino que pasa el tamiz N°200 (ASTM C117)

Este ensayo es necesario ya que si se tiene una cantidad importante de material fino que pasa el tamiz N°200 se puede regular los porcentajes de agregado grueso y agregado fino que se va a ocupar en la dosificación del hormigón debido a que el material fino del agregado grueso ayudará en la conformación de la pasta. Se recomienda que el material fino que pase el tamiz N°200 no supere el 5% para el agregado fino y si es manufacturado puede subir a 7%. Para el agregado grueso el material fino no debe superar el 1%.

Cantera-Agregado	Masa inicial de la muestra (gr)	Masa retenida en el tamiz N°200 (gr)	Porcentaje que pasa el tamiz N°200	Límite máximo según ASTM C33
Pifo-Grueso	5000	4975	0,50%	1,00%
Pifo-Fino	508,88	440,34	13,47%	7,00%
El Guabo-Grueso	5000	4975	0,50%	1,00%
El Guabo-Fino	502,32	396,64	21,04%	5,00%
Fucusucu V-Grueso	5000	4920	1,60%	1,00%
Fucusucu V-Fino	500,19	395,76	20,88%	5,00%
Rosita-Grueso	5000	4990	0,20%	1,00%
Rosita-Fino	510,31	387,67	24,03%	5,00%

Tabla 18. Porcentaje de material que pasa el tamiz N°200

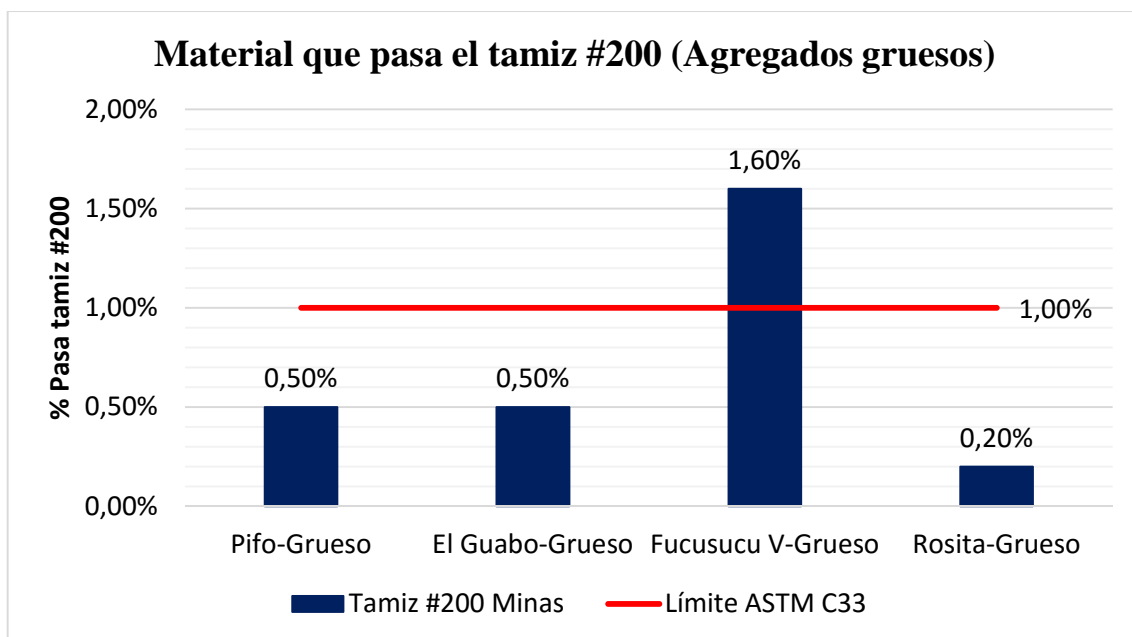


Gráfico 11. Resumen material fino que pasa el tamiz #200 en los agregados gruesos. Con el límite según la norma ASTM C33

Observaciones: Todos los agregados gruesos cumplen con el límite a excepción de Fucusucu V que sobrepasa el 1%.

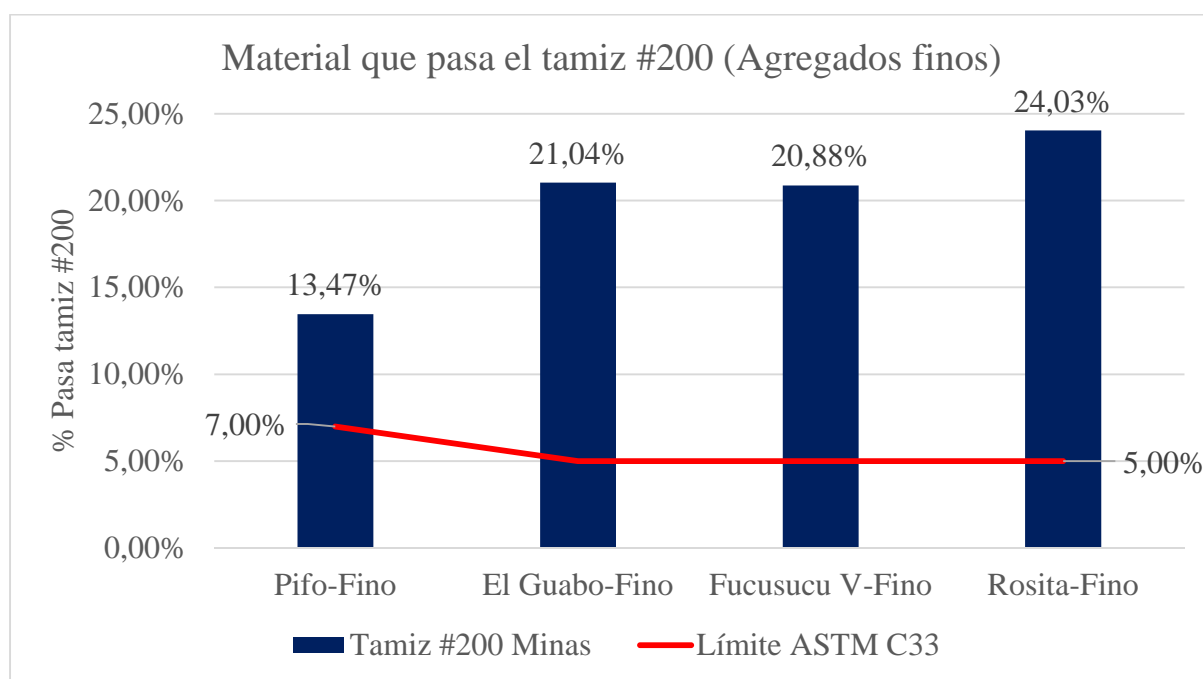


Gráfico 12. Resumen material fino que pasa el tamiz #200 en los agregados finos. Con el límite según la norma ASTM C33

Observaciones: Todos los agregados finos superan los límites de 7% para Pifo y 5% para el resto.

3.2.3. Contenido orgánico (ASTM C40)

Este ensayo nos muestra si el agregado fino contiene material orgánico que podría ser perjudicial sobre todo en la elaboración de morteros, ya que puede tener una implicancia en la resistencia de dichos morteros. El uso de agregado fino que falle este ensayo no está prohibido si la resistencia de los morteros a los 7 días corresponde al 95% de la resistencia esperada en el mismo período de tiempo.

Material	Número en la Escala
Pifo	1
El Guabo	1
Fucusucu V	1
Rosita	1

Tabla 19. Contenido orgánico de los agregados finos de todas las canteras

Observaciones: Ninguna arena de las distintas canteras tiene contenido orgánico significativo que pueda ser perjudicial en la elaboración de hormigón.

3.2.4. Contenido de terrones de arcilla (ASTM C142)

Este ensayo nos sirve para obtener el porcentaje de terrones de arcilla con respecto a la masa total de la muestra, que según la norma ASTM C33 (Standard Specification for Concrete Aggregates) no debe ser superior al 3% en el agregado fino, mientras que para el agregado grueso el rango varía del 2% al 10% como máximo según el uso que se dará al hormigón. La importancia de este ensayo se debe a la posible presencia de sustancias peligrosas en los agregados que pueden reaccionar con los álcalis del cemento, aunque su uso no está prohibido si el cemento a utilizar no supera el límite de 0,60% de álcalis calculado como equivalente de óxido de sodio.

Porcentaje de terrones de arcilla en los materiales finos y gruesos de las distintas canteras

Cantera	Agregado	% de terrones de arcilla	Máximo (ASTM C33)
Pifo	Fino	0,4%	3,0%
Pifo	Grueso	0,1%	2,0%
El Guabo	Fino	1,1%	3,0%
El Guabo	Grueso	0,2%	2,0%
Fucusucu V	Fino	0,4%	3,0%
Fucusucu V	Grueso	0,4%	2,0%
Rosita	Fino	2,8%	3,0%
Rosita	Grueso	0,3%	2,0%

Tabla 20. Resumen de los porcentajes de terrones de arcilla en materiales finos y gruesos de las distintas canteras.

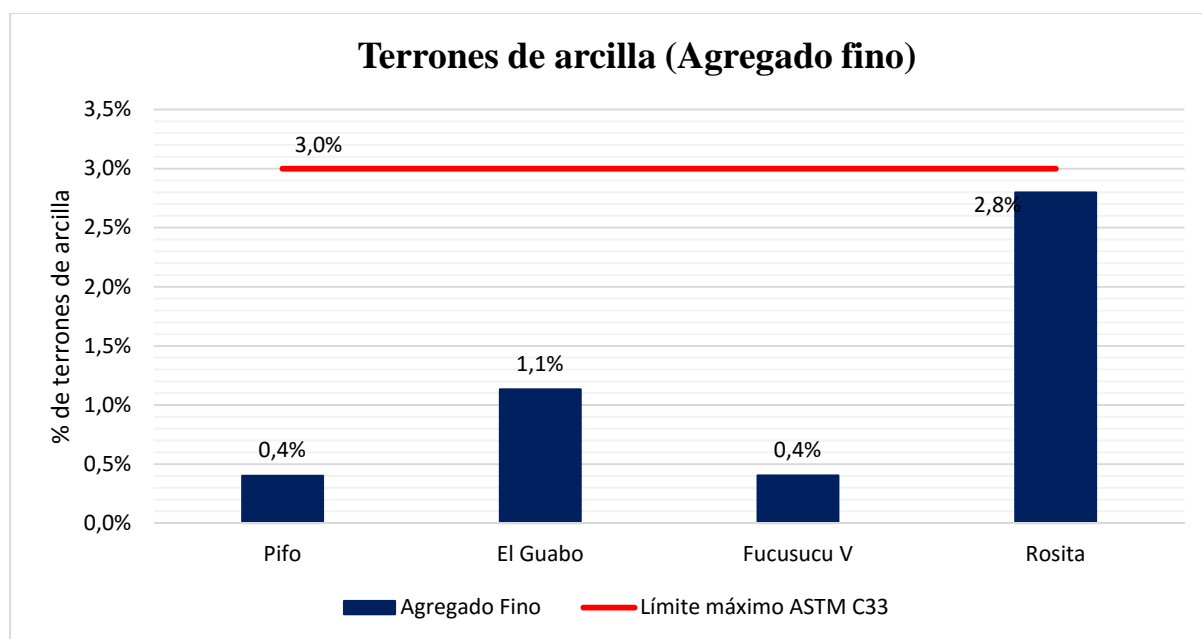


Gráfico 13. Resumen de los porcentajes de terrones de arcilla en materiales finos de las distintas canteras con los límites según la norma ASTM C33.

Observaciones: Todas las canteras cumplen con el límite máximo para agregado fino establecido en la norma ASTM C33.

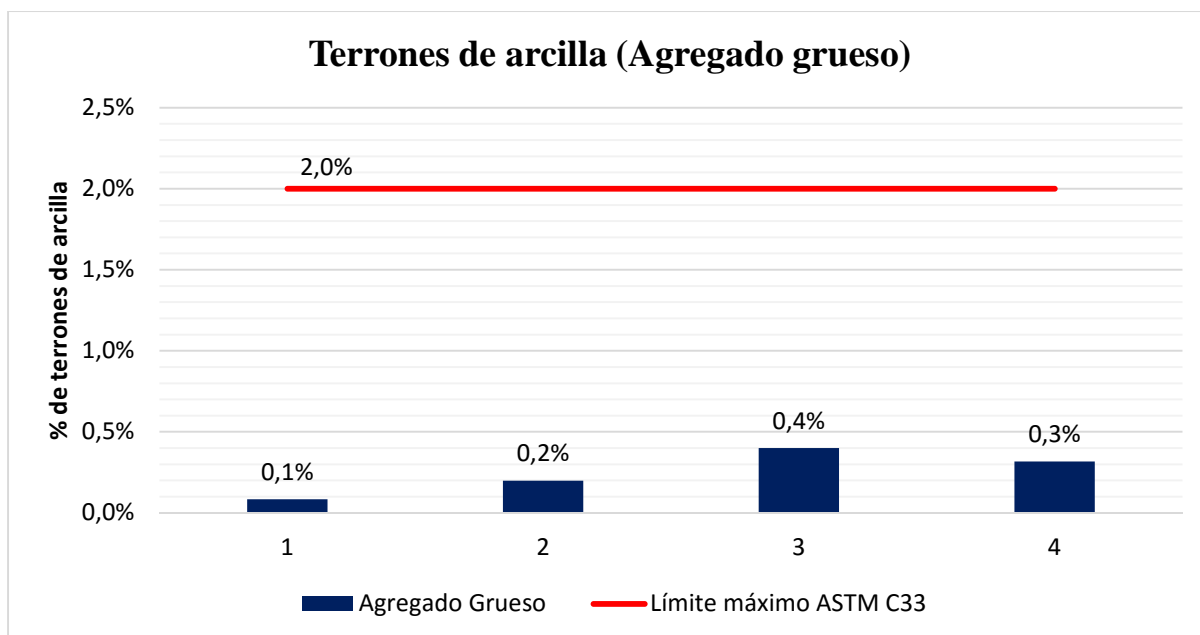


Gráfico 14. Resumen de los porcentajes de terrones de arcilla en materiales gruesos de las distintas canteras con los límites según la norma ASTM C33.

Observaciones: Todas las canteras cumplen con el límite máximo para agregado grueso según la norma ASTM C33.

3.2.5. Abrasión (ASTM C131)

Este ensayo es muy importante para medir la capacidad del agregado grueso en términos de resistencia en una mezcla de hormigón, ya que la resistencia del hormigón está directamente relacionada con la del agregado grueso. Si tenemos una abrasión más baja podemos esperar un comportamiento del agregado grueso adecuado dentro de la mezcla de hormigón. Los límites establecidos por la ASTM C33 para la abrasión en todo tipo de uso que se le puede dar al hormigón no deben superar el 50% de abrasión en la máquina de los ángeles.

Abrasión de los materiales gruesos de las distintas canteras:

Material	Abrasión Tipo	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Abrasión (%)	Máximo ASTM C33
Pifo	B	5,000	3,930	21%	50%
El Guabo	A	5,005	2,400	52%	50%
Fucusucu V	A	5,000	1,930	61%	50%
Rosita	A	5,000	2,005	60%	50%

Tabla 21. Porcentaje de abrasión de los agregados gruesos de las distintas canteras.

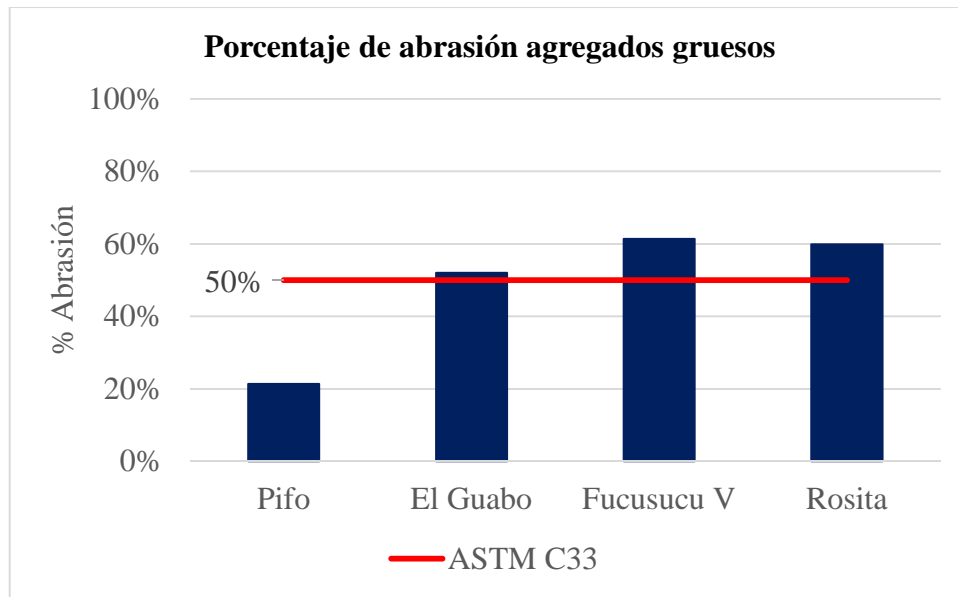


Gráfico 15. Porcentaje de abrasión de los agregados gruesos de las distintas canteras. Con el límite según la norma ASTM C33

Observaciones: Solo la cantera de Pifo cumple con la norma al estar bajo el límite establecido de 50%. Las canteras de Pomasqui – San Antonio superan dicho límite.

3.2.6. Gravedad específica y absorción (ASTM C127 y C128)

Este ensayo es de mucha importancia porque con los valores de gravedad específica se trabaja la dosificación de la mezcla de hormigón. Igualmente el valor de absorción es muy importante ya que con este valor más el de humedad natural se puede calcular el agua de mezcla a utilizar a partir del agua neta. Otro aspecto en el que se ocupan ambos valores, gravedad específica y absorción, es en la corrección por peso unitario que también se lo hace en el cálculo de la dosificación.

Gravedad específica agregados finos:

Masa Matraz (g)	149,70
Volúmen del matraz (ml)	500,00

Material	Masa Matraz+Agua+Muestra (g)	Masa SSS (g)	Masa seca (g)	Masa de agua (g)	Gravedad específica Bulk	Gravedad específica SSS	Gravedad específica aparente	Absorción
Pifo	952,41	500,23	481,30	302,48	2,44	2,53	2,69	3,9%
El Guabo	942,68	500,18	467,62	292,80	2,26	2,41	2,68	7,0%
Fucusucu V	952,55	501,27	478,18	301,58	2,41	2,53	2,73	4,8%
Rosita	925,45	484,75	448,93	291,00	2,15	2,32	2,59	8,0%

Tabla 22. Gravedad específica de los agregados finos de las distintas canteras.

Gravedad específica agregados gruesos:

Material	Masa SSS (kg)	Masa Seca (kg)	Masa Sumergida (kg)	Gravedad específica Bulk	Gravedad específica SSS	Gravedad específica aparente	Absorción
Pifo	5,675	5,500	3,428	2,45	2,53	2,65	3,2%
El Guabo	5,295	5,110	3,203	2,44	2,53	2,68	3,6%
Fucusucu V	5,403	5,205	3,223	2,39	2,48	2,63	3,8%
Rosita	5,477	5,270	3,293	2,41	2,51	2,67	3,9%

Tabla 23. Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos de las distintas canteras.

3.2.7. Peso unitario y porcentaje de vacíos (ASTM C29)

El peso unitario es una medida de cuanto material, ya sea fino o grueso, ocupa un volumen determinado, por lo tanto este es un valor muy importante a la hora del transporte de materiales, debido a que se ocupan volúmenes grandes de volquetas y tenemos que saber de cuanto material realmente disponemos ya que el volumen de vacíos puede ser importante (aunque hay que tomar en cuenta el grado de compactación del material).

Peso unitario y porcentaje de vacíos de agregados finos y gruesos de las distintas canteras

Cantera	Agregado	Masa molde (Kg)	Volumen molde (cm ³)	Masa de molde + masa de material (Kg)	Peso unitario (Kg/m ³)	Vacíos (%)
Pifo	Grueso	8,54	9950,00	22,14	1366	44,1%
	Fino	5,05	2980,00	9,91	1631	32,9%
El Guabo	Grueso	8,55	14060,00	29,18	1467	39,8%
	Fino	5,05	2980,00	10,14	1708	24,2%
Fucusucu V	Grueso	8,55	14060,00	29,95	1522	36,1%
	Fino	5,05	2980,00	10,49	1826	24,1%
Rosita	Grueso	8,55	14060,00	29,13	1463	39,2%
	Fino	5,05	2980,00	9,42	1466	31,6%

Tabla 24. Resumen de pesos unitarios y porcentajes de vacíos de los agregados finos y gruesos de las distintas canteras.

3.2.8. Desgaste a los sulfatos (ASTM C88)

Este ensayo es muy importante para conocer si se puede esperar un buen comportamiento y durabilidad en hormigones y morteros, si estos se encuentran expuestos a factores adversos del clima o uso, que pueden generar desgaste en los agregados del hormigón. El desgaste aceptable para el agregado fino es 10%, mientras que para el agregado grueso es 12% si se ocupa sulfato de sodio para realizar el ensayo. Hay que tomar en cuenta que la norma ASTM C88 establece que este ensayo tiene una precisión pobre y no debe ser causa de rechazo para los agregados que no cumplan, sin confirmación con otras pruebas más específicas.

Desgaste a los sulfatos Pifo (agregado fino y agregado grueso):

Tamiz	Porcentaje de tamaño según granulometría	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste parcial (%)	Desgaste total (%)	Máximo ASTM C33
Agregado Grueso						
3/4"	18,76%	506,62	464,50	8%	2%	-
1/2"	53,55%	674,75	628,25	7%	4%	
3/8"	12,38%	333,47	314,00	6%	1%	
N°4	11,47%	300,29	292,17	3%	0%	
Total					6%	
Agregado Fino						
N°4	0,02%	-	-	4%	0%	-
N°8	18,91%	111,24	106,42	4%	1%	
N°16	23,46%	111,49	105,76	5%	1%	
N°30	18,07%	111,80	108,02	3%	1%	
N°50	14,50%	116,21	113,18	3%	0%	
Total					3%	10%

Tabla 25. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de Pifo (agregado fino y agregado grueso).

Desgaste a los sulfatos El Guabo (agregado fino y agregado grueso):

Tamiz	Porcentaje de tamaño según granulometría	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste parcial (%)	Desgaste total (%)	Máximo ASTM C33
Agregado Grueso						
1"	13,63%	1013,33	186,87	82%	11%	-
3/4"	22,74%	505,17	13,35	97%	22%	
1/2"	32,41%	672,78	279,35	58%	19%	
3/8"	11,35%	332,76	206,81	38%	4%	
N°4	13,95%	300,20	265,35	12%	2%	
Total					58%	12%
Agregado Fino						
N°4	3,51%	-	-	28%	1%	-
N°8	15,83%	118,57	85,71	28%	4%	
N°16	13,35%	112,04	93,12	17%	2%	
N°30	12,39%	118,02	106,41	10%	1%	
N°50	15,15%	112,54	105,83	6%	1%	
Total					10%	10%

Tabla 26. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de El Guabo (agregado fino y agregado grueso)

Desgaste a los sulfatos Fucusucu V (agregado fino y agregado grueso):

Tamiz	Porcentaje de tamaño según granulometría	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste parcial (%)	Desgaste total (%)	Máximo ASTM C33
Agregado Grueso						
1"	0,0961	1000,34	487,62	51%	5%	-
3/4"	0,1825	504,57	145,25	71%	13%	
1/2"	0,3068	672,87	435,70	35%	11%	
3/8"	0,1505	331,68	184,69	44%	7%	
N°4	0,2204	300,96	256,45	15%	3%	
Total					39%	12%
Agregado Fino						
N°4	0,23%	-	-	14%	0%	-
N°8	11,22%	112,27	96,94	14%	2%	
N°16	14,89%	117,70	107,82	8%	1%	
N°30	15,94%	113,42	105,96	7%	1%	
N°50	17,30%	114,47	110,73	3%	1%	
Total					4%	10%

Tabla 27. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de Fucusucu V (agregado fino y agregado grueso)

Desgaste a los sulfatos Rosita (agregado fino y agregado grueso):

Tamiz	Porcentaje de tamaño según granulometría	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste parcial (%)	Desgaste total (%)	Máximo ASTM C33
Agregado Grueso						
1"	18,60%	1000,59	465,43	53%	10%	-
3/4"	21,86%	501,68	245,92	51%	11%	
1/2"	29,41%	672,94	497,81	26%	8%	
3/8"	12,68%	331,02	210,10	37%	5%	
N°4	12,15%	300,41	257,92	14%	2%	
Total					35%	12%
Agregado fino						
N°4	0,10%	-	-	24%	0%	-
N°8	3,19%	120,08	91,24	24%	1%	
N°16	9,97%	107,72	105,02	3%	0%	
N°30	15,57%	114,82	109,45	5%	1%	
N°50	22,26%	112,04	108,86	3%	1%	
Total					2%	10%

Tabla 28. Porcentaje de desgaste a los sulfatos de Rosita (agregado fino y agregado grueso)

Resumen de porcentaje de desgaste a los sulfatos de todas las canteras (agregado fino y agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33

Cantera	Agregado	Desgaste total (%)	Máximo ASTM C33
Pifo	Grueso	6%	12%
Pifo	Fino	3%	10%
El Guabo	Grueso	58%	12%
El Guabo	Fino	10%	10%
Fucusucu V	Grueso	39%	12%
Fucusucu V	Fino	4%	10%
Rosita	Grueso	35%	12%
Rosita	Fino	2%	10%

Tabla 29. Resumen de porcentaje de desgaste a los sulfatos de todas las canteras (agregado fino y grueso). Con los límites según la norma ASTM C33

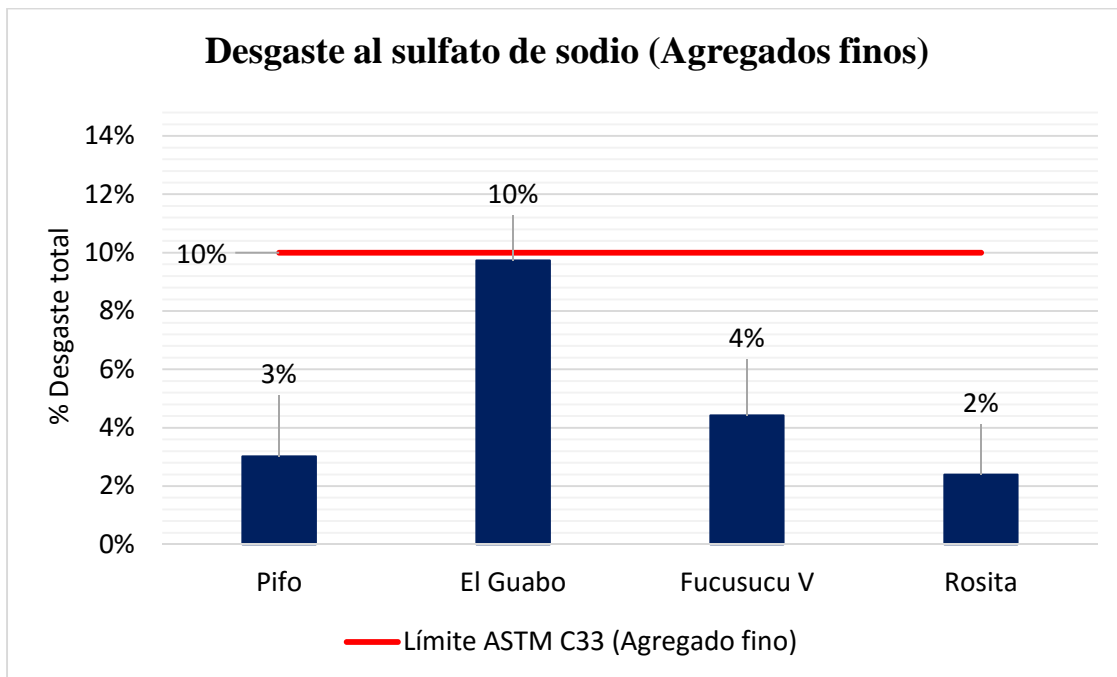


Gráfico 16. Resumen de porcentaje de desgaste a los sulfatos de todas las canteras (agregado fino) con los límites según la norma ASTM C33

Observaciones: Todas las canteras cumplen con el límite de 10% establecido en la norma ASTM C33.

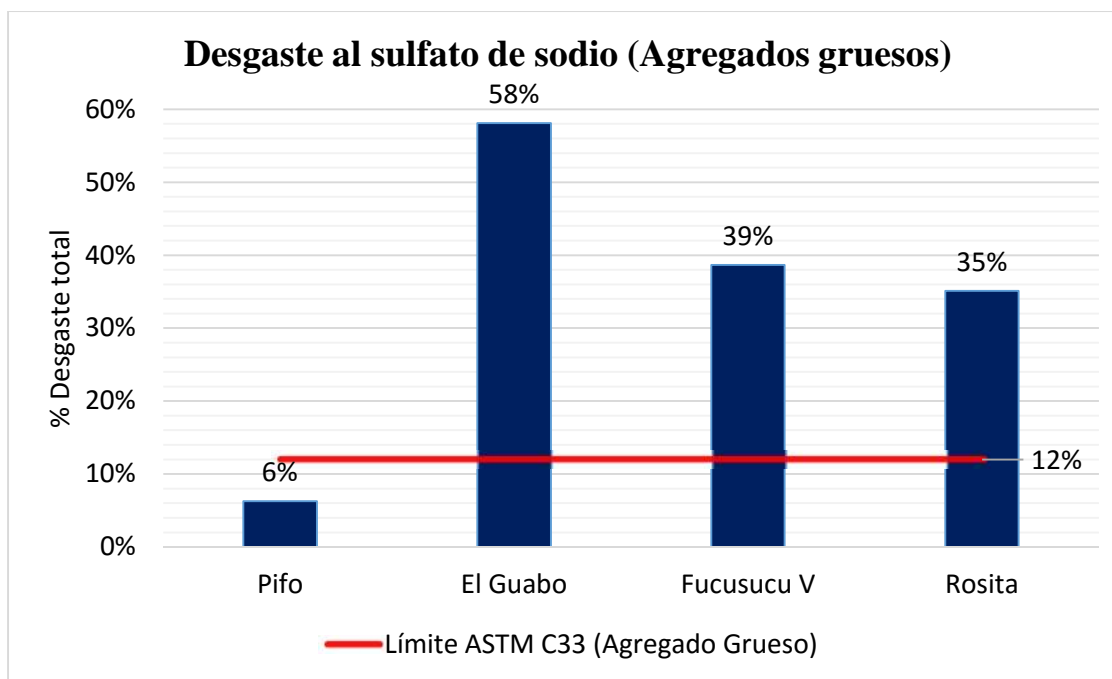


Gráfico 17. Resumen de porcentaje de desgaste a los sulfatos de todas las canteras (agregado grueso) con los límites según la norma ASTM C33

Observaciones: La cantera de Pifo es la única que cumple con el límite de 12% de desgaste a los sulfatos en el agregado grueso. Las canteras de Pomasqui – San Antonio no cumplen con dicho límite.

3.3. Reactividad Álcali-Agregado

La reactividad álcali agregado es una reacción química que se produce entre los hidróxidos alcalinos del cemento y algunos constituyentes de los agregados. Esta reactividad álcali-agregado sólo puede considerarse perjudicial si se produce una expansión significativa, para el estudio de este problema tenemos ensayos de la ASTM, en esta tesis se utilizó el de expansión acelerada de la barra de mortero.

Existen 2 tipos de reactividad álcali-agregado las cuales son, la reacción álcali – sílice (RAS) y la reacción álcali – carbonato (RAC). La más común es la reacción álcali-sílice, ya que existen más agregados con minerales reactivos de sílice. (Kotsmatka,121)

3.3.1. Mecanismo de la reacción álcali – sílice

La reacción álcali-sílice forma un gel que se expande cuando absorbe agua de la pasta de cemento a su alrededor. Los productos de esta reacción de RAS tienen una gran afinidad con el agua o la humedad, es decir son productos hidrofílicos. Este gel, al producir la

reacción y la posterior absorción de agua, induce presión, expansión y fisuración en el mortero o mezcla de hormigón. (Kotsmatka, 122)

La reacción se puede dividir en dos etapas:

Hidróxido alcalino + Gel de sílice reactiva = Producto de la reacción (gel álcali-sílice)

Gel álcali-sílice + Humedad = Expansión

Podemos decir que las condiciones que se requieren para que ocurra la reacción álcali-agregado son las siguientes:

- Un alto contenido de álcali en el cemento (o en otras fuentes como el agua).
- Un agregado que sea reactivo al álcali.
- Una alta cantidad de agua en el hormigón, debido a que el gel álcali-sílice formado de la primera etapa de la reacción necesita agua para producir la expansión.

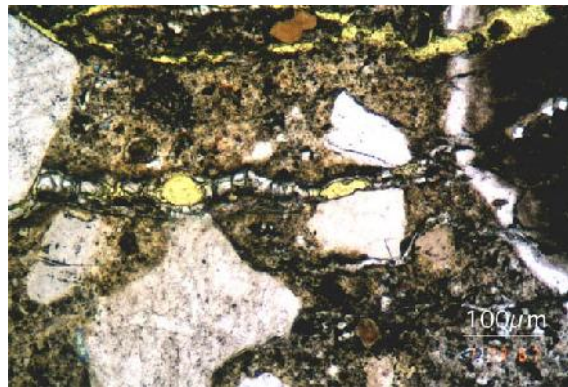


Gráfico 18. Sección de hormigón vista con microscopio donde el gel de sílice ha generado grietas. Tomado de www.understanding-cement.com.

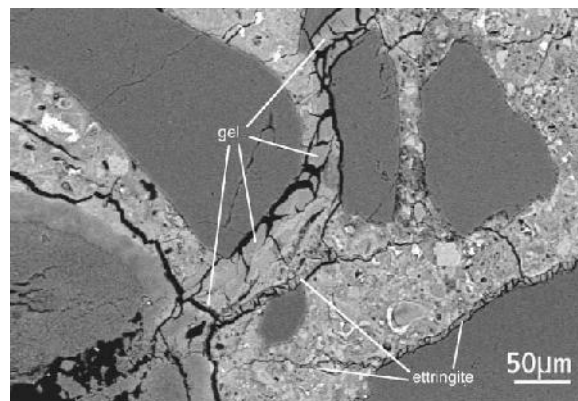


Gráfico 19. Detalle de una partícula de sílex, mostrando como el gel ha formado grietas en el hormigón. Tomado de www.understanding-cement.com.

3.3.2. Componentes de la reacción álcali-sílice

3.3.2.1. Cemento

Se considera que el límite de álcalis (hidróxidos, óxidos, carbonatos) es de 0,6% en el cemento para que éste pueda ser ocupado en la fabricación de hormigones si se ocupan agregados potencialmente reactivos. (upcommons.upc.edu)

3.3.2.2. Agregados reactivos

Los agregados que son considerados reactivos son principalmente los que tienen presencia de cuarzo, en su forma criptocristalina en rocas sedimentarias, en una menor escala los que tienen cuarzo grueso granular, fracturado y deformado de las rocas plutónicas y metamórficas (cuarzo ondulatorio en sílice de rocas minerales y rocas ácidas a intermedias). (upcommons.upc.edu).



Gráfico 20. Cuarzo criptocristalino. Tomado de forodeminerales.blogspot.com

En la reactividad de los agregados influye mucho las propiedades físicas como el tamaño de las partículas, ya que los estudios muestran que para un mismo agregado de una misma especie mineral un agregado más grande presentará una mayor expansión.

3.3.3. Fuentes externas de álcalis

Las fuentes externas principales del álcalis son las sales presentes en el agua, sobretodo en agua de mar o en la brisa marina, éstos álcalis que se derivan de estas fuentes se acumulan en los poros del hormigón o mortero aumentando la alcalinidad, haciendo más propensa la reacción álcali-sílice con los agregados reactivos. (upcommons.upc.edu)

3.3.4. Agentes influyentes en la reacción álcali-sílice

Los 2 agentes principales en la reacción álcali-sílice son:

3.3.4.1. Condiciones ambientales

Se requiere que exista humedad para que la segunda fase de la reacción (expansión) se produzca, por lo tanto en un ambiente seco el RAS no se completará, a menos que exista un humedecimiento y secado cíclico del hormigón. (blog.360gradosenconcreto.com)

3.3.4.2. Temperatura

Esto tiene que ver sobre todo con la velocidad de la reacción, a bajas temperaturas la reacción que se produce es muy lenta, por lo tanto, aunque se produzca no surgirá ningún deterioro en la vida útil del hormigón o mortero. A altas temperaturas la reacción que forma el gel álcali-sílice se acelera, pero cabe tomar en cuenta que a elevadas temperaturas puede que resulte en menos humedad para la segunda fase de la reacción. (blog.360gradosenconcreto.com)

3.3.5. Reactividad álcali-sílice (ASTM C1260)

Este ensayo nos permite obtener la expansión que tienen las barras de morteros realizados con arenas de las distintas canteras, es un método acelerado (17 días) y se ocupa hidróxido de sodio como reactivo a una temperatura constante de 80°C sobre los morteros sumergidos en el hidróxido. Los resultados para las canteras son los siguientes:

Reactividad álcali-sílice Pifo (agregado fino):

Para la mezcla	
Relación a/c	0,47
Cemento(g)	440
Agua (g)	206,8
Arena (g)	990

Muestra N°	Longitud inicial (mm)
1	251,30
2	252,36
3	251,22

Muestra N°	Medida				Expansión (%)		
	Inicial	1° Intermedia	2° Intermedia	Final	1° Intermedia	2° Intermedia	Final
1	-3,080	-2,975	-2,980	-2,930	0,042%	0,040%	0,060%
	-3,090	-2,982	-2,981	-2,936	0,043%	0,043%	0,061%
	-3,092	-2,980	-2,978	-2,934	0,045%	0,045%	0,063%
	-3,093	-2,980	-2,981	-2,934	0,045%	0,045%	0,063%
Promedio 1					0,044%	0,043%	0,062%
2	-1,881	-1,740	-1,775	-1,722	0,056%	0,042%	0,063%
	-1,881	-1,752	-1,772	-1,721	0,051%	0,043%	0,063%
	-1,876	-1,751	-1,772	-1,708	0,050%	0,041%	0,067%
	-1,890	-1,763	-1,783	-1,724	0,050%	0,042%	0,066%
Promedio 2					0,052%	0,042%	0,065%
3	-3,325	-3,205	-3,234	-3,176	0,048%	0,036%	0,059%
	-3,333	-3,213	-3,238	-3,190	0,048%	0,038%	0,057%
	-3,333	-3,208	-3,221	-3,180	0,050%	0,045%	0,061%
	-3,342	-3,212	-3,234	-3,190	0,052%	0,043%	0,061%
Promedio 3					0,049%	0,040%	0,059%

Tabla 30. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de Pifo (agregado fino)

Reactividad álcali-sílice El Guabo (agregado fino):

Para la mezcla	
Relación a/c	0,47
Cemento(g)	440
Agua (g)	206,8
Arena (g)	990

Muestra N°	Longitud inicial (mm)
6	248,74
7	249,64
8	249,50

Muestra N°	Medida				Expansión (%)		
	Inicial	1° Intermedia	2° Intermedia	Final	1° Intermedia	2° Intermedia	Final
6	-3,342	-3,264	-3,294	-3,260	0,031%	0,019%	0,033%
	-3,355	-3,259	-3,290	-3,247	0,039%	0,026%	0,043%
	-3,338	-3,259	-3,290	-3,239	0,032%	0,019%	0,040%
	-3,354	-3,268	-3,300	-3,279	0,035%	0,022%	0,030%
Promedio 6					0,034%	0,022%	0,037%
7	-3,872	-3,826	-3,859	-3,833	0,018%	0,005%	0,016%
	-3,888	-3,834	-3,874	-3,839	0,022%	0,006%	0,020%
	-3,855	-3,825	-3,859	-3,826	0,012%	-0,002%	0,012%
	-3,867	-3,849	-3,877	-3,850	0,007%	-0,004%	0,007%
Promedio 7					0,015%	0,001%	0,013%
8	-2,810	-2,700	-2,742	-2,706	0,044%	0,027%	0,042%
	-2,804	-2,706	-2,740	-2,705	0,039%	0,026%	0,040%
	-2,805	-2,710	-2,743	-2,714	0,038%	0,025%	0,036%
	-2,814	-2,709	-2,746	-2,716	0,042%	0,027%	0,039%
Promedio 8					0,041%	0,026%	0,039%

Tabla 31. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de El Guabo (agregado fino)

Reactividad álcali-sílice Fucusucu V (agregado fino):

Para la mezcla	
Relación a/c	0,47
Cemento(g)	440
Agua (g)	206,8
Arena (g)	990

Muestra N°	Longitud inicial (mm)
A	258,00
B	259,00
C	254,80

Muestra N°	Medida				Expansión (%)		
	Inicial	1° Intermedia	2° Intermedia	Final	1° Intermedia	2° Intermedia	Final
A	5,001	5,039	5,040	5,053	0,015%	0,015%	0,020%
	4,997	5,033	5,045	5,063	0,014%	0,019%	0,026%
	4,994	5,033	5,043	5,052	0,015%	0,019%	0,022%
	4,985	5,024	5,032	5,043	0,015%	0,018%	0,022%
Promedio A					0,015%	0,018%	0,023%
B	4,512	4,540	4,544	4,568	0,011%	0,012%	0,022%
	4,522	4,544	4,548	4,578	0,008%	0,010%	0,022%
	4,502	4,537	4,543	4,565	0,014%	0,016%	0,024%
	4,501	4,533	4,543	4,558	0,012%	0,016%	0,022%
Promedio B					0,011%	0,014%	0,022%
C	0,355	0,380	0,388	0,426	0,010%	0,013%	0,028%
	0,353	0,386	0,398	0,430	0,013%	0,018%	0,030%
	0,345	0,374	0,384	0,419	0,011%	0,015%	0,029%
	0,345	0,376	0,385	0,418	0,012%	0,016%	0,029%
Promedio C					0,012%	0,015%	0,029%

Tabla 32. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de Fucusucu V (agregado fino)

Reactividad álcali-sílice Rosita (agregado fino):

Para la mezcla	
Relación a/c	0,47
Cemento(g)	440
Agua (g)	206,8
Arena (g)	990

Muestra N°	Longitud inicial (mm)
D	255,78
E	252,86
F	255,74

Muestra N°	Medida				Expansión (%)		
	Inicial	1° Intermedia	2° Intermedia	Final	1° Intermedia	2° Intermedia	Final
D	1,510	1,514	1,556	1,598	0,002%	0,018%	0,034%
	1,509	1,540	1,552	1,591	0,012%	0,017%	0,032%
	1,518	1,552	1,565	1,602	0,013%	0,018%	0,033%
	1,503	1,536	1,550	1,591	0,013%	0,018%	0,034%
Promedio D					0,010%	0,018%	0,033%
E	-1,487	-1,415	-1,443	-1,386	0,028%	0,017%	0,040%
	-1,495	-1,421	-1,448	-1,398	0,029%	0,019%	0,038%
	-1,503	-1,430	-1,455	-1,400	0,029%	0,019%	0,041%
	-1,496	-1,430	-1,452	-1,404	0,026%	0,017%	0,036%
Promedio E					0,028%	0,018%	0,039%
F	1,401	1,408	1,443	1,484	0,003%	0,016%	0,032%
	1,407	1,414	1,445	1,484	0,003%	0,015%	0,030%
	1,396	1,407	1,436	1,477	0,004%	0,016%	0,032%
	1,398	1,406	1,435	1,477	0,003%	0,014%	0,031%
Promedio F					0,003%	0,015%	0,031%

Tabla 33. Porcentaje de expansión debido a la reactividad álcali-sílice de Rosita (agregado fino)

Resumen Reactividad Álcali – Agregado para las distintas canteras

Cantera	Muestra	Expansión promedio final por muestra	Expansión promedio final por cantera	Expansión máxima para agregados finos según ASTM C33
Pifo	1	0,062%	0,062%	0,100%
	2	0,065%		
	3	0,059%		
El Guabo	6	0,037%	0,038%	0,100%
	7	0,013% **		
	8	0,039%		
Fucusucu V	A	0,023%	0,025%	0,100%
	B	0,022%		
	C	0,029%		
Rosita	D	0,033%	0,035%	0,100%
	E	0,039%		
	F	0,031%		

Tabla 34. Expansión por Reactividad Álcali - Agregado para las distintas canteras. **El valor corresponde a una muestra alterada por lo que no se tomó en cuenta para el promedio.

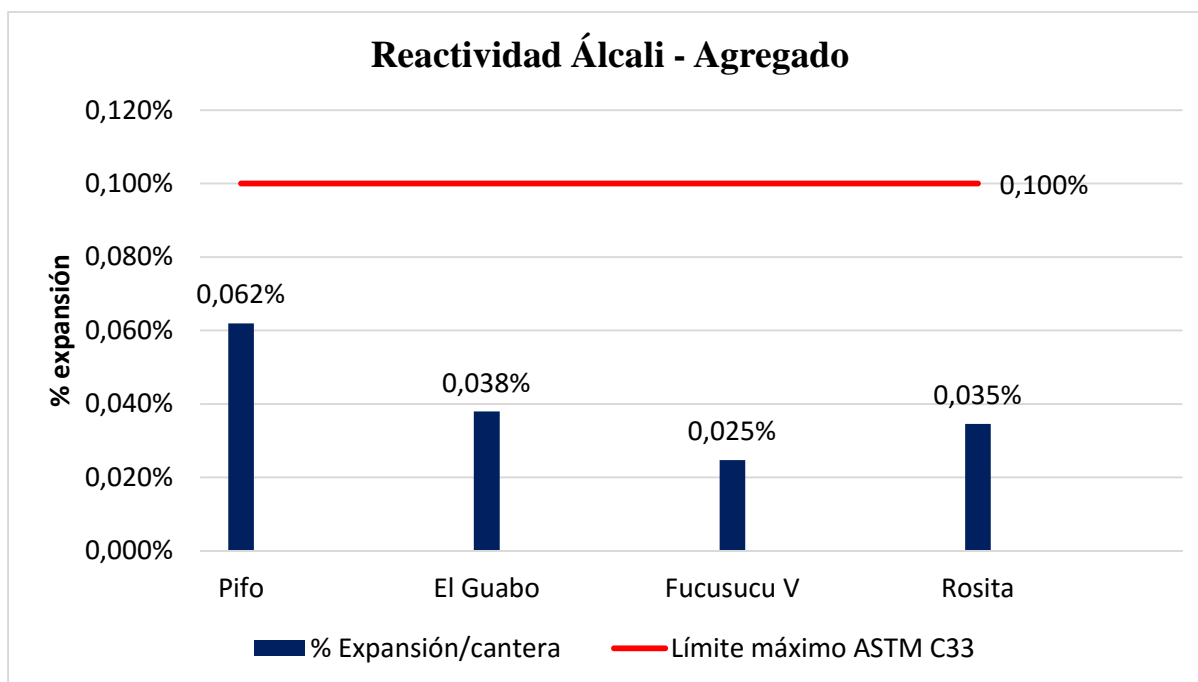


Gráfico 21. Expansión por Reactividad Álcali - Agregado para las distintas canteras

Observaciones: No existen mayores inconvenientes en el uso de los agregados en estudio con el cemento utilizado por potencial expansión debida a la reactividad álcali – sílice.

CAPÍTULO 4

4. DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN Y MORTEROS

4.1. HORMIGÓN

4.1.1. Factores influyentes en la dosificación del hormigón

4.1.1.1. Relación agua – cemento

La relación agua/cemento es el factor más importante en la dosificación del hormigón porque con ella se inicia el proceso de cálculo y será la que determine la resistencia a la compresión ($f'c$) del hormigón. Para una relación agua cemento alta, la resistencia del hormigón será baja, y a medida que disminuye dicha relación, la resistencia del hormigón aumenta.

Resistencia del hormigón vs relación agua/cemento

Resistencia kg/cm ²	Relación agua/cemento
150	0,67
200	0,58
250	0,5
300	0,43
350	0,38

Tabla 35. Resistencia del hormigón vs relación agua/cemento

Para efectos del presente estudio, se han determinado tres resistencias requeridas a la compresión simple, a las que corresponden, considerando el factor de seguridad, las siguientes relaciones agua/cemento:

Resistencia (kg/cm ²)	Relación a/c
210	0,547
240	0,497
280	0,438

Tabla 36. Relación agua/cemento para las resistencias esperadas

4.1.1.2. Asentamiento

El asentamiento es una medida que se obtiene en el hormigón fresco mediante el ensayo del cono de Abrams (ASTM C143). Éste consiste en colocar el hormigón fresco en tres capas de la misma altura en el cono antes mencionado, se procede a varillar 25 veces después de colocar cada capa, al final se levanta el cono dejando a la mezcla de hormigón descender, ahí se procede a medir cuanto “bajó” la masa de hormigón con respecto al mismo cono.

El asentamiento crece proporcionalmente a medida que aumenta el agua de mezcla, y está inversamente relacionado con la resistencia del hormigón. La ACI 211 propone una tabla con los asentamientos máximos que se pueden obtener para distintos elementos de hormigón:

Tipo de elemento y asentamiento

TABLE A1.5.3.1 — RECOMMENDED SLUMPS FOR VARIOUS TYPES OF CONSTRUCTION (SI)

Types of construction	Slump, mm	
	Maximum*	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	75	25
Plain footings, caissons, and substructure walls	75	25
Beams and reinforced walls	100	25
Building columns	100	25
Pavements and slabs	75	25
Mass concrete	75	25

*May be increased 25 mm for methods of consolidation other than vibration

Tabla 37. Tipo de elemento y asentamiento mínimo y máximo (ACI 211.1-91, tabla 1.5.3.1)

4.1.1.3. Agua neta

La cantidad de agua neta depende del tamaño máximo del agregado grueso según la tabla 1.5.3.3 de la ACI 211, los valores de dicha tabla son aproximados, por lo que se usó un valor de agua neta inicial de 200 kg/m³ de hormigón

4.1.1.4. Agua de mezcla

Es la cantidad de agua que se utilizará realmente en la mezcla, en dicho valor se contempla el agua que deben absorber los agregados para alcanzar un estado de saturación y también la humedad natural con la que cuentan los agregados antes de proceder con el mezclado del hormigón.

4.1.1.5. Porcentaje de seguridad

Es un porcentaje que se encuentra alrededor del 5 % y corresponde a un aumento en la estimación del $f'c$ requerido, con lo que se obtiene un $f'c$ de diseño.

4.1.2. Propiedades de los agregados que intervienen en el cálculo de la dosificación

4.1.2.1. Gravedad específica del agregado fino y grueso (SSS)

Se obtiene el promedio de la gravedad específica saturada con superficie seca del agregado fino y el grueso, para calcular el peso unitario teórico del hormigón y la cantidad de agregados a utilizar.

4.1.2.2. Porcentaje de agregado fino y grueso

Una vez determinada la cantidad de agregados total en la mezcla de hormigón, se tiene que estimar un porcentaje de agregado fino y de grueso. Se pueden obtener dichos porcentajes mediante el uso del módulo de finura ideal, aunque en la práctica se tiene que evidenciar que la cantidad de pasta sea la adecuada, que no exista segregación ni escurrimiento.

4.1.2.3. Absorción del agregado fino y grueso

Valores obtenidos en el ensayo del mismo nombre, tiene gran influencia en el agua de mezcla, a mayor absorción de los agregados aumenta el agua de mezcla.

4.1.2.4. Humedad natural del agregado fino y grueso

Datos obtenidos en el ensayo del mismo nombre, a mayor humedad natural disminuye el agua de mezcla.

4.1.3. Dosificaciones de hormigón

En las dosificaciones se trabajó con un asentamiento para hormigón de uso común, el que como se mencionó anteriormente está entre 75 y 100 milímetros, sin embargo se esperó un asentamiento específico de 80 +/- 10 milímetros. Una vez realizada la primera mezcla se debe comprobar el asentamiento y el peso unitario real del hormigón, porque si no cumplen, se tiene que restimar la mezcla con los factores de corrección por asentamiento y peso unitario.

Dosificación: Pifo hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resumen	kg/m ³	g/0.03 m ³
Agua mezcla	307	9213
Cemento	546	16376
Arena nat.	587	17602
Ripio nat.	737	22109
p.u.h. (teórico)	2177	kg/m ³

Asentamiento (real)	8,0	cm
p.u.h. (real)	2171	kg/m ³

Tabla 38. Resumen dosificación Pifo hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Dosificación: Pifo hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Resumen	kg/m ³	g/0.03 m ³
Agua mezcla	276	8267
Cemento	410	12306
Arena nat.	830	24910
Ripio nat.	777	23321
p.u.h. (teórico)	2293	kg/m ³

Asentamiento (real)	8,0	cm
p.u.h. (real)	2282	kg/m ³

Tabla 39. Resumen dosificación Pifo hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Dosificación: Pifo hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Resumen	kg/m³	g/0.03 m³
Agua mezcla	272	8157
Cemento	462	13869
Arena nat.	802	24071
Ripio nat.	751	22536
p.u.h. (teórico)	2288	kg/m ³

Asentamiento (real)	8,0	cm
p.u.h. (real)	2294	kg/m ³

Tabla 40. Resumen dosificación Pifo hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Dosificación: El Guabo hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resumen	kg/m³	g/0.03 m³
Agua mezcla	294	8835
Cemento	413	12379
Arena nat.	690	20689
Ripio nat.	860	25790
p.u.h. (teórico)	2256	kg/m ³

Asentamiento (real)	8,5	cm
p.u.h. (real)	2261	kg/m ³

Tabla 41. Resumen dosificación El Guabo hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Dosificación: El Guabo hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Resumen	kg/m³	g/0.03 m³
Agua mezcla	295	8864
Cemento	460	13788
Arena nat.	672	20163
Ripio nat.	838	25134
p.u.h. (teórico)	2265	kg/m ³

Asentamiento (real)	8,0	cm
p.u.h. (real)	2275	kg/m ³

Tabla 42. Resumen dosificación El Guabo hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Dosificación: El Guabo hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Resumen	kg/m ³	g/0.03 m ³
Agua mezcla	293	8797
Cemento	525	15739
Arena nat.	613	18382
Ripio nat.	762	22848
p.u.h. (teórico)	2192	kg/m ³

Asentamiento (real)	9,0	cm
p.u.h. (real)	2201	kg/m ³

Tabla 43. Resumen dosificación El Guabo hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ **Dosificación: Fucusucu V hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Resumen	kg/m ³	g/0.03 m ³
Agua mezcla	273	8178
Cemento	378	11336
Arena nat.	735	22060
Ripio nat.	906	27187
p.u.h. (teórico)	2292	kg/m ³

Asentamiento (real)	9,0	cm
p.u.h. (real)	2279	kg/m ³

Tabla 44. Resumen dosificación Fucusucu V hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ **Dosificación: Fucusucu V hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$**

Resumen	kg/m ³	g/0.03 m ³
Agua mezcla	268	8043
Cemento	407	12212
Arena nat.	734	22015
Ripio nat.	904	27131
p.u.h. (teórico)	2313	kg/m ³

Asentamiento (real)	9,0	cm
p.u.h. (real)	2306	kg/m ³

Tabla 45. Resumen dosificación Fucusucu V hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Dosificación: Fucusucu V hormigón f'c = 280 kg/cm2

Resumen	kg/m3	g/0.03 m3
Agua mezcla	269	8081
Cemento	479	14370
Arena nat.	663	19892
Ripio nat.	817	24514
p.u.h. (teórico)	2229	kg/m3

Asentamiento (real)	8,0	cm
p.u.h. (real)	2240	kg/m3

Tabla 46. Resumen dosificación Fucusucu V hormigón f'c = 280 kg/cm2**Dosificación 10: Rosita hormigón f'c = 210 kg/cm2**

Resumen	kg/m3	g/0.03 m3
Agua mezcla	282	8472
Cemento	376	11285
Arena nat.	663	19883
Ripio nat.	832	24974
p.u.h. (teórico)	2154	kg/m3

Asentamiento (real)	8,0	cm
p.u.h. (real)	2158	kg/m3

Tabla 47. Resumen dosificación Rosita hormigón f'c = 210 kg/cm2**Dosificación 11: Rosita hormigón f'c = 240 kg/cm2**

Resumen	kg/m3	g/0.03 m3
Agua mezcla	285	8658
Cemento	431	12940
Arena nat.	642	19257
Ripio nat.	806	24187
p.u.h. (teórico)	2164	kg/m3

Asentamiento (real)	8,5	cm
p.u.h. (real)	2181	kg/m3

Tabla 48. Resumen dosificación Rosita hormigón f'c = 240 kg/cm2

Dosificación 12: Rosita hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Resumen	kg/m ³	g/0.03 m ³
Agua mezcla	282	9213
Cemento	483	16376
Arena nat.	610	17602
Ripio nat.	762	22109
p.u.h. (teórico)	2137	kg/m ³

Asentamiento (real)	8,0	cm
p.u.h. (real)	2171	kg/m ³

Tabla 49. Resumen dosificación Rosita hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

4.1.4. Ensayo de compresión simple del hormigón (ASTM C39)

Este ensayo consiste en someter a esfuerzos de compresión sin confinamiento a probetas cilíndricas cuya relación diámetro/altura es $\frac{1}{2}$, dado que el mayor TMN de los agregados gruesos en estudio es $1 \frac{1}{2}$ pulgadas y el diámetro de la probeta debe ser mínimo tres veces el TMN, se utilizaron moldes de 15cm de diámetro por 30cm de altura.

El ensayo se inicia colocando la probeta entre dos discos de acero con dos de neopreno, que son los que están en contacto con el hormigón, en la prensa que produce una carga axial, continua y sin impacto que aumenta uniformemente hasta producir la falla o rotura en la muestra.

Las muestras se ensayaron solamente a los 28 días, puesto que se busca comparar solo la resistencia final de los hormigones de las canteras en estudio.

Se han generalizado seis tipos de falla para este ensayo, de las cuales las tipo 1, 2,3 y 4 son fallas generales en todo el elemento, mientras que las fallas 5 y 6 son parciales que no necesariamente llevan a la muestra a la resistencia última, sin embargo se adopta este tipo de falla cuando la carga decrece a menos del 95% de la carga máxima durante el ensayo.

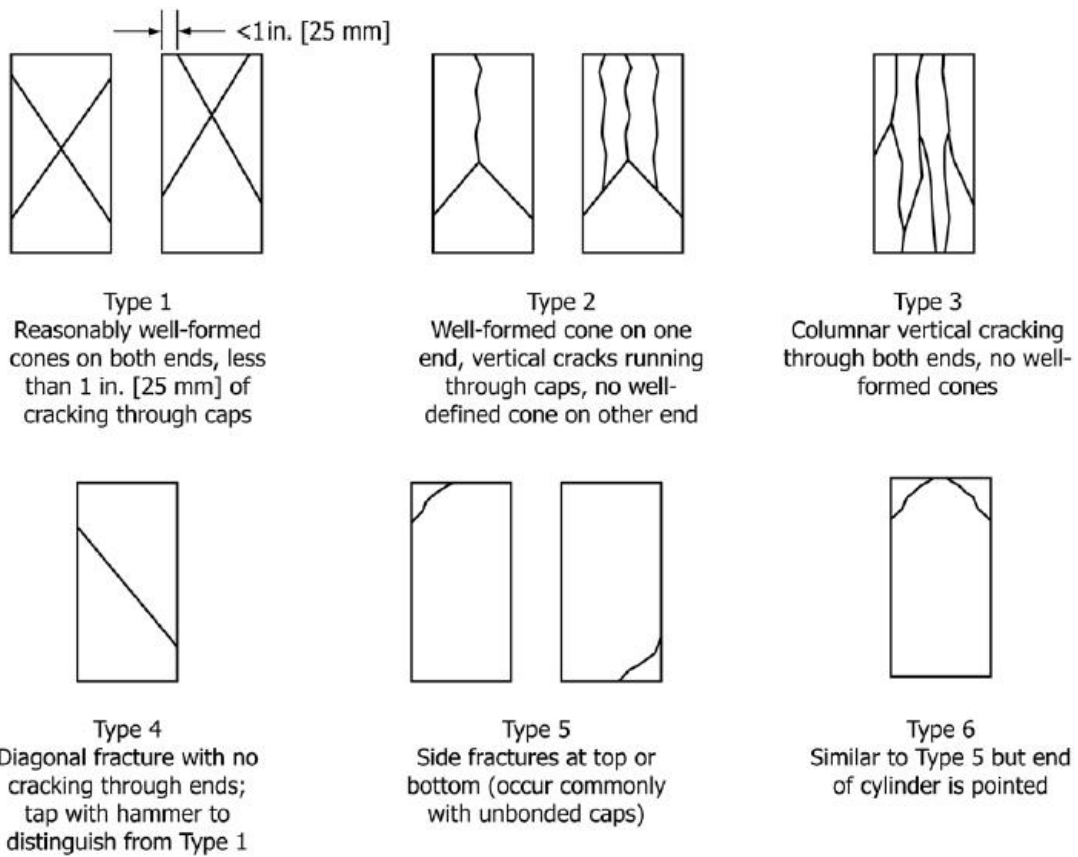


Imagen 9. Tipos de falla en ensayo de compresión simple. Obtenido de norma ASTM C39

Los resultados obtenidos fueron los siguientes para la compresión simple fueron los siguientes:

Compresión simple hormigón: Pifo

Resistencia de diseño	Relación a/c	Resistencia (kg/cm ²)	
		Promedio	Característica
210 kg/cm ²	0,547	220,86	202,31
240 kg/cm ²	0,497	247,86	237,62
280 kg/cm ²	0,438	289,93	274,97

Tabla 50. Compresión simple hormigón: Pifo

Compresión simple hormigón: El Guabo

Resistencia de diseño	Relación a/c	Resistencia (kg/cm ²)	
		Promedio	Característica
210 kg/cm ²	0,547	200,23	195,71
240 kg/cm ²	0,497	237,62	234,25
280 kg/cm ²	0,438	274,96	268,40

Tabla 51. Compresión simple hormigón: El Guabo

Compresión simple hormigón: Fucusucu V

Resistencia de diseño	Relación a/c	Resistencia (kg/cm ²)	
		Promedio	Característica
210 kg/cm ²	0,547	198,00	191,11
240 kg/cm ²	0,497	217,67	212,18
280 kg/cm ²	0,438	261,16	253,08

Tabla 52. Compresión simple hormigón: Fucusucu V

Compresión simple hormigón: Rosita

Resistencia de diseño	Relación a/c	Resistencia (kg/cm ²)	
		Promedio	Característica
210 kg/cm ²	0,547	220,64	208,88
240 kg/cm ²	0,497	253,66	250,18
280 kg/cm ²	0,438	287,37	281,60

Tabla 53. Compresión simple hormigón: Rosita

4.2. MORTERO

4.2.1. Consistencia de la mezcla

La consistencia es una medida de la trabajabilidad de un mortero, en el cual se busca tener una consistencia plástica, ésta medida de consistencia se la puede obtener mediante el uso de la mesa de flujo (ASTM C1437) y determinará la cantidad de agua a utilizar en la elaboración de las mezclas de mortero. Una mezcla de mortero en estado plástico deberá tener alrededor de 110 +/- 5 % de aumento en el diámetro de la muestra sumando las 4 longitudes marcadas en la mesa de flujo.

4.2.2. Dosificación

Con el fin de construir una curva de resistencia vs dosificación, se han escogido tres dosificaciones volumétricas para morteros, que consisten en mezclar para un volumen fijo de cemento: 2, 3 y 4 volúmenes iguales de arena. Estas dosificaciones corresponden a aquellas realizadas en obra para distintos usos.

4.2.3. Ensayo de compresión en muestras cúbicas de mortero (ASTM C109)

Este ensayo cubre la determinación del esfuerzo de compresión simple para probetas cúbicas de 50mm de lado, a partir de la aplicación de una carga axial, continua y sin impacto que aumenta uniformemente hasta producir la rotura de la muestra.

Compresión simple morteros: Pifo

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de compresión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión característico (kg/cm ²)
1:2	398,49	379,21
1:3	261,33	247,74
1:4	135,73	129,03

Tabla 54. Compresión simple morteros: Pifo

Compresión simple morteros: El Guabo

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de compresión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión característico (kg/cm ²)
1:2	227,01	223,88
1:3	152,75	145,99
1:4	92,58	85,57

Tabla 55. Compresión simple morteros: El Guabo

Compresión simple morteros: Fucusucu V

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de compresión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión característico (kg/cm ²)
1:2	336,24	317,88
1:3	203,30	198,82
1:4	138,49	133,82

Tabla 56. Compresión simple morteros: Fucusucu V

Compresión simple morteros: Rosita

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de compresión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión característico (kg/cm ²)
1:2	285,34	273,93
1:3	189,54	185,20
1:4	135,26	129,11

Tabla 57. Compresión simple morteros: Rosita

4.2.4. Ensayo de tensión en muestras tipo briqueta de mortero (CRD-C 260.01)

El ensayo de tensión determina el esfuerzo de tracción en probetas tipo briqueta en morteros mediante la aplicación de carga axial, continua y sin impacto que asciende uniformemente hasta llevar a la muestra a la falla que se induce en la sección crítica de la probeta cuya sección es constante y equivale a 1 pulgada cuadrada.

Tensión morteros: Pifo

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de tensión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de tensión característico (kg/cm ²)
1:2	41,51	39,27
1:3	34,00	33,25
1:4	23,41	21,71

Tabla 58. Tensión morteros: Pifo

Tensión morteros: El Guabo

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de tensión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de tensión característico (kg/cm ²)
1:2	29,86	28,21
1:3	21,86	20,85
1:4	17,54	16,70

Tabla 59. Tensión morteros: El Guabo

Tensión morteros: Fucusucu V

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de tensión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de tensión característico (kg/cm ²)
1:2	39,04	36,03
1:3	26,07	24,47
1:4	20,94	19,75

Tabla 60. Tensión morteros: Fucusucu V

Tensión morteros: Rosita

Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de tensión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de tensión característico (kg/cm ²)
1:2	30,10	28,95
1:3	28,20	26,80
1:4	17,80	17,21

Tabla 61. Tensión morteros: Rosita

CAPÍTULO 5

5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS CANTERAS DE PIFO Y POMASQUI – SAN ANTONIO

5.1. HORMIGÓN

5.1.1. Resumen y comparación de las dosificaciones

Cuadro de resumen de dosificaciones para cada cantera y resistencia de diseño

Cantera	f'c diseño	kg/m ³ de hormigón				
		Agua mezcla	Cemento	Arena natural	Ripio natural	Peso unitario hormigón
Pifo	210kg/cm ²	278	375	839	786	2278
	240kg/cm ²	276	410	830	777	2294
	280kg/cm ²	272	462	802	751	2288
El Guabo	210kg/cm ³	294	413	690	860	2256
	240kg/cm ³	295	460	672	838	2264
	280kg/cm ³	293	525	613	762	2193
Fucusucu V	210kg/cm ⁴	273	378	735	906	2292
	240kg/cm ⁴	268	415	734	904	2321
	280kg/cm ⁴	269	479	663	817	2228
Rosita	210kg/cm ⁵	282	376	663	832	2153
	240kg/cm ⁵	285	431	642	806	2164
	280kg/cm ⁵	282	483	610	762	2137

Tabla 62. Cantidad de materiales por metro cúbico de hormigón

Análisis gráfico de uso de cemento para cada cantera y f'c de hormigones

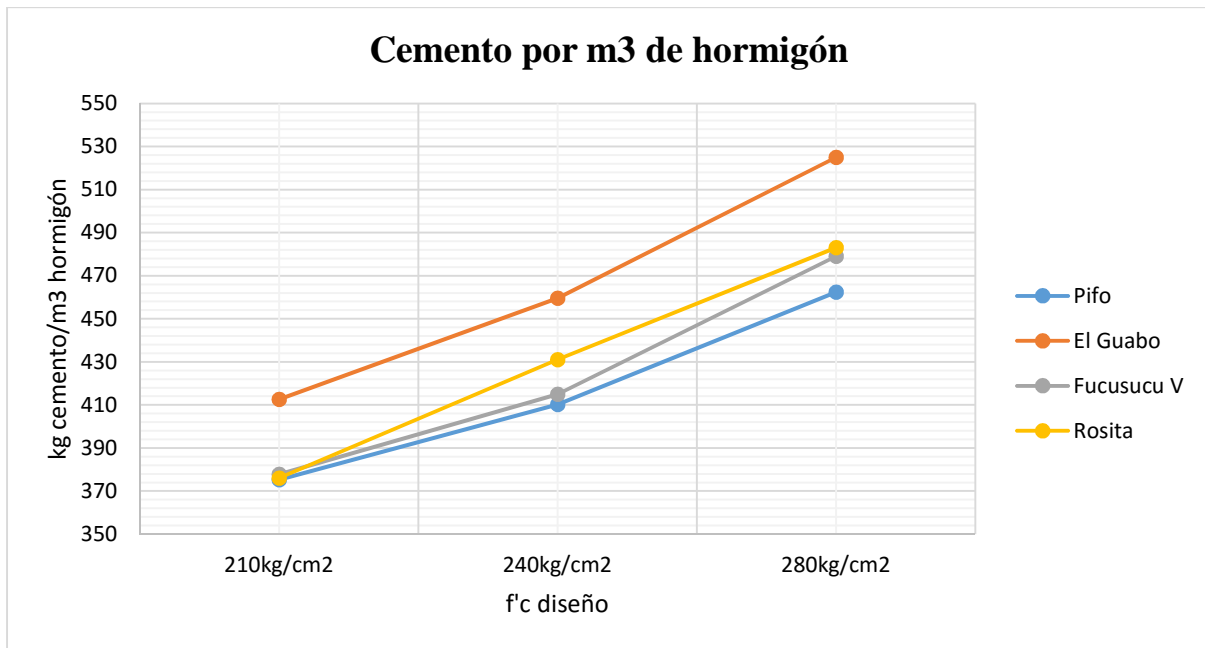


Gráfico 22. Cemento por m3 de hormigón para cada cantera y f'c

Observaciones: Como se puede notar en el gráfico, las canteras de Rosita y El Guabo poseen la mayor cantidad de cemento por m3 de hormigón, esto se debe el agua neta cambia por la corrección por asentamiento y peso unitario real del hormigón.

Análisis gráfico de uso de agua de mezcla para cada cantera y f'c de hormigones

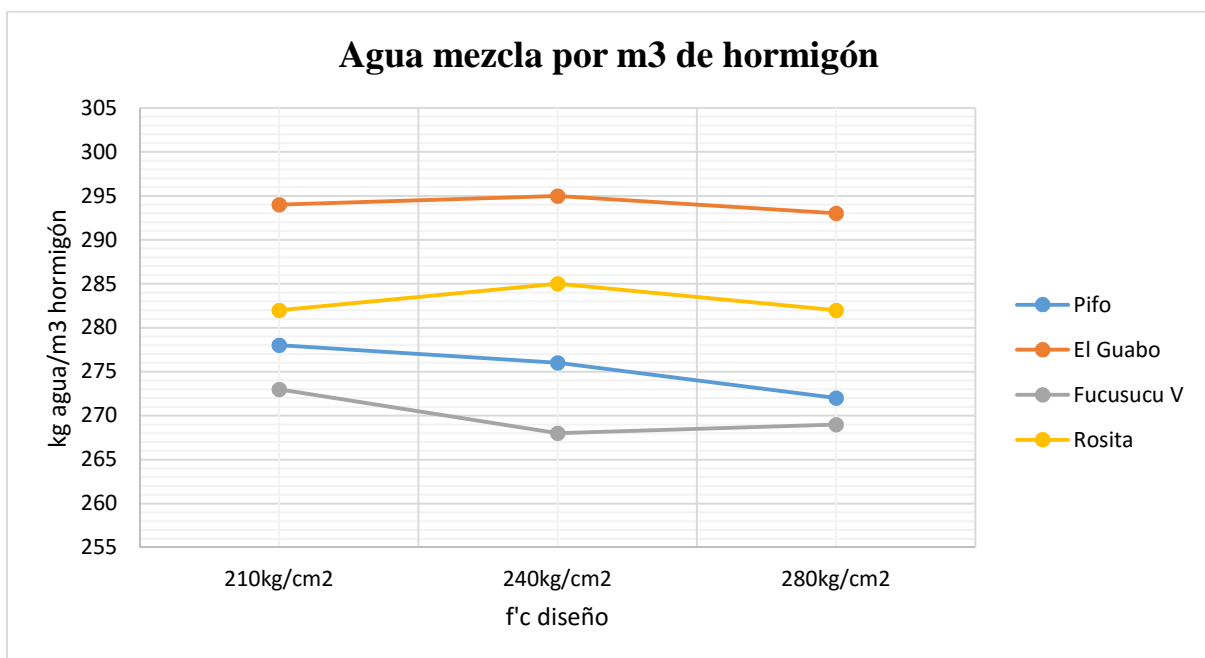


Gráfico 23. Agua de mezcla por m3 de hormigón para cada cantera y f'c

Observaciones: Del gráfico se desprende que las canteras de Rosita y El Guabo son las que mayor agua de mezcla poseen por m³ de hormigón, esto se puede correlacionar con el uso de cemento por la relación agua/cemento que permanece constante, aunque hay que tomar en cuenta que en el agua de mezcla influyen factores como la humedad natural y la absorción de los agregados, lo que provoca variaciones en las dosificaciones dependiendo también de las correcciones antes mencionadas.

Análisis gráfico de uso de agregado fino para cada cantera y f'c de hormigones

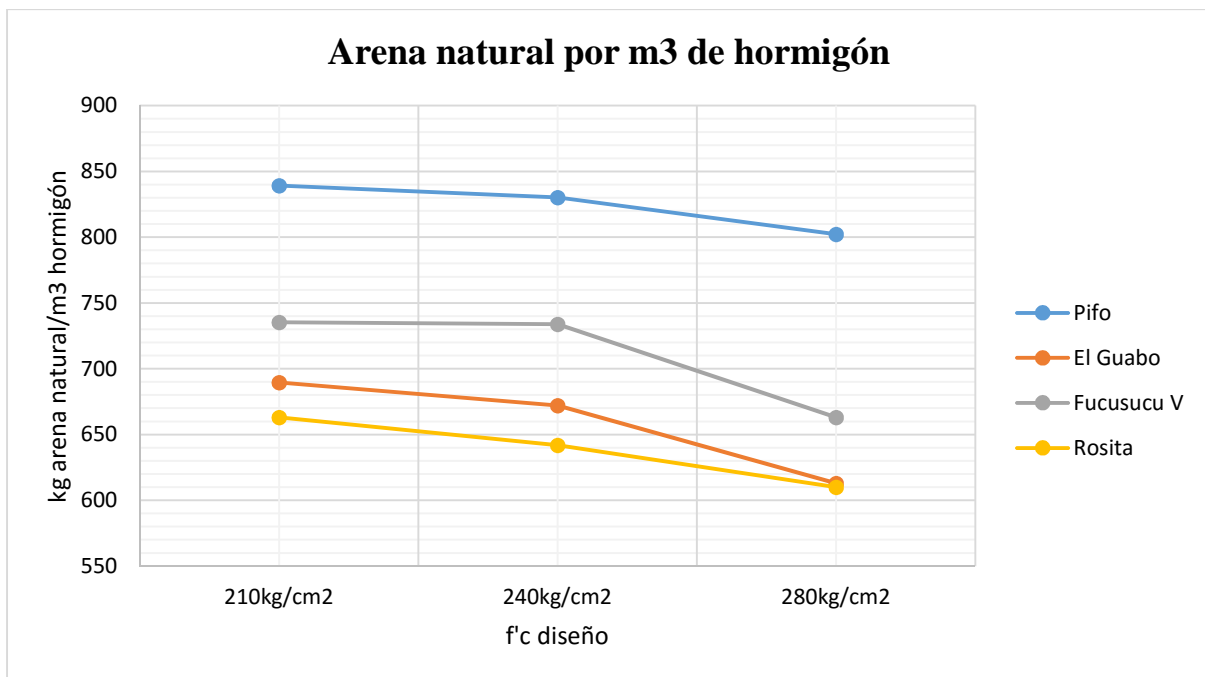


Gráfico 24. Agregado fino por m³ de hormigón para cada cantera y f'c

Observaciones: En general la mayor concentración de agregados total son en las canteras de Pifo y Fucusucu V, debido a que los agregados de éstas canteras tienen una mayor gravedad específica. Para el agregado fino se puede observar que Pifo posee las mayores cantidades por m³ de hormigón, la razón es el porcentaje de agregado fino en relación al agregado grueso, que en el caso de Pifo fue de 52% vs 48%, porque se tiene un módulo de finura alto en la arena y bajo en el agregado grueso.

Análisis gráfico de uso de agregado grueso para cada cantera y f'c de hormigones

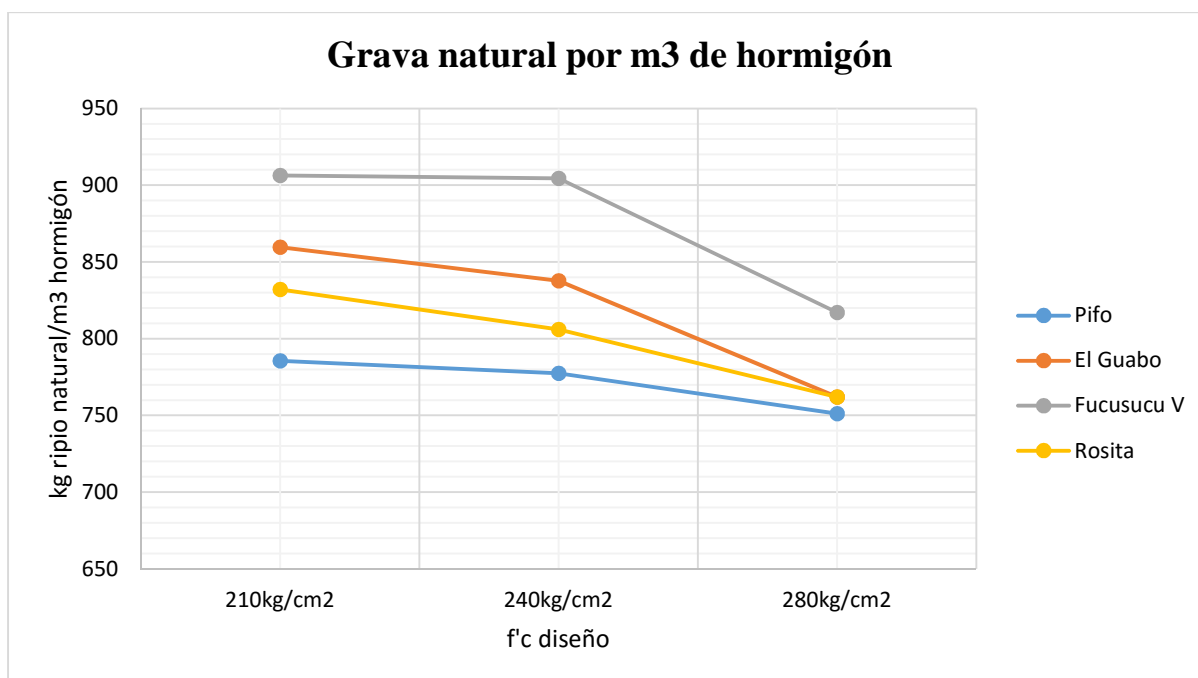


Gráfico 25. Agregado grueso por m3 de hormigón para cada cantera y f'c

Observaciones: Se puede observar que Fucusucu V es el que tiene mayor cantidad de agregado grueso por m3 de hormigón, esto debido a que tiene una mayor concentración de agregado total respecto a El Guabo y Rosita, aparte de mantener el mismo porcentaje de agregado fino vs agregado grueso de dichas canteras.

5.1.2. Resumen y comparación de las resistencias obtenidas

Resistencia promedio

Corresponde al promedio aritmético de todas las muestras para cada cantera y f'c requerido, este valor no es el indicador más importante en la resistencia, porque no asegura que todas las muestras de hormigón o la gran mayoría cumplan con dicha resistencia promedio.

Resistencia característica

La resistencia característica del hormigón es un valor estadístico que asegura que el 95% del hormigón posee una resistencia mayor o igual a dicho valor, para su cálculo se resta de la resistencia promedio un número determinado de la desviación estándar.

Resumen de resistencias promedio y característica por cantera

Cantera	Resistencia de diseño	Relación a/c	f _c promedio (kg/cm ²)	f _c característica (kg/cm ²)	Porcentaje de abrasión	Desgaste a los sulfatos - Agregado grueso (%)	Costo cemento por m ³ de hormigón (\$)
Pifo Alto	210 kg/cm ²	0,547	220,86	202,31	21%	6%	60
	240 kg/cm ²	0,497	247,86	237,62			66
	280 kg/cm ²	0,438	289,93	274,97			74
El Guabo	210 kg/cm ²	0,547	200,23	195,71	52%	58%	66
	240 kg/cm ²	0,497	237,62	234,25			74
	280 kg/cm ²	0,438	274,96	268,40			84
Fucusucu V	210 kg/cm ²	0,547	198,00	191,11	61%	39%	60
	240 kg/cm ²	0,497	217,67	212,18			65
	280 kg/cm ²	0,438	261,16	253,08			77
Rosita	210 kg/cm ²	0,547	220,64	208,88	60%	35%	60
	240 kg/cm ²	0,497	253,66	250,18			69
	280 kg/cm ²	0,438	287,37	281,60			77

Tabla 63. Resumen de resistencias promedio y característica por cantera

Resistencias promedio por cantera

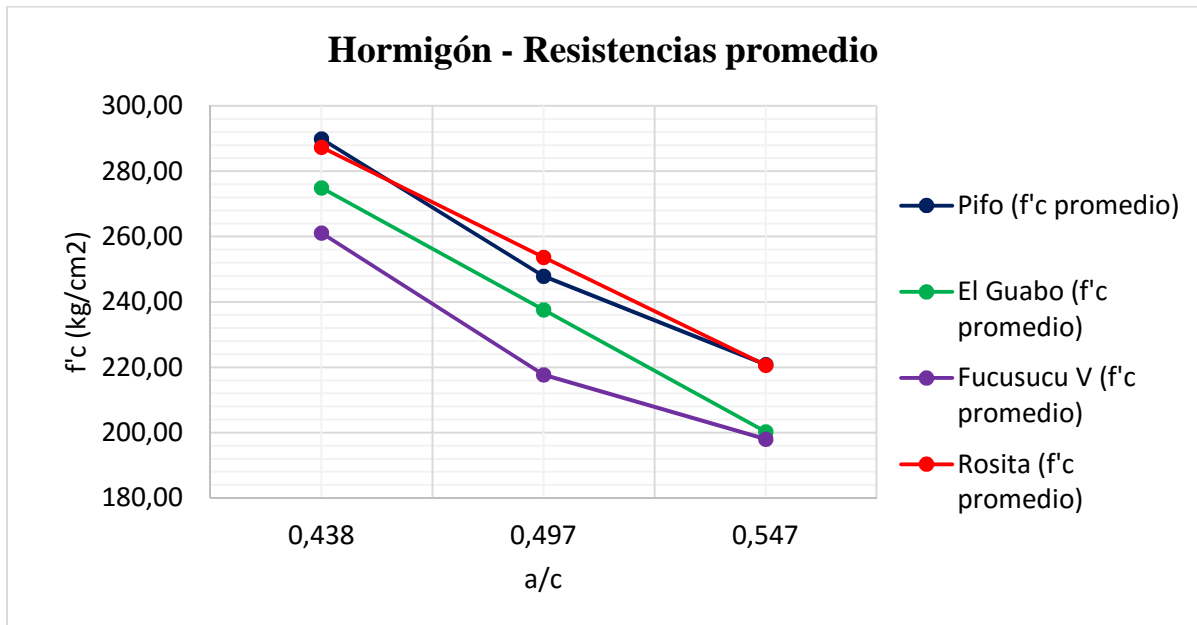


Gráfico 26. Resistencias promedio por cantera

Resistencias características por cantera

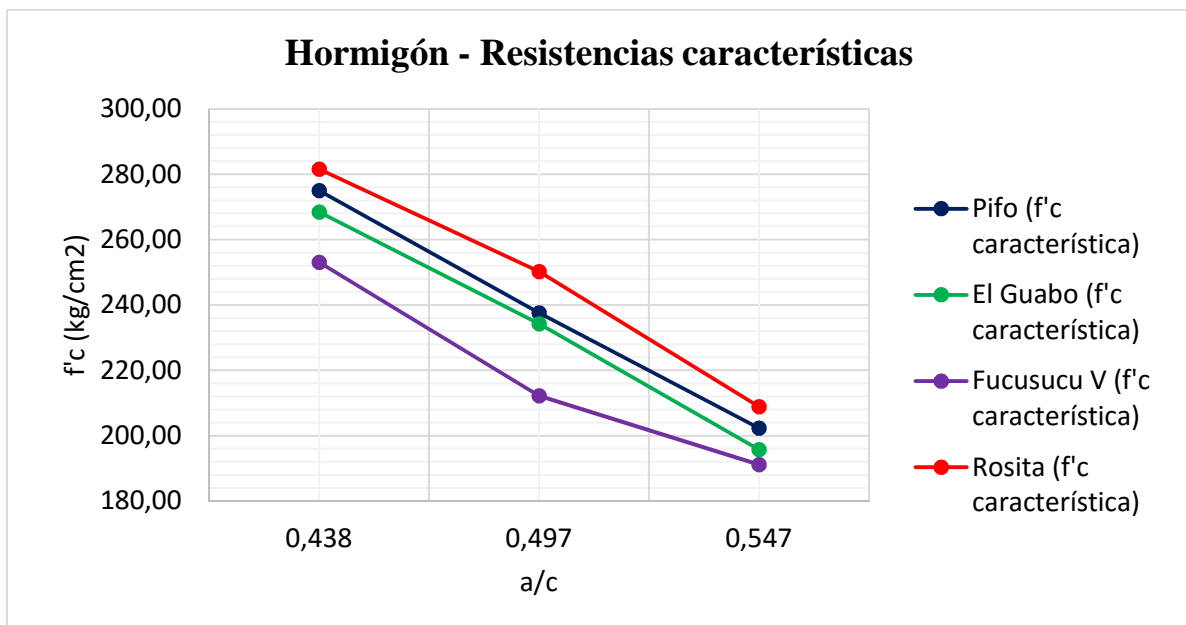


Gráfico 27. Resistencias características por cantera

Observaciones: Las resistencias promedio y característica de los hormigones de las canteras de Pifo y Rosita cumplen con la resistencia de diseño (f^c), mientras que los de las canteras de El Guabo y Fucusucu V no alcanzaron la resistencias esperadas.

5.2. MORTERO

Resumen y comparación de las resistencias obtenidas

Cantera	Dosificación (cemento:arena)	Esfuerzo de compresión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión característico (kg/cm ²)	Esfuerzo de tensión promedio (kg/cm ²)	Esfuerzo de tensión característico (kg/cm ²)
Pifo	1:2	398,49	379,21	41,51	39,27
	1:3	261,33	247,74	34,00	33,25
	1:4	135,73	129,03	23,41	21,71
El Guabo	1:2	227,01	223,88	29,86	28,21
	1:3	152,75	145,99	21,86	20,85
	1:4	92,58	85,57	17,54	16,70
Fucusucu V	1:2	336,24	317,88	39,04	36,03
	1:3	203,30	198,82	26,07	24,47
	1:4	138,49	133,82	20,94	19,75
Rosita	1:2	285,34	273,93	30,10	28,95
	1:3	189,54	185,20	28,20	26,80
	1:4	135,26	129,11	17,80	17,21

Tabla 64. Resumen y comparación de resistencias de morteros de todas las canteras

Resistencia promedio a la compresión en morteros

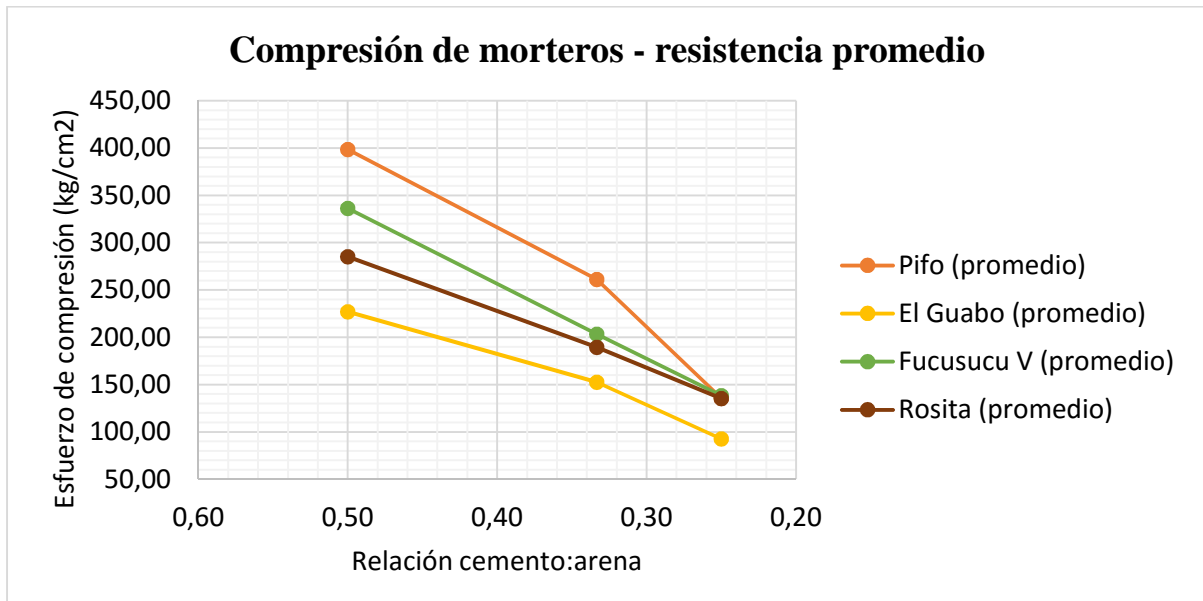


Gráfico 28. Resistencia promedio a la compresión en morteros

Resistencia característica a la compresión en morteros

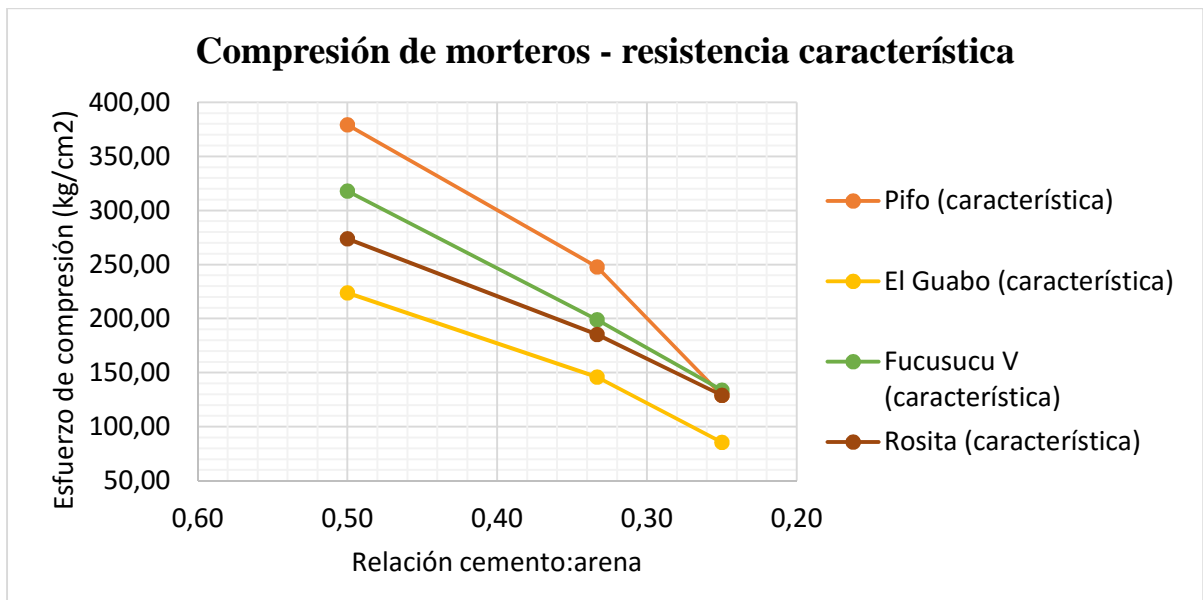


Gráfico 29. Resistencia característica a la compresión en morteros

Observaciones: Los mejores resultados, en resistencia, tanto promedio como característica, se alcanzaron con el material de la cantera de Pifo, sin embargo para la dosificación 1:4, Fucusucu V y Rosita alcanzaron la misma resistencia que Pifo, lo que no sucedió para El Guabo en ningún caso.

Resistencia promedio a la tensión en morteros

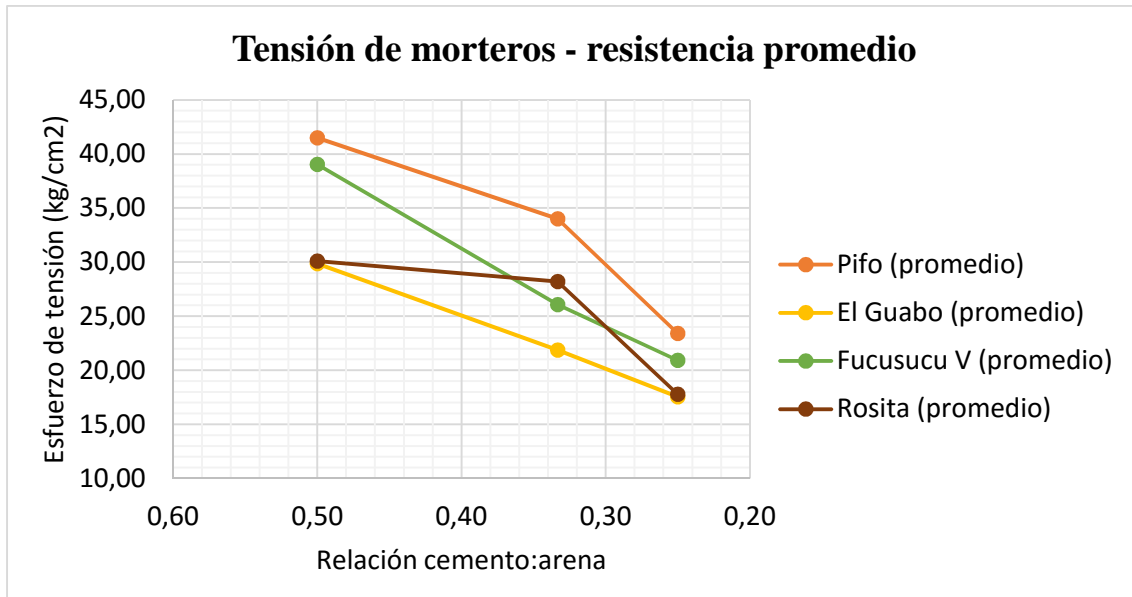


Gráfico 30. Resistencia promedio a la tensión en morteros

Resistencia característica a la tensión en morteros

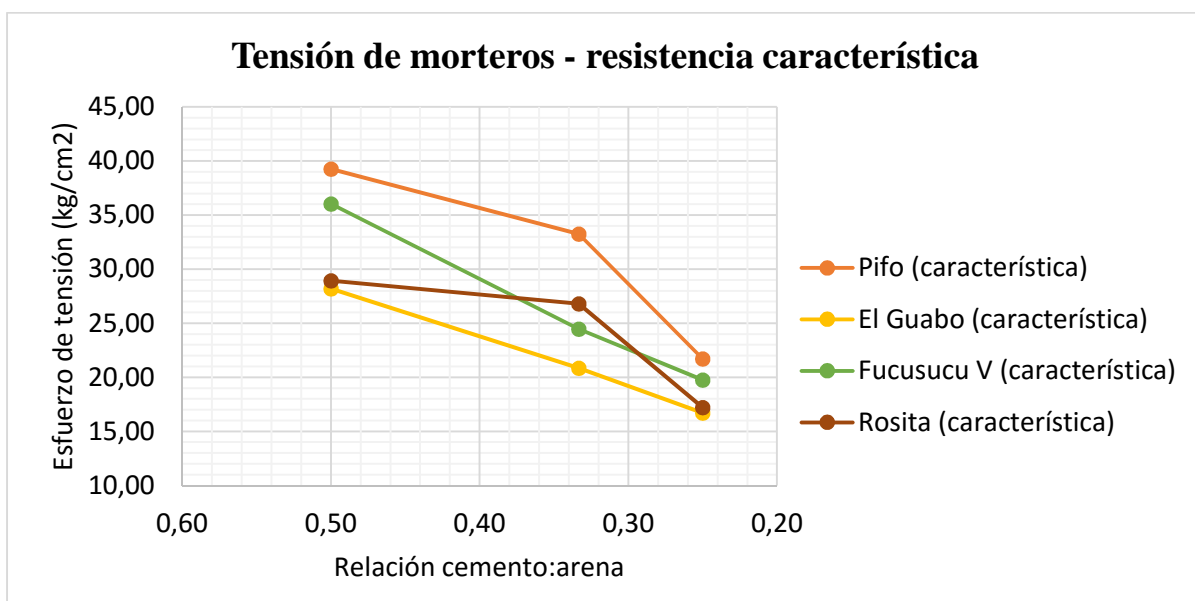


Gráfico 31. Resistencia característica a la tensión en morteros

Observaciones: La mejor resistencia, tanto característica como promedio, se obtuvo con el material de la cantera de Pifo, mientras que la cantera de El Guabo tuvo los peores resultados, al igual que en el ensayo de compresión.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Con respecto a la geología regional de las canteras, ambos sectores Pifo y Pomasqui – San Antonio pertenecen al Valle Interandino Central correspondiente al sector entre los volcanes Mojanda y Cusín al norte y los volcanes Rumiñahui, Pasochoa, Cotopaxi e Iliniza al sur, cuyas formaciones superficiales principales son Chiche y Cangahua.
- En cuanto a la geología local en el sector de Pifo predomina la formación Chiche, dado que la formación Cangahua (exterior) tiene un espesor menor que la Chiche, dando lugar a afloramientos de la formación Chiche en ciertos lugares, mientras que en el sector de Pomasqui - San Antonio si existe un predominio de la formación Cangahua, en cuanto a espesor con una capa de formación Mojanda inferior muy parecida a la Cangahua.
- La principal diferencia entre ambos sectores donde se encuentran las canteras respecto a la geología local corresponde a los depósitos superficiales, que en Pifo se conforman por conglomerados volcánicos y andesitas, mientras que en San Antonio son depósitos lacustres con cenizas volcánicas y lignito.
- El cemento (Selvalegre) que se utilizó para la elaboración de hormigones y morteros cumple con todos los ensayos especificados por la ASTM para uso en construcción; que son gravedad específica, finura Blaine, tiempo de fraguado Vicat, expansión en el autoclave y la resistencia en morteros normalizados, siendo este cemento adecuado para la elaboración de hormigones y morteros.
- Los materiales pétreos de todas las canteras cumplen con los valores máximos permitidos por la norma ASTM para terrones de arcilla (agregado fino: 3% y agregado grueso: 2%) y contenido orgánico (máximo en la escala N° 3). Los resultados se detallan en: Tabla 65 (pág. 80).
- Las granulometrías de los agregados gruesos de todas las canteras se encuentran dentro de las curvas límites sugeridas por la norma ASTM C33 para hormigón mostradas en el Gráfico 10 (pág. 33).
- Las granulometrías de los agregados finos de las canteras de Pomasqui – San Antonio tienden a ser más finos que la gradación recomendada en la norma ASTM C33 para hormigón. La granulometría del agregado fino de la cantera de Pifo sí se encuentra

dentro de los límites mencionados. Las curvas de los materiales finos de todas las canteras junto con los límites sugeridos se detallan en el Gráfico 5 (pág 27).

- Los materiales gruesos de las cuatro canteras cumplen con el límite del 1% en el ensayo de material fino que pasa el Tamiz N° 200.
- Los materiales finos de las cuatro canteras superan el límite máximo de 7% para la cantera de Pifo y 5% para las de Pomasqui – San Antonio en cuanto a material que pasa el Tamiz N°200 según la norma ASTM C33.
- El material grueso de la cantera de Pifo es el único que cumple con el límite de 50% para el desgaste por abrasión, mientras que las otras canteras rebasan el límite máximo, como se muestra en la Tabla 65 (pág. 80).
- Todas las canteras, en cuanto a materiales finos, están por debajo del límite máximo del 10% de desgaste al sulfato de sodio estipulado en la norma ASTM C33, se muestran estos resultados en la Tabla 65 (pág. 80).
- En cuanto a materiales gruesos, la cantera de Pifo fue la única que está debajo del límite máximo del 12% de desgaste al sulfato de sodio, por otro lado, las canteras de Pomasqui – San Antonio están muy por encima de dicho límite de la norma ASTM C33, se muestran los resultados en la Tabla 65 (pág. 80).
- Uno de los ejes en el que se sustentó la presente investigación, fue la reactividad álcali – agregado, que se suponía iba a ser importante para relacionar la poca durabilidad de morteros realizados con materiales pétreos del sector de Pomasqui – San Antonio, pero basándose en los resultados obtenidos en el ensayo ASTM C1260, y de acuerdo al límite recomendado de 0.100%, no se presentaron expansiones considerables para ninguna cantera, los resultados se muestran en la Tabla 65 (pág. 80).
- Las resistencias promedio de los hormigones realizados con materiales pétreos de Pifo y Rosita se encuentran por encima de la resistencia de diseño, mientras que las de las canteras de El Guabo y Fucusucu V no superaron el valor de la resistencia esperada. Esto para todas las resistencias consideradas 210 kg/cm², 240 kg/cm² y 280 kg/cm².
- Las resistencias características de los hormigones realizados con materiales pétreos de las canteras de Pifo y Rosita cumplen con las resistencias esperadas, los hormigones de El Guabo y Fucusucu V, en cambio, obtuvieron resistencias características menores a la de diseño.
- Es evidente la superioridad en cuanto a resistencia tanto a la compresión como a la tensión en morteros cuando estos se realizan utilizando materiales de la cantera de Pifo,

la mayor diferencia entre morteros se observa en relaciones cemento:arena 1:2, la diferencia se reduce cuando se trabaja con relaciones mayores, como 1:4.

Ensayo	Cantera	Tipo de agregado	Resultado	Límite máximo admisible	Norma ASTM
Abrasión	Pifo	Grueso	21%	50%	ASTM C33 TABLA 4
	El Guabo	Grueso	52%		
	Fucusucu V	Grueso	61%		
	Rosita	Grueso	60%		
Desgaste al sulfato de sodio	Pifo	Fino	3%	10%	ASTM C33 (TABLA 4: Agregado grueso) (Sección 8.1: Agregado fino)
		Grueso	6%	12%	
	El Guabo	Fino	10%	10%	
		Grueso	58%	12%	
	Fucusucu V	Fino	4%	10%	
		Grueso	39%	12%	
Material fino que pasa el Tamiz N° 200	Pifo	Fino	13,47%	7,00%	ASTM C33 (TABLA 4: Agregado grueso) (TABLA 1 NOTAS A Y B: Agregado fino)
		Grueso	0,50%	1,00%	
	El Guabo	Fino	21,04%	5,00%	
		Grueso	0,50%	1,00%	
	Fucusucu V	Fino	20,88%	5,00%	
		Grueso	1,60%	1,00%	
Partículas desmenuzables y terrones de arcilla	Pifo	Fino	0,4%	3,0%	ASTM C33 (TABLA 4: Agregado grueso) (TABLA 2: Agregado fino)
		Grueso	1,0%	2,0%	
	El Guabo	Fino	1,1%	3,0%	
		Grueso	0,2%	2,0%	
	Fucusucu V	Fino	0,4%	3,0%	
		Grueso	0,4%	2,0%	
Rosita	Fino	2,8%	3,0%		
	Grueso	0,3%	2,0%		
Reactividad álcali - sílice	Pifo	Fino	0,062%	0,100%	ASTM C33 Apéndice X1: Sección X1.3.4
	El Guabo	Fino	0,038%		
	Fucusucu V	Fino	0,025%		
	Rosita	Fino	0,035%		

Tabla 65. Resumen resultados de caracterización de agregados pétreos

6.2. RECOMENDACIONES

- Investigar el comportamiento de hormigones y morteros con materiales pétreos de las misas canteras utilizando otro tipo de cemento para verificar la influencia del tipo de cemento en el ensayo de reactividad álcali – agregado.
- Para realizar una adecuada toma de muestras en las canteras se debe asegurar que el material este propiamente homogenizado antes de su salida del lugar.
- Se recomienda que durante la realización de todos los ensayos, es necesario que todo el material muestreado se cuartee manual o mecánicamente para asegurar que los resultados que se obtengan sean representativos.
- Es de vital importancia que el cemento que se utilice para la elaboración de hormigones y morteros no sea viejo, es decir que no haya estado almacenado durante mucho tiempo y menos en condiciones de humedad evitando un fraguado parcial.
- Cuando existan granulometrías fuera de las curvas sugeridas por la norma ASTM C33 para la elaboración de hormigón, existe la posibilidad de pedir al proveedor curvas granulométricas específicas dependiendo del uso que se dará al material. En caso de que no esté disponible este servicio del proveedor, se podrá realizar mezclas de materiales para obtener una gradación aceptable.
- Dado que los porcentajes de materiales fino y grueso fueron tomados empíricamente para la mezcla de hormigón en una apreciación visual, se recomienda realizar una investigación variando los porcentajes mencionados y determinar su relevancia en la dosificación y resistencia a la compresión

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agregados para Concreto*. Tomado de Progress in Concrete Technology. México D.F., Editorial Limusa, 1990.
- Alkali – sílica reaction in concrete*. Internet: <http://www.understanding-cement.com/alkali-silica.html>. Acceso: 05 noviembre, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C109/C109M – 13: Standard test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or [50-mm] Cube Specimens)*. Pensilvania, ASTM, 2013.
- American Society for Testing Materials. *C117 – 13: Standard Test Method for Materials Finer than 75-um (No.200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*. Pensilvania, ASTM, 2009.
- American Society for Testing Materials. *C1260 – 14: Standard Test Method for Potencial Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)*. Pensilvania, ASTM, 2014.
- American Society for Testing Materials. *C127 – 15: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate*. Pensilvania, ASTM, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C128 – 15: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. Pensilvania, ASTM, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C131/C131M – 14: Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*. Pensilvania, ASTM, 2014.
- American Society for Testing Materials. *C136/C136M – 14: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. Pensilvania, ASTM, 2014.
- American Society for Testing Materials. *C142/C142M – 10: Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates*. Pensilvania, ASTM, 2010.
- American Society for Testing Materials. *C143/C143M – 15: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. Pensilvania, ASTM, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C1437 – 13: Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar*. Pensilvania, ASTM, 2009.
- American Society for Testing Materials. *C151/C151M – 15: Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement..* Pensilvania, ASTM, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C1602/C1602M – 12: Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete*. Pensilvania, ASTM, 2012.
- American Society for Testing Materials. *C188 – 14: Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement*. Pensilvania, ASTM, 2014.

- American Society for Testing Materials. *C192/C192M – 15: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*. Pensilvania, ASTM, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C204 – 11: Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus*. Pensilvania, ASTM, 2011.
- American Society for Testing Materials. *C29/C29M – 09: Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate*. Pensilvania, ASTM, 2009.
- American Society for Testing Materials. *C305 – 14: Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency*. Pensilvania, ASTM, 2014.
- American Society for Testing Materials. *C33/C33M – 13: Standard Specification for Concrete Aggregates*. Pensilvania, ASTM, 2013.
- American Society for Testing Materials. *C39/C39M – 15a: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Specimens*. Pensilvania, ASTM, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C40/C40M – 11: Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*. Pensilvania, ASTM, 2011.
- American Society for Testing Materials. *C566 – 13: Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. Pensilvania, ASTM, 2013.
- American Society for Testing Materials. *C595/C595M – 15: Standard Specification for Blended Hydraulic Cements*. Pensilvania, ASTM, 2015.
- American Society for Testing Materials. *C778 – 13: Standard Specification for Standard Sand*. Pensilvania, ASTM, 2013.
- American Society for Testing Materials. *C88 – 13: Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate*. Pensilvania, ASTM, 2013.
- Capítulo 2 *LAS REACCIONES EXPANSIVAS*. Internet: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3315/55864-4.pdf?sequence=4>. Acceso: 06 noviembre, 2015.
- Comité ACI 211. *Práctica para dosificar concreto normal, concreto pesado y concreto masivo*. México D.F., Editorial Limusa, 1990.
- Delgado, Catalina. *Hidrogeología y Modelación del Acuífero Pifo – El Quinche*. Tesis de grado. Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2008.
- Ficha técnica: Cemento Portland Puzolánico Tipo IP Saquillo*. Edifarm. Lafarge.
- Joisel, Albert. *Fisuras y Grietas en Morteros y Hormigones: sus causas y efectos*. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, quinta edición, 1981. (Libro digital: <https://books.google.com.ec/books?id=TVMaL1dKCo8C&pg=PA118&lpg=PA118&dq=finura+blaine+para+que+sirve?&source=bl&ots=KXMC6NrNcw&sig=sG6bEzJSb7t8Q3dyMrizB5fbEEY&hl=es419&sa=X&ved=0CDwQ6AEwBzgKahUKEwjCtfWkquPIAhWFlB4KHdjjDqk#v=onepage&q=finura%20blaine%20para%20que%20sirve%3F&f=false>)

- Kosmatka, Steven. Beatrix Kerkhoff. William Panarese. Jussara Tanesi. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. México D.F., Portland Cement Association – PCA, 2004.
- Larson, Thomas. *Concretos de Cemento Portland y Asfálticos*. México D.F., Editorial Continental, 1966.
- Las Rocas Sedimentarias*. Internet: <http://forodeminerales.blogspot.com/2015/05/las-rocas-sedimentarias.html>. Acceso: 06 noviembre, 2015.
- McMillan, F.R. Lewis Tuthill. *Cartilla del Concreto*. México D.F., Editorial Limusa, 1990.
- Osorio, Jesús David. “Reacción Álcali Agregado: Un ensayo importante en la tecnología del concreto”. Internet: <http://blog.360gradosenconcreto.com/reaccion-alcali-agregado-un-ensayo-importante-en-la-tecnologia-del-concreto/>. Acceso: 06 noviembre, 2015.
- Pacheco, Daniel. *Estudio Geológico de las Formaciones Cuaternarias en la Zona de San Antonio de Pichincha – Pomasqui*. Tesis de grado. Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2013.
- Reacciones químicas de los agregados del hormigón*. Internet: <http://www.arqhys.com/construccion/reacciones-quimicas-hormigon.html>. Acceso: 03 diciembre, 2015.
- Realpe, Guillermo. *Apuntes Personales Tecnología del Hormigón y Cemento*. Quito, PUCE, 2005.
- Recalde, Eduardo. *Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo*. Tesis de grado. Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007.
- Sánchez de Guzmán, Diego. *Durabilidad y Patología del Concreto*. Bogotá, Asociación Colombiana de Productores de Concreto, segunda edición, 2011.
- Whole Building Design Guide, a program of the National Institute of Building Sciences. *CRD-C 260-01: Standard Test Method for Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortars*. Washington, WBDG, 2001.

8. ANEXOS

Anexo 1. Resultados y cálculos de resistencias a la compresión de hormigones.....

Anexo 2. Resultados y cálculos de resistencias a la compresión y a la tensión de morteros.....

**ANEXO 1. RESULTADOS Y CÁLCULOS DE
RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN
HORMIGONES**

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Pifo Alto
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	210
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	17/08/2015
Fecha de ensayo	14/09/2015

Probeta N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Altura (mm)	297,55	303,15	299,50	302,20	302,00	303,95	302,30	301,35	303,80	303,90	/
Diámetro 1 (mm)	150,40	154,40	151,00	153,95	152,15	151,05	152,15	150,60	154,75	154,70	
Diámetro 2 (mm)	151,10	154,10	151,05	154,25	152,70	151,50	151,35	150,20	154,15	153,90	
Diámetro medio (mm)	150,75	154,25	151,03	154,10	152,43	151,28	151,75	150,40	154,45	154,30	
Área (cm2)	178,49	186,87	179,14	186,51	182,47	179,73	180,86	177,66	187,36	186,99	
Masa (kg)	11,95	12,71	12,12	12,64	12,30	12,32	12,18	12,04	12,76	12,73	
Densidad (kg/m3)	2250,11	2243,61	2259,01	2242,63	2232,01	2255,20	2227,73	2248,90	2241,80	2240,14	2244,11
Carga de ruptura (kN)	331,00	378,00	364,00	384,00	400,00	368,00	423,00	425,00	437,00	437,00	/
Esfuerzo (Mpa)	18,54	20,23	20,32	20,59	21,92	20,47	23,39	23,92	23,32	23,37	21,61
Esfuerzo (kg/cm2)	189,04	206,20	207,13	209,88	223,45	208,72	238,41	243,86	237,76	238,23	220,27
% de Resistencia esperada	90,02%	98,19%	98,63%	99,94%	106,41%	99,39%	113,53%	116,12%	113,22%	113,44%	/
Tipo de falla	6	6	5	6	6	6	5	5	6	4	/
	-31,23	-14,07	-13,14	-10,39	3,19	-11,55	18,14	23,59	17,50	17,96	
	975,13	197,97	172,57	107,94	10,16	133,45	329,15	556,45	306,14	322,54	3111,49
										(kg/cm2)	18,59
										f _c característica	196,47
			207,13	209,88	223,45	208,72			237,76	238,23	220,86
			-13,73	-10,98	2,59	-12,15			16,90	17,37	
			188,53	120,64	6,72	147,53			285,70	301,55	1050,68
										(kg/cm2)	14,50
										f _c característica	202,31

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Pifo Alto
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	240
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	17/08/2015
Fecha de ensayo	14/09/2015

Probeta N°	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio
Altura (mm)	299,45	303,95	303,65	305,70	302,00	305,80	303,55	299,15	300,05	304,10	/
Diámetro 1 (mm)	151,50	150,95	152,50	150,90	151,00	154,20	152,80	152,00	150,85	152,45	
Diámetro 2 (mm)	150,95	151,15	152,10	149,50	151,15	154,15	151,35	150,95	151,20	152,00	
Diámetro medio (mm)	151,23	151,05	152,30	150,20	151,08	154,18	152,08	151,48	151,03	152,23	
Área (cm2)	179,61	179,20	182,18	177,19	179,26	186,69	181,64	180,21	179,14	182,00	
Masa (kg)	12,27	12,21	12,45	12,07	12,03	12,65	12,38	11,91	12,05	12,42	
Densidad (kg/m3)	2281,30	2241,72	2250,64	2228,34	2222,20	2215,82	2245,35	2209,28	2241,85	2244,11	2238,06
Carga de ruptura (kN)	379,00	449,00	455,00	427,00	413,00	472,00	424,00	423,00	480,00	454,00	/
Esfuerzo (Mpa)	21,10	25,06	24,98	24,10	23,04	25,28	23,34	23,47	26,79	24,95	
Esfuerzo (kg/cm2)	215,10	255,41	254,60	245,66	234,86	257,72	237,95	239,28	273,14	254,29	246,80
% de Resistencia esperada	89,62%	106,42%	106,08%	102,36%	97,86%	107,39%	99,15%	99,70%	113,81%	105,95%	/
Tipo de falla	5	5	5	5	5	6	6	6	4	6	
	-31,70	8,61	7,80	-1,14	-11,94	10,92	-8,85	-7,52	26,34	7,49	/
	1005,14	74,21	60,78	1,31	142,61	119,33	78,27	56,61	693,75	56,06	
									(kg/cm2)		15,94
									f _c característica (kg/cm2)		226,39
		255,41	254,60	245,66			237,95	239,28		254,29	247,86
		7,55	6,73	-2,21			-9,91	-8,59		6,42	
		57,01	45,33	4,87			98,23	73,75		41,26	320,45
									(kg/cm2)		8,01
									f _c característica (kg/cm2)		237,62

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Pifo Alto
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	280
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	17/08/2015
Fecha de ensayo	14/09/2015

 Muestra mal ensayada

Probeta N°	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Promedio
Altura (mm)	306,40	301,60	307,20	304,80	305,15	305,10	300,30	301,50	305,70	301,40	/
Diámetro 1 (mm)	153,80	151,35	155,20	152,70	152,90	153,95	152,15	152,20	154,15	150,70	
Diámetro 2 (mm)	151,60	150,80	154,70	151,90	152,00	153,60	149,30	150,45	152,70	150,35	
Diámetro medio (mm)	152,70	151,08	154,95	152,30	152,45	153,78	150,73	151,33	153,43	150,53	
Área (cm2)	183,13	179,26	188,57	182,18	182,53	185,72	178,43	179,85	184,88	177,95	
Masa (kg)	12,55	12,18	12,80	12,51	12,44	12,63	12,07	12,11	12,74	12,08	
Densidad (kg/m3)	2236,59	2252,89	2209,61	2252,96	2233,38	2228,95	2252,64	2233,29	2254,20	2252,25	2241,50
Carga de ruptura (kN)	491,00	508,00	522,00	503,00	499,00	549,00	564,00	399,00	565,00	536,00	/
Esfuerzo (Mpa)	26,81	28,34	27,68	27,61	27,34	29,56	31,61	22,19	30,56	30,12	
Esfuerzo (kg/cm2)	273,30	288,88	282,18	281,46	278,67	301,33	322,22	226,15	311,53	307,04	294,07
% de Resistencia esperada	97,61%	103,17%	100,78%	100,52%	99,52%	107,62%	115,08%	80,77%	111,26%	109,66%	/
Tipo de falla	5	5	6	5	6	6	5	4	5	5	
	-20,76	-5,19	-11,89	-12,61	-15,40	7,26	28,15	-67,92	17,46	12,97	/
	431,13	26,89	141,26	159,05	237,13	52,75	792,49	4612,96	304,90	168,19	
									(kg/cm2)		27,74
									f'c característica (kg/cm2)		258,56
		288,88	282,18	281,46	278,67	301,33				307,04	289,93
		-1,04	-7,74	-8,47	-11,26	11,40				17,11	
		1,09	59,97	71,74	126,73	130,06				292,76	682,35
									(kg/cm2)		11,68
									f'c característica (kg/cm2)		274,97

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	El Guabo
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	210
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	18/08/2015
Fecha de ensayo	15/09/2015

Probeta N°	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	Promedio
Altura (mm)	305,60	301,20	304,40	300,00	305,65	304,50	303,30	303,95	304,30	300,80	/
Diámetro 1 (mm)	154,85	151,20	150,50	151,65	154,15	153,65	150,15	151,90	151,65	149,85	
Diámetro 2 (mm)	153,80	151,40	151,35	151,60	154,20	154,15	150,25	152,75	151,90	150,90	
Diámetro medio (mm)	154,33	151,30	150,93	151,63	154,18	153,90	150,20	152,33	151,78	150,38	
Área (cm2)	187,05	179,79	178,90	180,56	186,69	186,02	177,19	182,24	180,92	177,60	
Masa (kg)	12,61	11,97	12,03	12,05	12,58	12,62	11,98	12,31	12,16	11,83	
Densidad (kg/m3)	2205,97	2210,40	2209,07	2224,51	2204,64	2227,95	2229,23	2222,41	2208,72	2214,45	2215,73
Carga de ruptura (kN)	377,00	368,00	353,00	350,00	363,00	358,00	328,00	337,00	360,00	371,00	/
Esfuerzo (Mpa)	20,15	20,47	19,73	19,38	19,44	19,24	18,51	18,49	19,90	20,89	19,62
Esfuerzo (kg/cm2)	205,45	208,65	201,14	197,59	198,21	196,18	188,70	188,51	202,84	212,94	200,02
% de Resistencia esperada	97,83%	99,36%	95,78%	94,09%	94,38%	93,42%	89,86%	89,77%	96,59%	101,40%	/
Tipo de falla	4	5	5	5	6	6	6	4	2	4	/
	5,43	8,63	1,12	-2,43	-1,81	-3,84	-11,32	-11,51	2,82	12,92	
	29,51	74,42	1,25	5,90	3,28	14,77	128,11	132,53	7,93	167,01	564,71
									(kg/cm2)		7,92
									f'c característica		189,88
	205,45		201,14	197,59	198,21	196,18			202,84		200,23
	5,22		0,90	-2,64	-2,03	-4,06			2,60		
	27,23		0,82	6,98	4,10	16,46			6,77		62,36
									(kg/cm2)		3,53
									f'c característica		195,71

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	El Guabo
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm ²)	240
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	19/08/2015
Fecha de ensayo	16/09/2015

Probeta N°	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	Promedio
Altura (mm)	301,55	300,60	305,10	305,75	305,60	306,35	306,75	301,10	306,80	305,10	
Diámetro 1 (mm)	150,45	148,80	152,55	154,10	154,70	151,75	152,30	151,50	153,90	153,20	
Diámetro 2 (mm)	150,50	151,65	151,70	153,60	153,70	153,15	152,50	150,65	154,15	153,60	
Diámetro medio (mm)	150,48	150,23	152,13	153,85	154,20	152,45	152,40	151,08	154,03	153,40	
Área (cm ²)	177,84	177,25	181,76	185,90	186,75	182,53	182,41	179,26	186,33	184,82	
Masa (kg)	11,89	11,94	12,34	12,60	12,70	12,31	12,30	11,94	12,56	12,40	
Densidad (kg/m ³)	2217,20	2241,00	2225,27	2216,76	2225,32	2201,38	2198,17	2212,17	2197,16	2199,07	2213,35
Carga de ruptura (kN)	422,00	408,00	419,00	435,00	421,00	428,00	424,00	433,00	420,00	438,00	
Esfuerzo (Mpa)	23,73	23,02	23,05	23,40	22,54	23,45	23,24	24,16	22,54	23,70	23,28
Esfuerzo (kg/cm ²)	241,89	234,65	234,99	238,53	229,80	239,02	236,94	246,23	229,78	241,58	237,34
% de Resistencia esperada	100,79%	97,77%	97,91%	99,39%	95,75%	99,59%	98,72%	102,60%	95,74%	100,66%	
Tipo de falla	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	
	4,55	-2,69	-2,35	1,18	-7,54	1,68	-0,40	8,89	-7,56	4,24	
	20,73	7,25	5,52	1,40	56,83	2,81	0,16	79,04	57,20	17,99	248,94
									(kg/cm ²)		5,26
									f _c característica (kg/cm ²)		230,61
		234,65	234,99	238,53		239,02	236,94			241,58	237,62
		-2,97	-2,63	0,91		1,40	-0,68			3,96	
		8,82	6,89	0,82		1,96	0,46			15,72	34,67
									(kg/cm ²)		2,63
									f _c característica (kg/cm ²)		234,25

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	El Guabo
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	280
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	19/08/2015
Fecha de ensayo	16/09/2015

 Muestra mal ensayada

Probeta N°	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	Promedio	
Altura (mm)	306,35	300,85	300,70		301,25	301,00	304,30	305,40	300,75	304,85	/	
Diámetro 1 (mm)	150,00	150,35	150,90		150,85	151,55	152,70	151,15	151,10	154,75		
Diámetro 2 (mm)	152,45	150,70	151,00		151,10	151,60	152,80	149,25	150,90	149,25		
Diámetro medio (mm)	151,23	150,53	150,95		150,98	151,58	152,75	150,20	151,00	152,00		
Área (cm2)	179,61	177,95	178,96		179,02	180,45	183,25	177,19	179,08	181,46		
Masa (kg)	12,23	11,83	11,82		11,89	11,98	12,20	11,87	11,84	12,24		
Densidad (kg/m3)	2222,65	2209,67	2196,48		2204,73	2205,69	2187,79	2193,57	2198,38	2212,68	2204,76	
Carga de ruptura (kN)	482,00	516,00	480,00		516,00	477,00	486,00	479,00	478,00	507,00	/	
Esfuerzo (Mpa)	26,84	29,00	26,82		28,82	26,43	26,52	27,03	26,69	27,94		27,38
Esfuerzo (kg/cm2)	273,55	295,58	273,41		293,82	269,47	270,34	275,57	272,09	284,81	279,13	
% de Resistencia esperada	97,70%	105,56%	97,65%		104,94%	96,24%	96,55%	98,42%	97,18%	101,72%	/	
Tipo de falla	5	2	4		2	5	4	6	5	4		
	-5,58	16,44	-5,72		14,68	-9,67	-8,79	-3,56	-7,04	5,68	/	
	31,16	270,42	32,76		215,65	93,48	77,30	12,69	49,61	32,26		815,30
											(kg/cm2)	10,10
											f _c característica (kg/cm2)	266,21
	273,55		273,41				270,34	275,57	272,09	284,81		274,96
	-1,41		-1,55				-4,62	0,61	-2,87	9,85		
	1,99		2,41				21,36	0,37	8,25	97,02		131,41
											(kg/cm2)	5,13
											f _c característica (kg/cm2)	268,40

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Fucusucu V
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm ²)	210
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	24/08/2015
Fecha de ensayo	21/09/2015

Probeta N°	61	62	63	64	65	66	67	68	68	70	Promedio
Altura (mm)	304,70	304,60	306,00	303,75	301,20	303,80	300,00	305,45	304,30	299,70	/
Diámetro 1 (mm)	153,95	153,55	154,20	150,85	150,20	153,20	153,00	154,60	154,15	150,60	
Diámetro 2 (mm)	154,10	152,65	154,10	150,30	150,50	151,30	150,95	153,50	153,35	151,80	
Diámetro medio (mm)	154,03	153,10	154,15	150,58	150,35	152,25	151,98	154,05	153,75	151,20	
Área (cm ²)	186,33	184,09	186,63	178,07	177,54	182,06	181,40	186,39	185,66	179,55	
Masa (kg)	12,84	12,72	12,80	12,24	12,12	12,41	12,05	12,79	12,60	12,03	
Densidad (kg/m ³)	2261,62	2268,39	2241,36	2262,92	2266,47	2243,78	2214,28	2246,56	2230,22	2235,56	2247,12
Carga de ruptura (kN)	375,00	391,00	360,00	314,00	314,00	355,00	350,00	346,00	367,00	370,00	/
Esfuerzo (Mpa)	20,13	21,24	19,29	17,63	17,69	19,50	19,29	18,56	19,77	20,61	19,37
Esfuerzo (kg/cm ²)	205,16	216,50	196,63	179,75	180,29	198,77	196,68	189,23	201,50	210,06	197,46
% de Resistencia esperada	97,69%	103,10%	93,63%	85,59%	85,85%	94,65%	93,66%	90,11%	95,95%	100,03%	/
Tipo de falla	5	5	5	5	5	5	6	5	4	5	/
	7,70	19,05	-0,82	-17,71	-17,17	1,31	-0,78	-8,23	4,04	12,60	
	59,31	362,79	0,68	313,62	294,84	1,73	0,60	67,67	16,35	158,77	1276,35
									(kg/cm ²)		11,91
									f'c característica		182,21
	205,16		196,63			198,77	196,68	189,23	201,50		198,00
	7,16		-1,36			0,78	-1,31	-8,76	3,50		
	51,30		1,86			0,60	1,73	76,82	12,28		144,59
									(kg/cm ²)		5,38
									f'c característica		191,11

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Fucusucu V
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	240
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	24/08/2015
Fecha de ensayo	21/09/2015

Probeta N°	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Promedio
Altura (mm)	305,70	300,25	305,80	305,55	308,80	302,85	304,15	304,10	304,65	299,55	/
Diámetro 1 (mm)	150,60	150,30	151,40	154,00	150,70	150,95	149,30	151,10	152,00	151,00	
Diámetro 2 (mm)	152,80	150,20	153,00	154,00	150,55	151,10	150,60	152,20	152,70	151,35	
Diámetro medio (mm)	151,70	150,25	152,20	154,00	150,63	151,03	149,95	151,65	152,35	151,18	
Área (cm2)	180,74	177,30	181,94	186,27	178,19	179,14	176,60	180,62	182,30	179,49	
Masa (kg)	12,55	12,02	12,55	12,79	12,01	12,19	12,16	12,39	12,52	12,12	/
Densidad (kg/m3)	2271,37	2257,89	2255,73	2247,28	2182,64	2246,92	2263,93	2255,69	2254,39	2254,15	
Carga de ruptura (kN)	397,00	389,00	382,00	406,00	394,00	377,00	362,00	322,00	389,00	377,00	/
Esfuerzo (Mpa)	21,96	21,94	21,00	21,80	22,11	21,05	20,50	17,83	21,34	21,00	
Esfuerzo (kg/cm2)	223,90	223,65	214,03	222,19	225,39	214,53	208,96	181,72	217,52	214,10	214,60
% de Resistencia esperada	93,29%	93,19%	89,18%	92,58%	93,91%	89,39%	87,07%	75,72%	90,63%	89,21%	/
Tipo de falla	5	5	5	5	5	6	6	6	4	5	
	9,30	9,05	-0,57	7,59	10,79	-0,07	-5,64	-32,88	2,92	-0,50	/
	86,55	81,84	0,32	57,62	116,52	0,01	31,84	1080,84	8,55	0,25	
									(kg/cm2)		12,76
									f _c característica (kg/cm2)		198,27
		223,65	214,03	222,19		214,53			217,52	214,10	217,67
		5,98	-3,64	4,52		-3,14			-0,15	-3,57	
		35,71	13,25	20,43		9,87			0,02	12,73	92,02
									(kg/cm2)		4,29
									f _c característica (kg/cm2)		212,18

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Fucusucu V
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	280
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	24/08/2015
Fecha de ensayo	21/09/2015

Probeta N°	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	Promedio
Altura (mm)	301,70	301,60	301,00	305,90	305,35	304,90	305,50	300,90	305,95	303,30	/
Diámetro 1 (mm)	151,30	151,90	150,80	154,40	152,30	151,75	152,20	150,75	154,45	150,00	
Diámetro 2 (mm)	151,25	151,60	151,10	154,00	151,75	151,60	152,90	150,75	154,90	150,50	
Diámetro medio (mm)	151,28	151,75	150,95	154,20	152,03	151,68	152,55	150,75	154,68	150,25	
Área (cm2)	179,73	180,86	178,96	186,75	181,52	180,68	182,77	178,49	187,90	177,30	
Masa (kg)	12,21	12,32	12,19	12,79	12,54	12,32	12,48	12,11	12,82	12,10	
Densidad (kg/m3)	2251,73	2258,56	2262,98	2238,89	2262,45	2236,33	2235,06	2254,85	2230,01	2250,06	2247,34
Carga de ruptura (kN)	465,00	485,00	473,00	462,00	457,00	446,00	465,00	477,00	450,00	462,00	/
Esfuerzo (Mpa)	25,87	26,82	26,43	24,74	25,18	24,68	25,44	26,72	23,95	26,06	
Esfuerzo (kg/cm2)	263,73	273,35	269,42	252,18	256,64	251,62	259,34	272,42	244,13	265,62	259,56
% de Resistencia esperada	94,19%	97,63%	96,22%	90,07%	91,66%	89,86%	92,62%	97,29%	87,19%	94,86%	/
Tipo de falla	6	4	4	6	6	5	5	4	5	5	
	4,17	13,79	9,86	-7,38	-2,92	-7,94	-0,22	12,86	-15,43	6,06	/
	17,39	190,29	97,31	54,42	8,51	63,01	0,05	165,49	238,20	36,68	
									(kg/cm2)		9,84
									f _c característica (kg/cm2)		246,96
	263,73		269,42	252,18	256,64		259,34			265,62	261,16
	2,57		8,27	-8,97	-4,51		-1,82			4,46	
	6,63		68,36	80,52	20,38		3,30			19,89	199,08
									(kg/cm2)		6,31
									f _c característica (kg/cm2)		253,08

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Rosita
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm ²)	210
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	26/08/2015
Fecha de ensayo	23/09/2015

Probeta N°	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	Promedio
Altura (mm)	303,65	303,60	300,65	303,60	300,90	300,75	306,55	305,75	306,25	306,35	/
Diámetro 1 (mm)	152,15	150,70	150,90	151,00	150,85	151,60	152,00	154,00	152,55	152,55	
Diámetro 2 (mm)	151,85	151,25	150,75	151,00	150,25	150,70	152,75	154,50	151,70	154,00	
Diámetro medio (mm)	152,00	150,98	150,83	151,00	150,55	151,15	152,38	154,25	152,13	153,28	
Área (cm ²)	181,46	179,02	178,66	179,08	178,01	179,43	182,35	186,87	181,76	184,52	
Masa (kg)	11,76	11,62	11,51	11,67	11,43	11,54	11,93	12,23	11,88	12,05	
Densidad (kg/m ³)	2134,31	2137,98	2142,78	2146,47	2133,89	2138,42	2134,13	2140,52	2134,27	2131,75	2137,45
Carga de ruptura (kN)	406,00	400,00	406,00	414,00	396,00	393,00	373,00	384,00	370,00	363,00	/
Esfuerzo (Mpa)	22,37	22,34	22,72	23,12	22,25	21,90	20,45	20,55	20,36	19,67	21,57
Esfuerzo (kg/cm ²)	228,08	227,77	231,64	235,66	226,76	223,26	208,51	209,47	207,51	200,54	219,92
% de Resistencia esperada	108,61%	108,46%	110,31%	112,22%	107,98%	106,32%	99,29%	99,75%	98,81%	95,50%	/
Tipo de falla	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	/
	8,16	7,85	11,72	15,74	6,84	3,34	-11,41	-10,45	-12,41	-19,38	
	66,51	61,57	137,43	247,76	46,84	11,17	130,25	109,21	153,99	375,54	1340,27
									(kg/cm ²)		12,20
									f'c característica (kg/cm ²)		204,30
	228,08	227,77			226,76	223,26	208,51	209,47			220,64
	7,43	7,13			6,12	2,62	-12,13	-11,17			
	55,27	50,77	0,00		37,49	6,87	147,22	124,80			422,44
									(kg/cm ²)		9,19
									f'c característica (kg/cm ²)		208,88

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Rosita
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	240
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	26/08/2015
Fecha de ensayo	23/09/2015

Probeta N°	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	Promedio
Altura (mm)	307,00	305,30	305,95	305,75	306,60	301,85	306,35	301,45	305,15	305,25	/
Diámetro 1 (mm)	150,45	152,20	152,00	149,70	154,00	150,70	153,90	150,85	152,00	154,65	
Diámetro 2 (mm)	152,25	152,25	153,00	150,20	154,60	151,50	154,40	151,00	151,60	154,25	
Diámetro medio (mm)	151,35	152,23	152,50	149,95	154,30	151,10	154,15	150,93	151,80	154,45	
Área (cm2)	179,91	182,00	182,65	176,60	186,99	179,32	186,63	178,90	180,98	187,36	
Masa (kg)	11,83	12,00	11,87	11,52	12,24	11,48	12,14	11,57	11,80	12,12	
Densidad (kg/m3)	2141,86	2159,70	2124,08	2133,55	2134,95	2120,96	2123,36	2145,39	2136,66	2119,25	2133,97
Carga de ruptura (kN)	441,00	453,00	454,00	427,00	469,00	453,00	461,00	459,00	466,00	443,00	/
Esfuerzo (Mpa)	24,51	24,89	24,86	24,18	25,08	25,26	24,70	25,66	25,75	23,64	
Esfuerzo (kg/cm2)	249,87	253,73	253,37	246,48	255,67	257,52	251,80	261,54	262,47	241,03	253,35
% de Resistencia esperada	104,11%	105,72%	105,57%	102,70%	106,53%	107,30%	104,92%	108,97%	109,36%	100,43%	/
Tipo de falla	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	
	-3,48	0,38	0,02	-6,87	2,32	4,17	-1,55	8,19	9,12	-12,32	
	12,09	0,14	0,00	47,20	5,40	17,41	2,40	67,05	83,26	151,75	386,71
									(kg/cm2)		6,55
									f _c característica (kg/cm2)		244,96
	249,87	253,73	253,37		255,67	257,52	251,80				253,66
	-3,79	0,07	-0,29		2,01	3,86	-1,86				
	14,36	0,00	0,08		4,05	14,90	3,46				36,85
									(kg/cm2)		2,71
									f _c característica (kg/cm2)		250,18

Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón

Material	Rosita
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm2)	280
Elemento	Cilindro
Fecha de fabricación	26/08/2015
Fecha de ensayo	23/09/2015

Probeta N°	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	Promedio
Altura (mm)	301,80	301,70	307,50	306,60	300,70	303,75	306,65	301,60	300,80	305,30	/
Diámetro 1 (mm)	150,35	149,35	153,20	154,10	150,85	150,60	152,10	150,40	151,45	153,70	
Diámetro 2 (mm)	150,60	151,00	153,90	154,40	151,00	151,00	153,00	153,00	152,45	153,95	
Diámetro medio (mm)	150,48	150,18	153,55	154,25	150,93	150,80	152,55	151,70	151,95	153,83	
Área (cm2)	177,84	177,13	185,18	186,87	178,90	178,60	182,77	180,74	181,34	185,84	
Masa (kg)	11,36	11,43	12,10	12,13	11,37	11,53	11,86	11,49	11,64	12,02	
Densidad (kg/m3)	2116,61	2138,88	2124,96	2117,13	2113,56	2125,30	2116,06	2107,79	2133,95	2118,53	2122,77
Carga de ruptura (kN)	513,00	532,00	524,00	522,00	520,00	506,00	503,00	510,00	469,00	428,00	/
Esfuerzo (Mpa)	28,85	30,03	28,30	27,93	29,07	28,33	27,52	28,22	25,86	23,03	27,66
Esfuerzo (kg/cm2)	294,06	306,17	288,45	284,75	296,29	288,79	280,53	287,63	263,64	234,76	281,94
% de Resistencia esperada	105,02%	109,35%	103,02%	101,70%	105,82%	103,14%	100,19%	102,73%	94,16%	83,84%	/
Tipo de falla	5	4	4	6	4	5	5	4	4	5	/
	12,12	24,23	6,51	2,81	14,35	6,86	-1,41	5,70	-18,30	-47,17	
	146,83	586,98	42,42	7,89	206,06	47,00	1,97	32,44	334,81	2225,47	3631,88
									(kg/cm2)		20,09
									f _c característica (kg/cm2)		256,23
	294,06		288,45	284,75		288,79	280,53	287,63			287,37
	6,69		1,08	-2,62		1,42	-6,84	0,26			
	44,71		1,17	6,87		2,03	46,73	0,07			101,58
									(kg/cm2)		4,51
									f _c característica (kg/cm2)		281,60

**ANEXO 2. RESULTADOS Y CÁLCULOS DE
RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN Y A LA
TENSIÓN EN MORTEROS**

Compresión de muestras cúbicas de mortero Pifo 1:2

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	49,86	50,57	50,15	281,90	126,45	2,23	94,65	9648,62
2	51,21	51,35	51,27	302,60	134,82	2,24	112,65	11483,28
3	50,32	51,64	51,03	293,68	132,60	2,21	103,49	10549,64
4	50,30	50,16	50,66	283,95	127,82	2,22	96,46	9832,42
5	50,02	50,50	49,86	281,07	125,95	2,23	95,92	9777,78
6	50,58	51,45	51,43	294,27	133,84	2,20	105,17	10721,10
7	51,53	51,67	50,80	304,66	135,26	2,25	111,77	11393,78
8	51,72	51,68	51,59	304,39	137,89	2,21	111,06	11321,30
9	50,24	51,87	51,43	293,64	134,02	2,19	100,91	10285,93

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	37,33	380,55	-24,09	580,38			
2	42,79	436,18	31,54	994,51			
3	39,27	400,34	-4,31	18,53	400,34	1,84	3,39
4	37,96	386,93	-17,71	313,64	386,93	-11,56	133,70
5	38,10	388,33	-16,31	266,12	388,33	-10,17	103,36
6	39,75	405,17	0,53	0,28	405,17	6,67	44,54
7	42,58	434,08	29,44	866,48			
8	41,66	424,63	19,99	399,46	424,63	26,13	682,94
9	37,83	385,58	-19,07	363,50	385,58	-12,92	166,90
		404,64		3802,89	398,49		1134,83
			(kg/cm ²)	21,80		(kg/cm ²)	15,07
			Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	376,73		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	379,21

Compresión de muestras cúbicas de mortero Pifo 1:3

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	50,40	51,86	49,34	283,37	128,96	2,20	67,05	6834,56
2	52,00	50,81	51,69	296,52	136,57	2,17	60,33	6150,15
3	50,36	51,27	48,94	279,27	126,36	2,21	62,96	6417,53
4	51,77	51,50	51,02	298,09	136,03	2,19	73,19	7460,55
5	51,67	51,36	51,09	294,49	135,58	2,17	68,49	6981,45
6	50,99	51,26	51,17	293,09	133,75	2,19	69,61	7096,23
7	52,05	50,86	52,08	297,86	137,87	2,16	62,59	6379,82
8	50,62	50,98	49,42	279,86	127,53	2,19	65,82	6709,38
9	51,98	50,93	52,22	297,71	138,24	2,15	63,19	6441,08

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	26,20	267,10	8,56	73,26	267,10	5,78	33,41
2	22,97	234,17	-24,38	594,21			
3	25,09	255,76	-2,79	7,76	255,76	-5,57	30,98
4	27,85	283,93	25,39	644,60			
5	26,10	266,07	7,52	56,54	266,07	4,74	22,47
6	26,54	270,54	11,99	143,87	270,54	9,22	84,92
7	23,63	240,86	-17,69	312,92			
8	26,12	266,30	7,75	60,12	266,30	4,97	24,75
9	23,76	242,18	-16,36	267,79	242,18	-19,14	366,48
		258,55		2161,08	261,33		563,00
			(kg/cm ²)	16,44		(kg/cm ²)	10,61
			Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	237,51		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	247,74

Compresión de muestras cúbicas de mortero Pifo 1:4

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	51,28	51,43	51,08	288,96	134,71	2,14	39,18	3994,19
2	52,21	51,25	50,46	289,21	135,02	2,14	36,98	3769,32
3	51,63	51,20	50,76	290,46	134,18	2,16	36,74	3744,85
4	50,23	52,70	50,96	288,54	134,90	2,14	36,80	3751,48
5	52,75	50,46	51,10	287,58	136,02	2,11	33,09	3373,29
6	51,58	52,26	51,29	296,45	138,26	2,14	34,42	3508,77
7	50,31	52,97	51,09	287,88	136,15	2,11	33,53	3417,53
8	51,65	51,41	50,98	293,79	135,37	2,17	34,70	3537,00
9	51,48	51,93	51,25	296,31	137,01	2,16	34,96	3563,30

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	14,92	152,04	14,44	208,38			
2	14,30	145,76	8,16	66,52			
3	14,14	144,10	6,49	42,18	144,10	8,37	70,10
4	13,70	139,68	2,08	4,33	139,68	3,96	15,67
5	12,83	130,83	-6,78	45,94	130,83	-4,90	24,01
6	12,84	130,91	-6,70	44,84	130,91	-4,82	23,22
7	12,39	126,28	-11,32	128,23			
8	13,24	134,95	-2,65	7,02	134,95	-0,77	0,59
9	13,13	133,88	-3,72	13,84	133,88	-1,84	3,39
		137,60		561,27	135,73		136,98
			(kg/cm ²)	8,38		(kg/cm ²)	5,23
			Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	126,88		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	129,03

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Pifo 1:2

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura						
N°	(mm)	(cm ²)	(cm ³)	(g)	(T/m ³)	(psi)	(kg/cm ²)					
1	25,87	23,75	61,44	145,73	2,37	631,00	44,36	2,31	5,34	44,36	2,85	8,11
2	26,52	23,75	62,99	147,99	2,35	580,00	40,77	-1,27	1,62	40,77	-0,74	0,54
3	26,08	23,75	61,94	145,38	2,35	641,00	45,06	3,01	9,09			
4	26,32	23,75	62,51	148,14	2,37	528,00	37,12	-4,93	24,29			
5	26,48	23,75	62,89	147,25	2,34	604,00	42,46	0,41	0,17	42,46	0,95	0,90
6	25,99	23,75	61,73	143,64	2,33	585,00	41,12	-0,92	0,85	41,12	-0,39	0,15
7	26,32	23,75	62,51	146,22	2,34	557,00	39,15	-2,89	8,35	39,15	-2,35	5,55
8	25,72	23,75	61,09	143,17	2,34	586,00	41,19	-0,85	0,72	41,19	-0,32	0,10
9	26,46	23,75	62,84	147,07	2,34	671,00	47,17	5,12	26,25			
							42,04		76,69	41,51		15,35
								(kg/cm ²)	3,10		(kg/cm ²)	1,75
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	38,08	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	39,27		

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Pifo 1:3

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura							
N°	(mm)	(cm ²)	(cm ³)	(g)	(T/m ³)	(psi)	(kg/cm ²)						
1	25,93	23,75	61,58	143,48	2,33	483,00	33,95	0,16	0,03	33,95	-0,05	0,00	
2	25,58	23,75	60,75	141,51	2,33	487,00	34,23	0,45	0,20	34,23	0,23	0,05	
3	25,93	23,75	61,58	144,40	2,34	448,00	31,49	-2,30	5,27				
4	26,32	23,75	62,51	144,92	2,32	485,00	34,09	0,30	0,09	34,09	0,09	0,01	
5	25,80	23,75	61,28	145,88	2,38	473,00	33,25	-0,54	0,29	33,25	-0,75	0,56	
6	25,93	23,75	61,58	145,80	2,37	477,00	33,53	-0,26	0,07	33,53	-0,47	0,22	
7	26,21	23,75	62,25	146,56	2,35	497,00	34,94	1,15	1,32	34,94	0,94	0,88	
8	26,10	23,75	61,99	144,60	2,33	540,00	37,96	4,17	17,40				
9	25,81	23,75	61,30	145,46	2,37	436,00	30,65	-3,14	9,86				
							33,79			34,52		34,00	1,73
								(kg/cm ²)	2,08		(kg/cm ²)	0,59	
								Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	31,13		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	33,25	

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Pifo 1:4

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura							
N°	(mm)	(cm2)	(cm3)	(g)	(T/m3)	(psi)	(kg/cm2)						
1	25,11	23,75	59,64	139,16	2,33	366,00	25,73	2,67	7,14				
2	24,78	23,75	58,85	138,76	2,36	358,00	25,17	2,11	4,45	25,17	1,76	3,09	
3	24,72	23,75	58,71	138,03	2,35	310,00	21,79	-1,27	1,60	21,79	-1,62	2,61	
4	25,09	23,75	59,59	140,33	2,35	293,00	20,60	-2,46	6,05				
5	25,87	23,75	61,44	142,86	2,33	320,00	22,49	-0,56	0,32	22,49	-0,91	0,84	
6	25,52	23,75	60,61	141,19	2,33	345,00	24,25	1,20	1,43	24,25	0,84	0,71	
7	25,14	23,75	59,71	144,01	2,41	295,00	20,74	-2,32	5,38				
8	24,71	23,75	58,69	140,13	2,39	320,00	22,49	-0,56	0,32	22,49	-0,91	0,84	
9	24,91	23,75	59,16	137,74	2,33	345,00	24,25	1,20	1,43	24,25	0,84	0,71	
							23,06		28,11	23,41		8,80	
								(kg/cm2)	1,87		(kg/cm2)	1,33	
							Esfuerzo caract. (kg/cm2)	20,66	Esfuerzo caract. (kg/cm2)	21,71			

Compresión de muestras cúbicas de mortero El Guabo 1:2

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	52,08	51,64	51,75	286,48	139,18	2,06	58,39	5952,50
2	50,28	50,02	51,44	270,03	129,37	2,09	57,64	5875,23
3	50,60	50,65	51,66	270,92	132,40	2,05	57,17	5828,13
4	50,95	50,12	50,92	270,81	130,03	2,08	56,84	5794,29
5	51,83	51,35	51,98	288,81	138,34	2,09	59,71	6087,05
6	51,21	51,26	51,83	285,14	136,06	2,10	58,92	6006,12
7	50,14	49,92	51,42	269,30	128,70	2,09	56,00	5708,66
8	50,05	50,01	50,57	267,62	126,58	2,11	57,02	5812,13
9	50,55	49,88	49,85	269,20	125,69	2,14	59,12	6026,81

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	21,85	222,74	-4,99	24,88			
2	22,40	228,34	0,61	0,37	228,34	1,33	1,77
3	21,85	222,74	-4,99	24,88	222,74	-4,27	18,21
4	22,27	227,04	-0,69	0,47	227,04	0,03	0,00
5	22,37	228,05	0,32	0,10	228,05	1,04	1,09
6	22,18	226,07	-1,66	2,77	226,07	-0,94	0,89
7	21,82	222,40	-5,33	28,46			
8	22,55	229,82	2,09	4,35	229,82	2,81	7,88
9	23,78	242,38	14,64	214,47			
		227,73		300,77	227,01		29,84
			(kg/cm ²)	6,13		(kg/cm ²)	2,44
			Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	219,88		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	223,88

Compresión de muestras cúbicas de mortero El Guabo 1:3

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	51,53	50,88	51,24	288,47	134,34	2,15	43,39	4423,14
2	50,39	50,95	50,78	278,94	130,37	2,14	35,98	3667,69
3	50,73	51,56	51,54	279,37	134,81	2,07	38,84	3959,33
4	51,71	50,74	51,71	282,88	135,67	2,08	39,38	4013,97
5	50,26	51,39	51,93	282,55	134,13	2,11	39,50	4026,20
6	51,92	51,00	51,61	287,07	136,66	2,10	42,14	4295,21
7	50,43	51,27	51,29	279,60	132,61	2,11	38,66	3940,57
8	51,74	50,83	51,63	284,69	135,78	2,10	42,03	4283,89
9	50,45	51,59	51,58	281,72	134,25	2,10	39,32	4008,26

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	16,64	169,65	15,08	227,40			
2	13,91	141,76	-12,81	164,10			
3	14,62	148,99	-5,58	31,17	148,99	-3,76	14,14
4	15,01	152,99	-1,59	2,52	152,99	0,24	0,06
5	14,80	150,87	-3,71	13,74	150,87	-1,88	3,55
6	16,01	163,18	8,61	74,08	163,18	10,43	108,78
7	14,70	149,85	-4,73	22,34	149,85	-2,90	8,43
8	16,01	163,24	8,67	75,13			
9	14,78	150,63	-3,94	15,54	150,63	-2,12	4,49
		154,57		626,02	152,75		139,44
			(kg/cm ²)	8,85		(kg/cm ²)	5,28
			Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	143,25		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	145,99

Compresión de muestras cúbicas de mortero El Guabo 1:4

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	49,55	49,96	50,21	262,43	124,30	2,11	20,72	2111,62
2	51,31	50,99	51,82	288,51	135,58	2,13	27,59	2812,64
3	49,93	50,24	49,90	266,67	125,17	2,13	22,78	2322,43
4	50,50	50,34	50,52	271,36	128,43	2,11	23,18	2363,30
5	49,83	49,73	50,58	264,90	125,34	2,11	22,09	2251,27
6	51,11	51,27	51,78	286,88	135,68	2,11	26,57	2708,15
7	49,87	49,74	50,67	266,26	125,69	2,12	21,12	2152,50
8	50,76	50,94	52,15	283,07	134,85	2,10	27,99	2853,11
9	50,35	50,64	50,75	270,69	129,40	2,09	23,47	2392,86

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	8,26	84,18	-10,66	113,57			
2	10,44	106,44	11,61	134,70			
3	9,09	92,64	-2,20	4,82	92,64	0,06	0,00
4	9,12	92,93	-1,91	3,65	92,93	0,34	0,12
5	8,78	89,50	-5,34	28,47	89,50	-3,08	9,51
6	10,01	102,01	7,17	51,44	102,01	9,42	88,81
7	8,38	85,40	-9,43	88,99	85,40	-7,18	51,57
8	10,54	107,40	12,56	157,86			
9	9,13	93,03	-1,81	3,27	93,03	0,44	0,20
		94,84		586,78	92,58		150,21
			(kg/cm ²)	8,56		(kg/cm ²)	5,48
			Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	83,87		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	85,57

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero El Guabo 1:2

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura							
N°	(mm)	(cm ²)	(cm ³)	(g)	(T/m ³)	(psi)	(kg/cm ²)						
1	26,14	23,75	62,08	139,83	2,25	445,00	31,28	1,69	2,85	31,28	1,42	2,01	
2	26,28	23,75	62,42	143,07	2,29	390,00	27,42	-2,18	4,75				
3	25,90	23,75	61,51	141,87	2,31	443,00	31,14	1,55	2,39	31,14	1,28	1,63	
4	25,79	23,75	61,25	140,54	2,29	433,00	30,44	0,84	0,71	30,44	0,57	0,33	
5	26,16	23,75	62,13	141,89	2,28	372,00	26,15	-3,44	11,86				
6	25,88	23,75	61,47	143,60	2,34	405,00	28,47	-1,12	1,26	28,47	-1,39	1,94	
7	26,38	23,75	62,65	143,66	2,29	420,00	29,52	-0,07	0,00	29,52	-0,34	0,12	
8	26,11	23,75	62,01	140,23	2,26	478,00	33,60	4,01	16,05				
9	25,58	23,75	60,75	137,98	2,27	403,00	28,33	-1,27	1,60	28,33	-1,53	2,36	
							29,59		41,49	29,86		8,38	
								(kg/cm ²)	2,28		(kg/cm ²)	1,29	
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	26,68	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	28,21			

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero El Guabo 1:3

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura						
N°	(mm)	(cm ²)	(cm ³)	(g)	(T/m ³)	(psi)	(kg/cm ²)					
1	26,16	23,75	62,13	137,21	2,21	300,00	21,09	-0,49	0,24	21,09	-0,77	0,60
2	26,30	23,75	62,46	138,35	2,21	337,00	23,69	2,11	4,45			
3	26,34	23,75	62,56	140,04	2,24	318,00	22,35	0,77	0,60	22,35	0,49	0,24
4	25,87	23,75	61,44	136,97	2,23	297,00	20,88	-0,70	0,49	20,88	-0,98	0,97
5	25,88	23,75	61,47	139,26	2,27	328,00	23,06	1,48	2,18	23,06	1,20	1,43
6	26,32	23,75	62,51	140,24	2,24	340,00	23,90	2,32	5,38			
7	25,85	23,75	61,39	137,91	2,25	303,00	21,30	-0,28	0,08	21,30	-0,56	0,32
8	26,60	23,75	63,18	141,31	2,24	320,00	22,49	0,91	0,84	22,49	0,63	0,40
9	26,39	23,75	62,68	138,61	2,21	220,00	15,46	-6,12	37,40			
							21,58		51,66	21,86		3,95
								(kg/cm ²)	2,54		(kg/cm ²)	0,79
								Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	18,33		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	20,85

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero El Guabo 1:4

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura							
N°	(mm)	(cm ²)	(cm ³)	(g)	(T/m ³)	(psi)	(kg/cm ²)						
1	26,19	23,75	62,20	139,32	2,24	230,00	16,17	-1,09	1,20				
2	26,02	23,75	61,80	140,45	2,27	260,00	18,28	1,02	1,03	18,28	0,74	0,54	
3	26,60	23,75	63,18	138,33	2,19	215,00	15,11	-2,15	4,61				
4	26,03	23,75	61,82	139,41	2,26	268,00	18,84	1,58	2,49				
5	26,17	23,75	62,15	137,15	2,21	235,00	16,52	-0,74	0,55	16,52	-1,02	1,04	
6	26,25	23,75	62,34	139,51	2,24	254,00	17,85	0,59	0,35	17,85	0,32	0,10	
7	25,86	23,75	61,42	137,48	2,24	257,00	18,07	0,80	0,65	18,07	0,53	0,28	
8	25,34	23,75	60,18	138,56	2,30	245,00	17,22	-0,04	0,00	17,22	-0,32	0,10	
9	26,63	23,75	63,25	141,06	2,23	246,00	17,29	0,03	0,00	17,29	-0,25	0,06	
							17,26		10,88	17,54		2,12	
								(kg/cm ²)	1,17		(kg/cm ²)	0,65	
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	15,77	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	16,70			

Compresión de muestras cúbicas de mortero Fucusucu V 1:2

Muestra	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
N°	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	52,14	51,25	50,49	303,49	134,92	2,25	76,95	7844,04
2	51,75	51,26	51,54	303,36	136,72	2,22	89,53	9126,30
3	51,31	51,58	51,57	301,19	136,48	2,21	77,39	7889,30
4	50,90	50,84	51,31	299,73	132,78	2,26	89,95	9168,71
5	51,55	51,10	51,33	305,00	135,21	2,26	87,26	8895,31
6	50,80	51,28	50,99	297,82	132,83	2,24	79,23	8076,04
7	51,85	50,25	51,88	296,47	135,17	2,19	85,37	8702,04
8	51,61	50,26	51,98	299,16	134,83	2,22	88,98	9070,64
9	51,81	50,49	52,88	297,98	138,33	2,15	90,18	9192,25

Muestra	Esfuerzo máximo							
	(Mpa)	(kg/cm ²)						
1	29,48	300,46	-29,09	846,26				
2	33,89	345,44	15,89	252,63	345,44	9,21	84,79	
3	29,10	296,60	-32,95	1085,96				
4	34,48	351,48	21,93	480,88				
5	33,14	337,82	8,27	68,38	337,82	1,58	2,51	
6	30,30	308,86	-20,69	428,11	308,86	-27,38	749,49	
7	32,75	333,80	4,25	18,09	333,80	-2,43	5,92	
8	34,06	347,20	17,65	311,44	347,20	10,96	120,16	
9	33,78	344,29	14,74	217,34	344,29	8,06	64,91	
		329,55		3709,07	336,24		1027,77	
		(kg/cm ²)		21,53	(kg/cm ²)		14,34	
		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		301,99	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		317,88	

Compresión de muestras cúbicas de mortero Fucusucu V 1:3

Muestra	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
N°	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	50,47	49,87	49,94	281,50	125,70	2,24	48,65	4959,33
2	50,87	51,03	50,93	299,35	132,21	2,26	54,34	5539,14
3	50,07	49,77	50,03	278,22	124,67	2,23	45,98	4687,46
4	49,50	50,23	49,96	278,18	124,22	2,24	50,51	5148,52
5	50,16	49,74	49,56	277,43	123,65	2,24	48,90	4984,71
6	51,34	50,56	51,53	296,31	133,76	2,22	54,94	5600,41
7	50,19	49,63	50,11	283,53	124,82	2,27	48,68	4962,18
8	50,24	49,95	50,01	281,28	125,50	2,24	50,62	5159,73
9	51,19	50,69	51,21	298,56	132,88	2,25	52,75	5377,27

Muestra	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	19,54	199,13	-4,88	23,82	199,13	-4,16	17,34
2	20,91	213,13	9,12	83,09			
3	18,47	188,26	-15,76	248,29			
4	20,13	205,16	1,14	1,31	205,16	1,86	3,46
5	19,84	202,21	-1,80	3,25	202,21	-1,09	1,18
6	21,09	214,95	10,94	119,69			
7	19,58	199,58	-4,43	19,64	199,58	-3,72	13,81
8	20,26	206,55	2,54	6,45	206,55	3,26	10,61
9	20,32	207,15	3,13	9,81	207,15	3,85	14,81
		204,01		515,34	203,30		61,20
		(kg/cm ²)		8,03	(kg/cm ²)		3,50
		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		193,74	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		198,82

Compresión de muestras cúbicas de mortero Fucusucu V 1:4

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	51,54	50,12	51,08	299,13	131,95	2,27	35,42	3610,40
2	51,90	50,22	50,88	297,80	132,61	2,25	36,02	3671,46
3	50,92	50,25	50,90	295,17	130,24	2,27	35,07	3574,62
4	49,26	51,98	50,48	293,90	129,26	2,27	38,25	3899,18
5	49,84	51,28	51,36	297,18	131,27	2,26	37,49	3822,02
6	51,44	51,00	51,35	293,71	134,71	2,18	34,99	3567,07
7	49,90	52,55	51,46	295,13	134,94	2,19	36,20	3690,32
8	52,52	50,33	51,98	294,99	137,40	2,15	32,85	3348,83
9	51,51	50,81	51,31	294,45	134,29	2,19	34,22	3488,07

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	13,83	141,02	1,84	3,38	141,02	2,53	6,41
2	14,10	143,69	4,51	20,32	143,69	5,20	27,06
3	13,71	139,76	0,57	0,33	139,76	1,27	1,61
4	14,58	148,59	9,41	88,57			
5	14,24	145,12	5,93	35,22			
6	13,36	136,21	-2,97	8,85	136,21	-2,28	5,20
7	13,39	136,46	-2,72	7,40	136,46	-2,03	4,10
8	12,56	128,00	-11,18	125,00			
9	13,13	133,79	-5,39	29,05	133,79	-4,70	22,05
		139,18		318,11	138,49		66,43
		(kg/cm ²)		6,31	(kg/cm ²)		3,64
		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		131,11	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		133,82

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Fucusucu V 1:2

Muestra N°	Altura (mm)	Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)	Peso (g)	Peso unitario (T/m ³)	Carga de rotura						
						(psi)	(kg/cm ²)					
1	26,12	23,75	62,04	148,34	2,39	563,00	39,58	1,38	1,91	39,58	0,54	0,29
2	26,52	23,75	62,99	159,34	2,53	488,00	34,30	-3,89	15,13			
3	26,22	23,75	62,27	147,85	2,37	495,00	34,80	-3,40	11,54	34,80	-4,24	17,99
4	26,50	23,75	62,94	149,05	2,37	595,00	41,83	3,63	13,19			
5	25,67	23,75	60,97	148,78	2,44	592,00	41,61	3,42	11,70	41,61	2,58	6,64
6	26,79	23,75	63,63	151,69	2,38	475,00	33,39	-4,80	23,07			
7	25,98	23,75	61,70	148,08	2,40	545,00	38,31	0,12	0,01	38,31	-0,73	0,53
8	26,23	23,75	62,30	149,18	2,39	562,00	39,51	1,31	1,72	39,51	0,47	0,22
9	26,55	23,75	63,06	149,27	2,37	575,00	40,42	2,23	4,96	40,42	1,38	1,91
							38,19		83,24	39,04		27,58
							(kg/cm ²)		3,23	(kg/cm ²)		2,35
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		34,06	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		36,03

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Fucusucu V 1:3

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura						
N°	(mm)	(cm2)	(cm3)	(g)	(T/m3)	(psi)	(kg/cm2)					
1	25,44	23,75	60,42	146,80	2,43	375,00	26,36	-0,30	0,09	26,36	0,29	0,09
2	25,28	23,75	60,04	146,36	2,44	374,00	26,29	-0,37	0,13	26,29	0,22	0,05
3	25,50	23,75	60,56	148,05	2,44	393,00	27,63	0,97	0,94	27,63	1,56	2,43
4	25,37	23,75	60,25	147,30	2,44	430,00	30,23	3,57	12,74			
5	26,67	23,75	63,34	147,35	2,33	360,00	25,31	-1,35	1,83	25,31	-0,76	0,58
6	25,23	23,75	59,92	145,41	2,43	325,00	22,85	-3,81	14,53			
7	25,29	23,75	60,06	146,26	2,44	381,00	26,78	0,12	0,02	26,78	0,71	0,51
8	25,89	23,75	61,49	146,52	2,38	342,00	24,04	-2,62	6,85	24,04	-2,03	4,11
9	25,99	23,75	61,73	148,98	2,41	433,00	30,44	3,78	14,29			
							26,66		51,41	26,07		7,76
							(kg/cm2)		2,53	(kg/cm2)		1,25
							Esfuerzo caract. (kg/cm2)		23,41	Esfuerzo caract. (kg/cm2)		24,47

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Fucusucu V 1:4

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura						
N°	(mm)	(cm ²)	(cm ³)	(g)	(T/m ³)	(psi)	(kg/cm ²)					
1	27,01	23,75	64,15	147,68	2,30	315,00	22,14	0,83	0,69	22,14	1,21	1,46
2	26,79	23,75	63,63	147,13	2,31	337,00	23,69	2,37	5,64			
3	26,87	23,75	63,82	146,65	2,30	305,00	21,44	0,12	0,02	21,44	0,50	0,25
4	26,50	23,75	62,94	146,31	2,32	290,00	20,39	-0,93	0,86	20,39	-0,55	0,30
5	26,41	23,75	62,72	146,70	2,34	280,00	19,68	-1,63	2,66	19,68	-1,25	1,57
6	26,81	23,75	63,67	149,19	2,34	278,00	19,54	-1,77	3,14			
7	26,84	23,75	63,75	146,06	2,29	307,00	21,58	0,27	0,07	21,58	0,64	0,42
8	26,81	23,75	63,67	147,34	2,31	327,00	22,99	1,67	2,79			
9	26,92	23,75	63,94	133,26	2,08	290,00	20,39	-0,93	0,86	20,39	-0,55	0,30
							21,31		16,74	20,94		4,30
							(kg/cm ²)		1,45	(kg/cm ²)		0,93
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		19,46	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		19,75

Compresión de muestras cúbicas de mortero Rosita 1:2

Muestra	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
N°	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	51,12	50,40	50,66	254,77	130,52	1,95	64,51	6575,64
2	51,60	51,16	51,70	251,85	136,48	1,85	77,15	7863,91
3	50,21	50,16	50,53	258,09	127,26	2,03	71,42	7279,82
4	50,56	50,88	51,32	271,07	132,02	2,05	69,70	7104,79
5	50,41	50,66	50,95	252,31	130,11	1,94	70,69	7205,50
6	50,30	50,19	50,31	256,20	127,01	2,02	70,57	7193,27
7	51,66	51,78	51,12	273,71	136,74	2,00	77,61	7911,01
8	51,47	51,77	51,64	272,51	137,60	1,98	76,41	7789,40
9								

Muestra	Esfuerzo máximo							
	(Mpa)	(kg/cm ²)						
1	25,27	257,54	-26,01	676,61				
2	29,17	297,32	13,76	189,45	297,32	11,98	143,54	
3	28,18	287,22	3,66	13,41	287,22	1,88	3,53	
4	26,69	272,09	-11,47	131,45	272,09	-13,25	175,52	
5	27,39	279,16	-4,39	19,28	279,16	-6,17	38,12	
6	27,95	284,87	1,32	1,74	284,87	-0,47	0,22	
7	29,32	298,87	15,31	234,50				
8	28,58	291,37	7,81	61,01	291,37	6,03	36,34	
9								
		283,56		1327,45	285,34		397,26	
		(kg/cm ²)		13,77	(kg/cm ²)		8,91	
		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		265,93	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		273,93	

 Muestra mal ensayada

Compresión de muestras cúbicas de mortero Rosita 1:3

Muestra	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
N°	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	51,73	51,78	51,67	271,62	138,40	1,96	49,70	5066,56
2	51,19	51,44	51,56	269,08	135,77	1,98	48,39	4933,03
3	51,22	51,43	52,06	272,02	137,14	1,98	48,78	4972,48
4	51,11	51,46	51,33	270,57	135,00	2,00	48,99	4994,19
5	50,44	51,17	51,15	267,71	132,02	2,03	50,55	5153,21
6	51,64	51,41	51,61	272,38	137,01	1,99	48,37	4931,09
7	50,70	51,17	51,61	269,07	133,89	2,01	51,08	5206,83
8	51,14	50,98	51,27	269,32	133,67	2,01	49,63	5059,02
9	50,57	51,23	51,47	266,98	133,34	2,00	50,03	5099,49

Muestra	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	18,58	189,37	-1,41	1,99	189,37	-0,17	0,03
2	18,25	185,99	-4,78	22,89	185,99	-3,55	12,57
3	18,22	185,72	-5,06	25,60			
4	18,55	189,07	-1,71	2,91	189,07	-0,47	0,22
5	19,31	196,88	6,10	37,24			
6	18,23	185,85	-4,93	24,27	185,85	-3,69	13,60
7	19,34	197,17	6,39	40,81			
8	18,99	193,56	2,78	7,73	193,56	4,02	16,14
9	18,97	193,39	2,62	6,85	193,39	3,85	14,86
		190,78		170,28	189,54		57,43
		(kg/cm ²)		4,61	(kg/cm ²)		3,39
		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		184,87	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		185,20

Compresión de muestras cúbicas de mortero Rosita 1:4

Muestra N°	Altura	Ancho	Espesor	Peso	Volúmen	Peso unitario	Carga de rotura	
	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(cm ³)	(T/m ³)	(kN)	(kg)
1	50,45	49,90	50,51	252,76	127,16	1,99	32,91	3354,43
2	50,91	51,14	51,18	266,68	133,25	2,00	35,00	3567,99
3	49,90	49,60	49,58	244,52	122,71	1,99	30,55	3114,58
4	51,17	51,12	50,18	265,12	131,26	2,02	37,72	3844,55
5	50,20	49,60	49,96	246,33	124,40	1,98	30,33	3092,05
6	50,67	49,88	49,78	252,14	125,81	2,00	33,38	3402,45
7	49,71	49,50	50,59	245,28	124,48	1,97	29,62	3019,57
8	50,63	49,81	49,89	250,72	125,82	1,99	33,78	3442,92
9	51,53	51,31	51,10	268,19	135,11	1,98	35,99	3668,71

Muestra N°	Esfuerzo máximo						
	(Mpa)	(kg/cm ²)					
1	13,06	133,09	-1,00	1,00	133,09	-2,17	4,71
2	13,37	136,32	2,23	4,98	136,32	1,06	1,13
3	12,43	126,66	-7,43	55,22	126,66	-8,60	73,99
4	14,70	149,88	15,79	249,32			
5	12,24	124,78	-9,31	86,62			
6	13,44	137,02	2,94	8,62	137,02	1,77	3,12
7	11,83	120,58	-13,51	182,43			
8	13,59	138,54	4,45	19,84	138,54	3,28	10,79
9	13,73	139,92	5,83	34,00	139,92	4,66	21,72
		134,09		642,04	135,26		115,44
		(kg/cm ²)		8,96	(kg/cm ²)		4,81
		Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		122,62	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		129,11

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Rosita 1:2

Muestra N°	Altura (mm)	Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)	Peso (g)	Peso unitario (T/m ³)	Carga de rotura						
						(psi)	(kg/cm ²)					
1	26,38	23,75	62,65	132,89	2,12	417,00	29,31	-1,12	1,26	29,31	-0,78	0,62
2	26,83	23,75	63,72	132,20	2,07	423,00	29,73	-0,70	0,49	29,73	-0,36	0,13
3	25,84	23,75	61,37	132,56	2,16	443,00	31,14	0,70	0,49	31,14	1,04	1,09
4	26,92	23,75	63,94	148,80	2,33	391,00	27,49	-2,95	8,72			
5	26,62	23,75	63,22	132,53	2,10	467,00	32,83	2,39	5,71			
6	26,59	23,75	63,15	143,95	2,28	433,00	30,44	0,00	0,00	30,44	0,34	0,12
7	26,43	23,75	62,77	133,49	2,13	412,00	28,96	-1,48	2,18	28,96	-1,14	1,29
8	26,13	23,75	62,06	130,84	2,11	441,00	31,00	0,56	0,32	31,00	0,90	0,81
9	26,38	23,75	62,65	134,58	2,15	470,00	33,04	2,60	6,76			
							30,44		25,94	30,10		4,06
							(kg/cm ²)		1,80	(kg/cm ²)		0,90
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		28,13	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		28,95

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Rosita 1:3

Muestra N°	Altura (mm)	Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)	Peso (g)	Peso unitario (T/m ³)	Carga de rotura						
						(psi)	(kg/cm ²)					
1	26,45	23,75	62,82	131,51	2,09	380,00	26,71	-1,48	2,20	26,71	-1,49	2,21
2	26,09	23,75	61,96	133,74	2,16	405,00	28,47	0,27	0,07	28,47	0,27	0,07
3	26,34	23,75	62,56	133,39	2,13	404,00	28,40	0,20	0,04	28,40	0,20	0,04
4	26,48	23,75	62,89	133,73	2,13	428,00	30,09	1,89	3,57			
5	26,00	23,75	61,75	133,46	2,16	425,00	29,88	1,68	2,82			
6	26,54	23,75	63,03	134,14	2,13	410,00	28,82	0,62	0,39	28,82	0,62	0,39
7	26,22	23,75	62,27	133,13	2,14	422,00	29,66	1,47	2,16	29,66	1,46	2,14
8	25,98	23,75	61,70	133,14	2,16	350,00	24,60	-3,59	12,91			
9	26,56	23,75	63,08	136,27	2,16	386,00	27,13	-1,06	1,13	27,13	-1,07	1,14
							28,20		25,29	28,20		5,99
							(kg/cm ²)		0,38	(kg/cm ²)		1,09
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	27,72	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)	26,80		

Tensión en muestras tipo "hueso" de mortero Rosita 1:4

Muestra	Altura	Área	Volúmen	Peso	Peso unitario	Carga de rotura							
N°	(mm)	(cm ²)	(cm ³)	(g)	(T/m ³)	(psi)	(kg/cm ²)						
1	25,77	23,75	61,20	132,55	2,17	294,00	20,67	2,47	6,09				
2	25,84	23,75	61,37	130,68	2,13	250,00	17,57	-0,62	0,39	17,57	-0,22	0,05	
3	25,53	23,75	60,63	131,82	2,17	264,00	18,56	0,36	0,13	18,56	0,76	0,58	
4	25,89	23,75	61,49	129,57	2,11	250,00	17,57	-0,62	0,39	17,57	-0,22	0,05	
5	25,31	23,75	60,11	129,34	2,15	282,00	19,82	1,62	2,64				
6	25,94	23,75	61,61	130,52	2,12	255,00	17,93	-0,27	0,07	17,93	0,13	0,02	
7	25,53	23,75	60,63	129,84	2,14	235,00	16,52	-1,68	2,82				
8	26,03	23,75	61,82	132,02	2,14	255,00	17,93	-0,27	0,07	17,93	0,13	0,02	
9	25,38	23,75	60,28	128,77	2,14	245,00	17,22	-0,98	0,95	17,22	-0,57	0,33	
							18,20		13,56	17,80		1,04	
							(kg/cm ²)		1,30	(kg/cm ²)		0,46	
							Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		16,53	Esfuerzo caract. (kg/cm ²)		17,21	