



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE LOS
AGREGADOS Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD
DEL HORMIGÓN**

SUSTENTADO POR:

JUAN MANUEL ÁLVAREZ SOTO

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

TEGUCIGALPA, F.M., HONDURAS, C.A.

JULIO, 2017

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

JOSÉ ARNOLDO SERMEÑO LIMA

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL
HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA POR LA CALIDAD DE
LOS AGREGADOS**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

ASESOR METODOLÓGICO

CARLOS AUGUSTO ZELAYA OVIEDO

ASESORES TEMÁTICOS

OSCAR RENERY SÁNCHEZ ROSALES

KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ

MIEMBROS DE LA TERNA

MIEMBRO 1

MIEMBRO 2

MIEMBRO 3



FACULTAD DE POSTGRADO

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA POR LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS

**NOMBRE DEL MAESTRANTE:
JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO**

Resumen

El hormigón está compuesto, de agregados que constituyen entre 60 al 80% del volumen de la masa endurecida, contribuyendo a mejorar la resistencia del hormigón, que en general, mientras más densamente pueda empaquetarse el agregado, mejor será la resistencia a la intemperie y la economía del concreto. Por tanto, es necesario el estudio de las propiedades físicas, mecánicas, y químicas de estos elementos, para dictaminar si es recomendable el empleo de dichos materiales, tanto tomados de material de canto rodado, como material triturado en fábricas. Se analizaron muestras de tres bancos de agregados para uso en concreto en el Municipio de Santa Bárbara, conformados por bancos de agregados finos y agregados gruesos proveniente del margen del río Ulúa, y un banco de agregado grueso triturado, que proceden del Municipio de Ilama, Santa Bárbara. **Palabras claves-** agregados, diseño, durabilidad, hormigón, resistencia,.



GRADUATE SCHOOL

PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERIZATION OF THE CONCRETE AND ITS INFLUENCE FOR THE QUALITY OF THE AGGREGATES

MASTER'S NAME:

JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO

Abstract

The concrete is composed of aggregates that constitute between 60 to 80% of the volume of the hardened mass, contributing to improve the strength of the concrete, that in general, the more densely the aggregate can be packaged, the better the resistance to the weather and The economy of concrete. Therefore, it is necessary to study the physical, mechanical, and chemical properties of these elements, to determine whether it is advisable to use such materials, whether taken from boulder material or crushed material in factories. Samples were analyzed from three aggregate banks for concrete use in the Municipality of Santa Bárbara, consisting of banks of fine aggregates and coarse aggregates from the margin of the Ulúa river, and a bank of aggregate coarse crushed, coming from the Municipality of Ilama, Santa Bárbara. **Keywords** - aggregates, concrete, design, durability, strength.

DEDICATORIA

A mi Dios todo poderoso.

Estos estudios te los dedicó a ti Padre, tu eres quién me da las fuerzas, para levantarme día tras días, para realizar cada trabajo, para sostener a mi familia.

A mi Esposa bella y a mis hijos.

Ustedes son la razón para seguir luchando, son el anhelo del día a día, ustedes se han sacrificado junto a mí, para lograr estos estudios. Este título también es de ustedes.

A mis Padres.

La formación que han dejado en mi vida, es la energía que me ayuda a seguir adelante, ustedes me han dado mucho, han sembrado en mí, el deseo de superación, siempre están pendientes de su hijo. Este galardón es un triunfo de ustedes también.

Juan Manuel Alvarez Soto.

AGRADECIMIENTOS

A ti, Dios todo poderoso.

Por darme la vida, permitirme nacer y crecer en tu conocimiento, por ser partícipe de tus infinitas bendiciones que me has regalado a lo largo de mi vida, por tu gracia, bondad y amor, que has manifestado proporcionándome estos estudios, por darme la familia que tengo y por todo el apoyo que un hijo tuyo, puede tener.

A ti, Esposa bella.

Por darme todo el apoyo necesario, por comprenderme en todo este proceso, por obsequiarme el espacio de tiempo que me has dado para realizar estos estudios, gracias por tu amor incondicional, por tu confianza, tus valores y por cuidar día tras día, de mis grandes tesoros que Dios me regaló, Juan Fernando y Juan David.

A ustedes, Padres.

Por darme la vida, por apoyarme en cada paso que doy, porque sus consejo nunca ha faltado, por la preocupación que siempre han mostrado en mi caminar, por inculcarme el deseo de superación, sacrificio, los valores que depositaron en mí, y la motivación permanente que han mostrado hasta hoy en día, siempre me sentiré orgulloso de los padres que Dios me dio.

A ustedes, hermanos.

Por estar siempre presente, por apoyarme y motivarme en cada reto que tomo, por su cariño y comprensión que han tenido a lo largo de nuestras vidas, han sido un pilar de motivación, para los retos que tomo.

A mis suegros, y demás familiares.

Por regalarme sus sonrisas, por mostrarme el cariño que siempre me han brindado a mi vida y a los míos, por amar a mi familia y estar pendiente de ellos, siempre los llevo en mi corazón, su apoyo ha sido de enorme ayuda, en este proceso.

A mis educadores, y asesores.

Por darme parte de su tiempo, por mostrar el interés en mi aprendizaje, por su apoyo y comprensión en nuestro camino, por los conocimientos que han compartido, que han aportado al desarrollo de nuestra formación profesional. Sus orientaciones y guías nos han ayudado en gran manera y sobre todas las cosas, gracias por su amistad. Siempre los recordaré.

Juan Manuel Alvarez Soto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	4
1.3 Definición del problema	4
1.3.1 Enunciado del problema	4
1.3.2 Formulación del problema	6
1.3.3 Preguntas de investigación.....	6
1.4 Objetivos del proyecto	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
1.5 Justificación	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Análisis de la situación actual.....	9
2.1.1 Análisis del macro entorno	10
2.1.2 Análisis del micro entorno	11
2.1.3 Análisis del entorno local.....	12
2.2 Teorías.....	13
2.2.1 Teorías de sustento.....	13
2.2.1.1 Teoría de la relación esfuerzo-deformación	13
2.2.1.2 Análisis granulométrico	15
2.2.1.3 Peso específico y absorción	15
2.2.1.4 Peso volumétrico de los agregados	16

2.2.1.5 Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles	17
2.2.1.6 Diseño de mezclas de Hormigón según normas ACI	17
2.2.2 Conceptualización.....	20
2.3 Metodologías aplicadas.....	30
2.3.2 Metodología para diseño de hormigón con normas ACI.....	31
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	32
3.1 Congruencia metodológica	32
3.1.1 Variables de estudio.....	34
3.1.2 Operacionalización de las variables.....	35
3.1.3 Hipótesis	36
3.2 Enfoque y métodos de la investigación	36
3.2.1 Tipo de enfoque	36
3.2.2 Métodos de la investigación.....	37
3.2.2.1 Deductivo	37
3.2.2.2 Inductivo	38
3.2.2.3 Histórico.....	38
3.2.2.4 Descriptivo.....	38
3.2.2.5 Analítico.....	39
3.2.2.6 Explicativo	39
3.2.2.7 Sintético	40
3.3 Diseño de la investigación	41
3.3.1 Población.....	42
3.3.2 Muestra	42

3.3.3 Unidad de análisis	42
3.3.4 Unidad de respuesta	43
3.4 Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados que justifican la investigación	43
3.4.1 Instrumentos de investigación.....	43
3.4.2 Técnicas de investigación	43
3.4.3 Procedimiento de la investigación	44
3.5 Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados sobre las pruebas de laboratorio	45
3.5.1 Instrumentos de laboratorio	45
3.5.2 Técnicas de laboratorio	50
3.5.3 Procedimientos de laboratorio	55
3.6 Fuentes de información.....	77
3.6.1 Fuentes primarias	77
3.6.2 Fuentes secundarias	77
3.7 Limitantes de estudio	77
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	79
4.1 Resultados de la encuesta.....	79
4.2 Resultados de la entrevista.....	93
4.3 Diagrama de Ishikawa.....	98
4.4 Análisis estadístico.....	102
4.5 Resultados de los ensayos de laboratorio.....	106
4.5.1 Granulometría mecánica de los agregados	106
4.5.2 Peso volumétrico de los agregados	111
4.5.3 Peso específico y absorción de los agregados.....	113

4.5.4 Resistencia al desgaste del agregado grueso.....	115
4.5.5 Diseño de hormigón con normas ACI	116
4.6 Resultados experimentales de los ensayos de laboratorio	119
4.6.1 Resultados de la resistencia de cilindros a 7 días en base a la procedencia de Arena	119
4.6.2 Resultados de la resistencia de cilindros a 7 días en base a la procedencia de Grava	119
4.6.3 Resultados de la resistencia de cilindros a 7 días en base a la limpieza de agregados	120
4.6.4 Resultados de la resistencia a 7 días en base a la relación agua-cemento	120
4.6.5 Resultados de la resistencia al desgaste del agregado grueso (% de desgaste)	121
4.6.6 Comparación de costos del hormigón, por la procedencia del agregado grueso	121
4.6.7 Resultados de resistencia de cilindros a 14 días en base a la procedencia de Arena..	122
4.6.8 Resultados de resistencia de cilindros a 14 días en base a la procedencia de Grava..	122
4.6.9 Resultados de resistencia de cilindros a 14 días en base a la limpieza de agregados .	123
4.6.10 Resultados de la resistencia a 14 días en base a la relación agua-cemento	123
4.6.11 Resultados en cuanto a la resistencia 28 días en base a proporciones	124
4.6.12 Resultados en cuanto a la resistencia 28 días en base a Diseño ACI.....	124
4.6.13 Resultados de resistencia de cilindros a 28 días en base a la procedencia de Arena	125
4.6.14 Resultados de resistencia de cilindros a 28 días en base a la procedencia de Grava	125
4.6.15 Resultados de resistencia cilindros a 28 días en base a la limpieza de agregados....	126
4.6.16 Resultados de la resistencia a 28 días en base a la relación agua-cemento	126
4.7 Análisis estadístico de los resultados de los ensayos de laboratorio	127
4.8 Propuesta.....	132
4.8.2 Introducción	132
4.8.3 Descripción de la propuesta	134
4.8.3.1 Conocimiento del tipo de obra a ejecutar y las resistencias especificadas	134

4.8.3.2	Proceso de selección de los agregados finos y gruesos	135
4.8.3.3	Análisis por medio de ensayos de laboratorio	135
4.8.3.4	Escogencia de la relación agua-cemento a utilizar	136
4.8.3.5	Diseño de mezclas de hormigón	137
4.8.3.6	Fabricación del hormigón diseñado	138
4.8.3.7	Pruebas de verificación de la calidad.....	139
4.8.4	Presupuesto	139
4.8.5	Cronograma de ejecución	140
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		141
5.1	Conclusiones generales.....	141
5.2	Recomendaciones	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		144
ANEXOS		147
Anexo I.	Instrumento de investigación: Encuesta.....	147
Anexo II.	Instrumento de investigación: Entrevista	150
Anexo III.	Memoria fotográfica de los ensayos de laboratorio	152
	Cuarteo de las muestras a utilizar	153
	Nuevo cuarteo y secado de las muestras.....	154
Anexo IV.	Tablas de resultados de ensayos realizados en laboratorio	159
Anexo V.	Norma ASTM para granulometría de los agregados.....	160
Anexo VI.	Visto bueno para el uso de los laboratorios para los ensayos	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación general del agregado según su tamaño.	24
Tabla 2. Clasificación de los agregados según su forma.	26
Tabla 3. Clasificación de la textura superficial de los agregados.	27
Tabla 4. Clasificación del agregado según su densidad.	27
Tabla 5. Matriz metodológica aplicada.	33
Tabla 6. Operacionalización de las variables.	35
Tabla 7. Pesos Específicos del agua.	53
Tabla 8. Pesos Específicos del agua.	63
Tabla 9. Variaciones aproximadas del peso volumétrico.	64
Tabla 10. Granulometría para agregado grueso de tamaño pequeño (entre 2 y 40 mm).	67
Tabla 11. Granulometría para agregado grueso de tamaño grande (entre 2.5 y 80 mm).	68
Tabla 12. Cantidad de esferas según la granulometría del agregado grueso.	68
Tabla 13. Relación agua/cemento máximas permisibles para concreto.	75
Tabla 14. Requisitos aproximados del agua de mezclado y contenido de aire.	76
Tabla 15. Relación del volumen del agregado grueso con el módulo de finura de la arena.	76
Tabla 16. Análisis estadístico, sobre la manera en que se fabrica el hormigón.	102
Tabla 17. Análisis estadístico, aspecto que tiene mayor importancia, además de la resistencia.	103
Tabla 18. Análisis estadístico, sobre el aspecto que domina al seleccionar los agregados.	103
Tabla 19. Análisis estadístico, sobre que agregado tiene mejores propiedades.	104
Tabla 20. Análisis estadístico, sobre el factor para que el hormigón alcance su resistencia.	105
Tabla 21. Granulometría de arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara.	106
Tabla 22. Granulometría de arena proveniente de Ilama, Santa Bárbara.	107

Tabla 23. Granulometría de arena proveniente de Tenco, Santa Bárbara.....	108
Tabla 24. Granulometría de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.....	109
Tabla 25. Granulometría de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.	110
Tabla 26. Peso volumétrico de arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara.	111
Tabla 27. Peso volumétrico de arena proveniente de Ilama, Santa Bárbara.....	111
Tabla 28. Peso volumétrico de arena proveniente de Tenco, Santa Bárbara.	112
Tabla 29. Peso volumétrico de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.	112
Tabla 30. Peso volumétrico de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.....	113
Tabla 31. Peso específico de arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara.....	113
Tabla 32. Peso específico de arena proveniente de Ilama, Santa Bárbara.....	114
Tabla 33. Peso específico de arena proveniente de Tenco, Santa Bárbara.	114
Tabla 34. Peso específico de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.	114
Tabla 35. Peso específico de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.....	115
Tabla 36. Resistencia al desgaste de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.	115
Tabla 37. Resistencia al desgaste de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.....	115
Tabla 38. Diseño de hormigón 3,000 PSI, arena Gualala-grava Gualala, Santa Bárbara.....	116
Tabla 39. Diseño de hormigón 3,000 PSI, arena Ilama-grava Gualala, Santa Bárbara.	116
Tabla 40. Diseño de hormigón 3,000 PSI, arena Tenco-grava Gualala, Santa Bárbara.	117
Tabla 41. Diseño de hormigón 4,000 PSI, arena Gualala-grava Ilama, Santa Bárbara.	117
Tabla 42. Diseño de hormigón 4,000 PSI, arena Ilama-grava Ilama, Santa Bárbara.	118
Tabla 43. Diseño de hormigón 4,000 PSI, arena Tenco-grava Ilama, Santa Bárbara.....	118
Tabla 44. Análisis estadístico, de los resultados en cuanto a proporciones a 28 días.	127
Tabla 45. Análisis estadístico, de los resultados en cuanto a Diseño ACI a 28 días.	127

Tabla 46. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la procedencia de Arena.....	128
Tabla 47. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la procedencia de Grava.....	129
Tabla 48. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la limpieza de los agregados.....	130
Tabla 49. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la relación agua-cemento.....	131
Tabla 50. Relación agua-cemento para uso en diseño del hormigón.....	137
Tabla 51. Relación agua-cemento, límite superior para uso en diseño del hormigón.....	137
Tabla 52. Presupuesto para la ejecución de plan de acción.....	139
Tabla 53. Cronograma de ejecución del plan de acción.....	140
Tabla 54. Resultados de ensayos realizados en laboratorio.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva esfuerzo-deformación a la compresión para concreto densidad normal.....	14
Figura 2. Curva esfuerzo-deformación unitaria a la compresión para concretos livianos.....	14
Figura 3. Esquema de materiales que componen el hormigón.	21
Figura 4. Esquema de utilización de los agregados en el hormigón.....	22
Figura 5. Esquema Metodológico de Normas ASTM para la caracterización del agregado.....	30
Figura 6. Diagrama de Variables de estudio.....	34
Figura 7. Esquema de la aplicación del enfoque.....	37
Figura 8. Esquema conceptual de la aplicación de los métodos.....	40
Figura 9. Esquema del diseño de la Investigación.....	41
Figura 10. Instrumentos para análisis granulométrico.....	45
Figura 11. Instrumentos para peso específico y absorción.	46
Figura 12. Instrumentos para peso volumétrico de los agregados.....	47
Figura 13. Instrumentos para resistencia al desgaste por medio de Los Ángeles.....	48
Figura 14. Instrumentos para diseño de mezclas de Hormigón.....	50
Figura 15. Ubicación Banco de material triturado, Ilama, Santa Bárbara.....	56
Figura 16. Banco de material Triturado, Ilama, Santa Bárbara.....	56
Figura 17. Ubicación Banco de material Playa El Llano, Gualala, Santa Bárbara.....	57
Figura 18. Banco de material Arena y Grava, Playa El Llano, Gualala, Santa Bárbara.....	57
Figura 19. Ubicación Banco de material Posa del Seguasa, Tencoa, Santa Bárbara.....	58
Figura 20. Banco de material de Arena, Posa del Seguasa, Tencoa, Santa Bárbara.....	58
Figura 21. Manera en que se fabrica el hormigón comúnmente.....	79
Figura 22. Aspecto con mayor importancia, cuando se utiliza hormigón.	80

Figura 23. Aspecto que domina al momento de seleccionar los agregados.....	82
Figura 24. Procedencia de los agregados, con mejores propiedades.	83
Figura 25. Característica de los agregados, que interesa conocer el Ingeniero.	84
Figura 26. Factores importantes para que el hormigón alcance su máxima resistencia.	85
Figura 27. Frecuencia en el uso de los diseños de mezclas de hormigón.	86
Figura 28. Tipo de diseño de hormigón más conocidos por los ingenieros.....	88
Figura 29. Aspecto que provoca más dificultad al momento de realizar diseño de hormigón.	89
Figura 30. Nivel de confianza que se tiene sobre los laboratorios de hormigón.	90
Figura 31. Interés que se tiene en conocer documento técnico sobre diseño de hormigón.	92
Figura 32. Característica más importante para fabricar hormigón.	93
Figura 33. Propiedades fisico-mecánicas con mayor influencia en la resistencia hormigón.....	94
Figura 34. Cómo se califica el hormigón que se realiza comúnmente en el país.	95
Figura 35. Recomendaciones para fabricar hormigón zonas con poco acceso a laboratorios.	96
Figura 36. Diagrama de Ishikawa de la investigación.	98
Figura 37. Gráfico granulométrico de Arena, Gualala, Santa Bárbara.	106
Figura 38. Gráfico granulométrico de Arena, Ilama, Santa Bárbara.	107
Figura 39. Gráfico granulométrico de Arena, Tenco, Santa Bárbara.....	108
Figura 40. Gráfico granulométrico de Grava, Gualala, Santa Bárbara.	109
Figura 41. Gráfico granulométrico de Grava, Ilama, Santa Bárbara.	110
Figura 42. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 7 días, Arena.....	119
Figura 43. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 7 días, Grava.....	119
Figura 44. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 7 días, limpieza.....	120
Figura 45. Comparativo en base a relación agua-cemento, 7 días.....	120
Figura 46. Gráfico resultados resistencia al desgaste del agregado grueso (% de desgaste).....	121

Figura 47. Comparativo de costos del hormigón, por la procedencia del agregado grueso.	121
Figura 48. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 14 días, Arena.....	122
Figura 49. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 14 días, Grava.....	122
Figura 50. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 14 días, limpieza.....	123
Figura 51. Comparativo en base a relación agua-cemento, 14 días.....	123
Figura 52. Gráfico resultados en cuanto a la resistencia a 28 días, Proporciones.	124
Figura 53. Gráfico resultados en cuanto a la resistencia a 28 días, Diseño ACI.	124
Figura 54. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 28 días, Arena.....	125
Figura 55. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 28 días, Grava.....	125
Figura 56. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 28 días, limpieza.....	126
Figura 57. Comparativo en base a relación agua-cemento, 28 días.....	126

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Peso específico del material.....	51
Ecuación 2. Porcentaje de agua libre.....	51
Ecuación 3. Resistencia a compresión a los 28 días a partir de la resistencia a 7 días.....	53
Ecuación 4. Peso Específico Bulk.....	62
Ecuación 5. Peso específico Bulk saturado con superficie seca.....	62
Ecuación 6. Peso específico aparente.....	62
Ecuación 7. Porcentaje de absorción.....	62
Ecuación 8. Porcentaje de desgaste.....	67
Ecuación 9. Diseño de hormigón - Peso del cemento.....	71
Ecuación 10. Diseño de hormigón - Peso de la grava.....	71
Ecuación 11. Diseño de hormigón – Volumen de agua.....	72
Ecuación 12. Diseño de hormigón – Volumen de cemento.....	72
Ecuación 13. Diseño de hormigón - Volumen de la grava.....	72
Ecuación 14. Diseño de hormigón – Volumen de aire.....	72
Ecuación 15. Diseño de hormigón – Volumen de arena.....	73
Ecuación 16. Diseño de hormigón – Peso de la arena.....	73
Ecuación 17. Diseño de hormigón – Porcentaje de humedad libre de la grava.....	74
Ecuación 18. Diseño de hormigón – Porcentaje de humedad libre de la arena.....	74
Ecuación 19. Diseño de hormigón – Compensación de agua por la humedad libre de la grava... ..	74
Ecuación 20. Diseño de hormigón – Compensación de agua por la humedad libre de la arena... ..	75

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta en este capítulo los objetivos del presente documento, la formulación del problema, la cual acompañamos con un diseño de la investigación que se realizó, donde se detalla también cómo y dónde se realizó la investigación, se mencionan las preguntas de investigación, las cuales nos llevaron a determinar qué tipo de metodología podríamos utilizar para atacar el problema planteado.

1.1 Introducción

El incremento en la industria de la construcción en Honduras, y particularmente las edificaciones de grandes proyectos de desarrollo, como ser edificios altos, torres de oficinas, apartamentos, torres de estacionamientos, pasos a desnivel, pavimentos de concreto hidráulico, puentes, carreteras, etc. Hacen del uso del concreto su principal material para dicho propósito, este ha generado a su vez una gran demanda de los materiales utilizados para su elaboración. Los que son obtenidos principalmente, en Honduras, de agregados de Canto rodado y materiales triturados, es por esta la principal importancia de mantener un control de calidad adecuado para los mismos.

Cuando se habla de la construcción de obras civiles y su resistencia ante cargas gravitacionales y cargas laterales como sismo, nieve o viento, normalmente los profesionales estructurales enfocan su análisis en evaluar la capacidad resistente de los elementos estructurales verticales como son las columnas o muros cortantes, así como elementos horizontales, como ser losas y vigas que unen las columnas y muros para desarrollar un sistema estructural rígido capaz de soportar las cargas mencionadas ante los eventos que probabilísticamente pudieran ocurrir.

Para caracterizar y determinar la magnitud del sistema de cargas equivalentes, se han creado distintas metodologías y propuestas matemáticas, con la finalidad de obtener aproximaciones cercanas a las características de las cargas gravitacionales y de las excitaciones dinámicas que sufre el suelo a consecuencia de las aceleraciones derivadas de los eventos sísmicos, vientos o nieve; estas propuestas y metodologías se encuentran generalmente especificadas dentro de los diferentes códigos y normativas técnicas que rigen el análisis, diseño y construcción estructural de cada país.

Poco estudio se relaciona o enfoca a la caracterización de los componentes principales de las estructuras de concreto, y es el concreto en sí, este está contenido o compuesto principalmente de cemento, arena, grava u otro agregado, y agua, que después de su mezcla se endurece para formar el material “concreto” que es un material endurecido similar a la piedra; esta mezcla se endurece en formaletas o moldes, con la forma y dimensiones deseadas. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso, que junto al cemento y al agua, interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida.

Honduras, cuenta con gran diversidad de bancos de materiales de construcción debido a su geografía y los diferentes afloramientos de rocas distribuidos en diferentes regiones del país. Para el presente estudio de agregados, se enfocó en el Municipio de Santa Bárbara, Departamento de Santa Bárbara, para el cual, los aspectos fundamentales de la formación, la clasificación y la descripción de las rocas y los minerales y algunos factores que influyen en las características del agregado, se describen en este trabajo de investigación.

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer la calidad de sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas, mecánicas, petrográficas y químicas de ellos, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente se encuentra en Honduras los ingenieros y constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados.

Los agregados para concreto son considerados materiales pétreos inertes, sin embargo sus características tales como la porosidad, la graduación, la absorción de humedad, la forma y la textura de la superficie, la resistencia a la ruptura, el módulo de elasticidad y los tipos de sustancias nocivas presentes, son realmente significativos para las propiedades importantes del concreto. Por esta razón, resulta fundamental la importancia que el agregado tenga buena resistencia, durabilidad, que su superficie esté libre de impurezas, las cuales pueden debilitar la unión con el cemento; y que no produzca una reacción química negativa entre el agregado pétreo y el cemento.

Los agregados para concreto merecen una mayor atención por su influencia en la resistencia, estabilidad dimensional y durabilidad del concreto endurecido, así también en la importancia para determinar el costo y trabajabilidad de las mezclas del concreto. Por ello es necesario efectuar los ensayos respectivos para obtener la información precisa sobre los aspectos físicos, mecánicos, y químicos de los materiales. Para efectos de este trabajo serán utilizadas las siguientes normas, ASTM C-33-08 (Especificación normalizada de agregados para concreto).

Los ensayos oficiales se realizaron en los Laboratorios de la decanatura de Ingeniería Civil, de la Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC; luego se realizaron los análisis de

resultados y se elaboraron las conclusiones y recomendaciones pertinentes al caso. La información de este trabajo sobre la caracterización del hormigón y sus agregados, en dicho departamento será de gran utilidad en futuras construcciones a realizarse en tanto en la localidad, o bien, para tomar como base de estudio y replicarse en otras regiones.

1.2 Antecedentes

El desarrollo que ha tenido el país en los últimos años nos ha llevado a un incremento significativo en la industria de la construcción, y por ende un uso desmedido de la construcción con la fabricación de elementos de hormigón, es por eso, que se requiere especializar cada vez más el estudio del hormigón, y la caracterización de los elementos que lo componen, como ser los agregados de origen pétreo, ya que al utilizar estos componentes de manera desmedida, podemos caer en el error de construir nuestras obras de gran importancia, con hormigón que no cumple la calidad esperada, los requerimientos de diseño, y las características de resistencia y durabilidad para la cual se construyen.

1.3 Definición del problema

1.3.1 Enunciado del problema

En la actualidad se realizan construcciones civiles dentro de varias ciudades de Honduras, como es el caso de la ciudad de Santa Bárbara, que utiliza agregados de diferentes canteras, sin embargo los diseñadores, ingenieros, estructuralistas, arquitectos y/o constructores que adquieren dicho material, lo utilizan sin conocer sus propiedades estructurales, físicas y mecánicas; esto genera un alto grado de incertidumbre al momento de fabricar el hormigón, y al utilizarlos en las diferentes edificaciones, ya que al no conocer las propiedades de sus componentes no podemos saber si este alcanzará las resistencias esperadas.

Estas propiedades deben cumplir con los requisitos técnicos para la fabricación del hormigón, sin embargo los propietarios de las canteras, quienes las explotan, y los mismos constructores poco se han preocupado en determinar la calidad específica de los agregados y en saber si estos cumplen la normativa vigente.

Otro problema al momento de fabricar el hormigón es que se utilizan cantidades o volúmenes de tablas o asumidos a través de la experiencia del albañil, maestro de obra, o del mismo Ingeniero, arquitecto o constructor, sin embargo si analizamos en el campo de la dosificación, sabremos que al momento de calcularla esta varía de cantera a cantera, de agregado a agregado, y del tipo o marca del cemento, debido a que las propiedades de los materiales, es poco probable de que tengan las mismas características físicas, químicas o mecánicas para las diferentes regiones del País.

Debido al desconocimiento de las propiedades técnicas, que deben tener los agregados que componen el hormigón, tanto los propietarios de las canteras, quienes las explotan, ni los mismos constructores se han preocupado en determinar dicha calidad, es por eso que en muchos casos al realizar hormigón con cemento de calidad, agua potable y las proporciones necesarias de agregados pétreos, aun así, no se obtiene la resistencia esperada, quedando como posible explicación que la calidad de los agregados fue la que influyó en dicho rendimiento, es cuando resulta sumamente importante la necesidad de determinar técnicamente en base a la normativa existente, la calidad real de dichos agregados. Esto aunado a la revisión estructural del hormigón fabricado con estos agregados.

1.3.2 Formulación del problema

Existe un desconocimiento de la calidad de los agregados y su influencia en la resistencia del hormigón, fabricado con agregados de bancos de material de la Ciudad de Santa Bárbara.

¿Qué tan factible sería conocer la calidad de los agregados y los diseños de mezcla, para así garantizar la resistencia del hormigón fabricado?

1.3.3 Preguntas de investigación

De lo planteado anteriormente, y en consonancia con la investigación objeto de este estudio, como parte de la definición del problema, se formularon las siguientes preguntas que forman parte de la investigación:

- a. ¿Cuál sería la alternativa más factible para conocer la caracterización de los agregados antes de usarlos para la fabricación de un hormigón diseñado?
- b. ¿Cuáles son los factores que limitan o potencian la caracterización del hormigón?
- c. ¿Cuál es la influencia de la calidad de los agregados, de la ciudad de Santa Bárbara, en la resistencia del hormigón?
- d. ¿Qué propiedades físicas o mecánicas de los agregados, influyen directamente en la resistencia final del hormigón?
- e. ¿Es técnicamente factible la utilización de diferentes agregados, tanto de canto rodado como de agregado triturado en la fabricación de hormigón, y cuál tiene mejores propiedades?

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Facilitar el conocimiento de la calidad de los agregados de canto rodado y triturado, mediante un plan de acción con las normas ASTM correspondientes, para evaluar la calidad del hormigón, y su uso en los proyectos de construcción.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Identificar los factores que limitan o potencian la calidad de los agregados y su influencia en la resistencia del hormigón.
- b. Conocer si los agregados que se utilizan en la ciudad de Santa Bárbara, son aptos para la elaboración de hormigón.
- c. Analizar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, sobre las propiedades de los agregados.
- d. Definir diseños de mezcla de hormigón para las resistencias más utilizadas, 3,000 PSI y 4,000PSI llevando consigo un control de la calidad en laboratorio, monitoreando su resistencia a diferentes edades.
- e. Proponer un plan de acción para facilitar el conocimiento de las propiedades de los agregados que componen el hormigón.

1.5 Justificación

Honduras es un país en constante crecimiento, y un factor de gran incidencia es la industria de la construcción, la cual ayuda al desarrollo y el crecimiento de la economía de un estado, es por eso que el sector de la construcción requiere implementar sistemas y procesos de mejora continua,

dentro de estos procesos encontramos el estudio y la especialización de la ingeniería, donde cada día se está especializando aún más los estudios en el país, aquí es donde entra el estudio o caracterización del hormigón.

Para ser un país en constante crecimiento se debe llevar a la par el desarrollo de muchos proyectos de construcción desde proyectos de lo más comunes como lo es la construcción de viviendas, así como la construcción de proyectos de gran envergadura como lo es la construcción de edificios altos o la construcción de grandes pasos a desnivel o construcción de grandes centros comerciales, lo que todos estos proyectos tienen en común, es la utilización del hormigón como principal material para el desarrollo de los mismos.

Como se ha comentado, el hormigón se compone de materiales pétreo que encontramos en bancos naturales de agregados, los cuales son un pilar para la edificación de los proyectos como los antes mencionados. Es por esta idea que el presente estudio se elabora con el objetivo de dar un aporte a la sociedad, haciendo una caracterización de estos agregados, dando a conocer la bondad de los mismos, y analizando las posibilidades y probabilidades de uso con los diseños de mezcla principales, para la industria de la construcción.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Capítulo con el que se sustenta esta investigación, y se desarrolla dentro de un análisis de un entorno macro y micro, y el análisis interno del problema de investigación, se conceptualiza los términos técnicos objeto de este estudio para la aplicación de la metodología que se desarrollará.

2.1 Análisis de la situación actual

El hormigón o comúnmente llamado concreto, lo obtenemos de la combinación y mezcla de la pasta (cemento-agua) y agregados pétreos, los cuales no son de menor importancia que la pasta de cemento para el hormigón, ya que las características de este en estado endurecido como en estado plástico, están en función de las características de estos agregados que lo componen. Según varias fuentes el hormigón y los agregados pétreos se definen como:

El Código hondureño de la Construcción “CHOC” (2008), define el hormigón como la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Además define el agregado, como material granular, tal como arena, grava, piedra triturada, y escoria de alto horno, utilizados con un medio cementante para formar concreto o mortero de cemento hidráulico.

ASOGRAVAS, (2012), se refiere a los agregados, como cualquier combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesado. Minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua y del viento que son generalmente encontrados en ríos y valles, donde han sido depositados por las corrientes de agua. Los agregados son productos minerales imprescindibles para la sociedad, en general son materiales de bajo costo, abundantes en la

naturaleza, por lo que deben estar situados cerca a los centros de consumo, teniendo en cuenta su alta sensibilidad a los costos de transporte. Que al mezclarse con pastas de cemento forman un hormigón de gran consistencia.

De manera general, los agregados son el mayor constituyente del hormigón, que componen generalmente más del 70 % del material en una cantidad de hormigón y son los que hacen que éste sea un material económico de construcción. Son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al hormigón que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma que en combinación con ésta, proporcionan resistencia mecánica al mortero u hormigón en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que tienen lugar durante el fraguado del cemento así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

2.1.1 Análisis del macro entorno

Estudios realizados en la universidad de San Carlos en Guatemala, sobre el concreto de alta resistencia, define que las propiedades de la micro sílice provocan disminución en la porosidad en el concreto y esto permite que sea más durable, y a su vez más resistente. Entre las arenas utilizadas, la que proporcionó mejores resistencias fue la arena del río Motagua, ya que posee muy bajas cantidades de materia orgánica y mejor granulometría (MORATAYA CORDOBA, 2005).

En la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se realizaron estudios, donde se determinó que usualmente la variación de la resistencia del concreto puede explicarse con el cambio de la relación agua-cemento, sin embargo no siempre es el caso (RODRIGUEZ VILLALBA, 2013).

Por considerarse teorías, independientemente de la relación agua-cemento, las características de las partículas del agregado tales como el tamaño, la forma, la superficie y el tipo de mineral, influyen en las características de la zona de transición, y por lo tanto, afectan la resistencia del hormigón. La calidad del concreto depende principalmente de la calidad que le proporciona la masa de agregados que se utilice en su elaboración, ya que, aproximadamente un 80% del peso del hormigón está compuesto por partículas de origen pétreo de diversos tamaños.

De acuerdo a los estudios realizados en la facultad de Ingeniería de Minas, de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú, cuyo objetivo fue estudiar las características de los agregados finos y gruesos, resume que de acuerdo a la granulometría utilizada el material combinado representa en promedio un 38.1% de piedra y un 61.9% de arena gruesa (CHACALIAZA QUISPE, 2011).

Según ANCHAYHUA, (2005), los resultados de los estudios realizados en la Universidad de Cajamarca, Perú, demuestran que los agregados para un concreto de normal a baja resistencia, representan un 50% de piedra y un 50% de arena gruesa, ya que se obtiene la resistencia esperada a la compresión a los 28 días, en los concretos fabricados con agregado global de río, sin embargo no existe una marcada diferencia entre este con el material seleccionado.

2.1.2 Análisis del micro entorno

Cuando hablamos de la preparación del hormigón, debemos establecer de manera clara y contundente que las plantas productoras de concreto mantienen procesos y normativas más estrictas que las que se utilizan en la fabricación de hormigón de manera manual, por tanto es importante

conocer cómo se desarrolla estos procesos. Para el caso de las productoras de hormigón, utilizan generalmente materiales triturados ya que manejan sus propias trituradoras de agregados.

Según CEMENTOS ARGOS, (2017), las productoras de hormigón manejan una gran variedad de fórmulas para la fabricación del hormigón, dependiendo de la necesidad del cliente, pero la calidad y resistencia del hormigón no depende únicamente de la fórmula o proporción en que se utilice, si no, que también influye la selección de los agregados, su almacenaje y su proceso de drenaje el cual influye en la humedad del agregado. Además señalan que los aditivos que utilizan dependen de las características de las estructuras que van a ser construidas con el hormigón fabricado, que su proceso mantiene sistemas automatizados de medición y dosificación, que agregan un valor agregado a los concretos fabricados en plantas productoras. Los agregados, aditivos y cementos son almacenados en silos necesarios para protegerlos de la rigurosidad climática.

Para garantizar la no variabilidad de la resistencia del hormigón fabricado y entregado en cantidades industriales como las plantas productoras de hormigón manejan, es importante el tipo de cemento utilizado para el hormigón, para el caso la mayoría de las productoras de hormigón en Honduras utilizan cemento tipo I, a diferencia del cemento tipo UG (uso general) que se utiliza usualmente en la fabricación de hormigón manual, además es indispensable los procesos de la normativa de la American Standard of Testing and Materials (ASTM), proceso de limpieza de los agregados que a su vez garantiza el ahorro de cemento en la preparación de las mezclas de hormigón. (CONHSA PAYHSA, S.A., 2016)

2.1.3 Análisis del entorno local

De acuerdo a la investigación que se realizó, no existen estudios de este tipo que podamos mencionar y que puedan respaldar este trabajo, para la Ciudad de Santa Bárbara, Departamento de Santa Bárbara, los estudios que nos servirían de sustento en este informe, no se han realizado o no se han publicado.

2.2 Teorías

2.2.1 Teorías de sustento

2.2.1.1 Teoría de la relación esfuerzo-deformación

El comportamiento de una estructura bajo carga depende en alto grado de las relaciones esfuerzo-deformación del material con el cual está construida, para el tipo de esfuerzo al que está sometido el material dentro de la estructura. Debido a que el concreto se utiliza principalmente en compresión, resulta de interés fundamental su curva esfuerzo-deformación unitaria a la compresión. Esta curva se obtiene mediante mediciones apropiadas de la deformación unitaria en ensayos de cilindros o en la zona de compresión de vigas.

Las figuras 1 y 2 siguientes, muestran un conjunto típico de estas curvas de esfuerzo-deformación para concreto de densidad normal con resultados a 28 días de edad, obtenidas a partir de ensayos de compresión uniaxial realizados con velocidades de carga normales y moderadas, dentro de laboratorios certificados con la normativa correspondiente.

Todas las curvas tienen características similares, todas tienen una porción inicial relativamente elástica y lineal en la cual el esfuerzo y la deformación unitaria son proporcionales, luego comienza a inclinarse sobre la horizontal alcanzando el esfuerzo máximo, o sea la resistencia a la compresión para una deformación unitaria que varía aproximadamente entre 0.002 a 0.003, para concretos de densidad normal, y entre aproximadamente 0.003 y 0.0035 para concretos livianos, donde los mayores valores corresponden a las mayores resistencias. (NILSON, 2005)

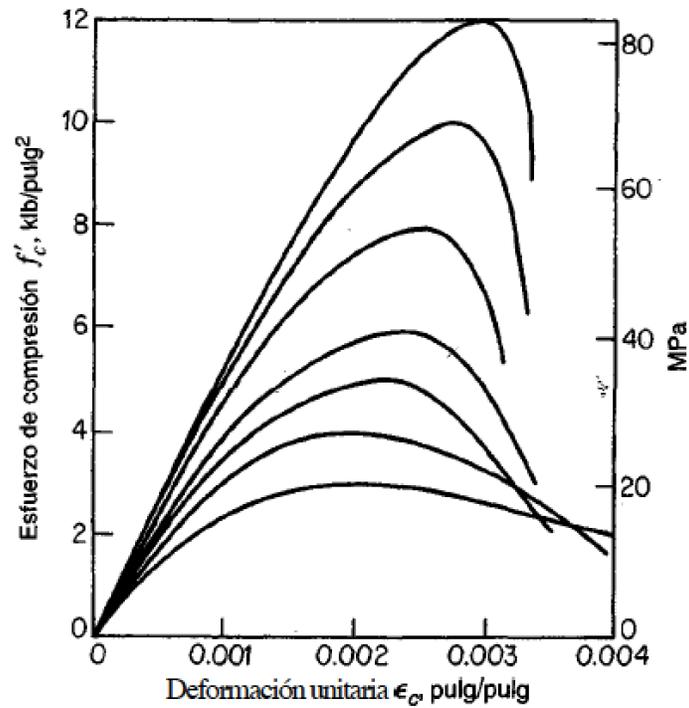


Figura 1. Curva esfuerzo-deformación a la compresión para concreto densidad normal.

Fuente: NILSON, (2005)

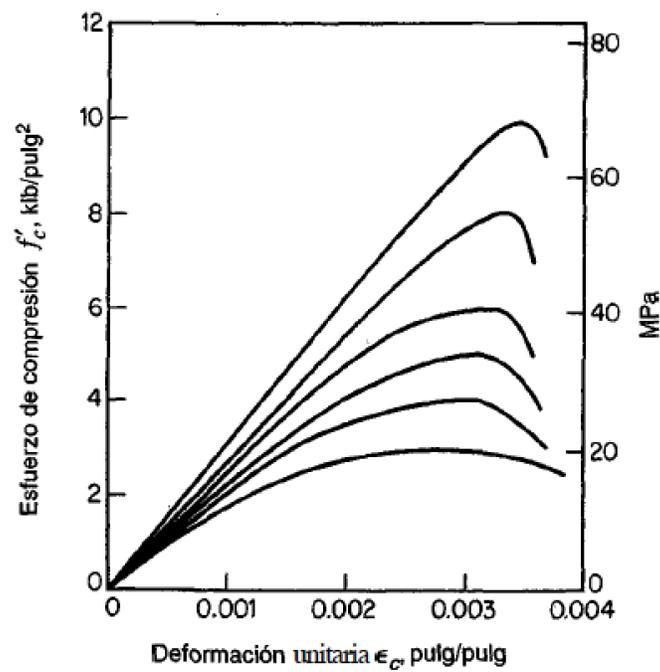


Figura 2. Curva esfuerzo-deformación unitaria a la compresión para concretos livianos.

Fuente: NILSON, (2005)

2.2.1.2 Análisis granulométrico

Es la determinación de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra seca de agregado, por separación a través de una serie de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura de malla. Los agregados están constituidos por infinidad de partículas con una variedad ilimitada de tamaños y para poder dosificar correctamente el hormigón es necesario, conocer esta distribución por tamaños de los granos del agregado. (UNITEC, 2017)

2.2.1.3 Peso específico y absorción

Peso específico Bulk, es la relación del peso al aire de un volumen unitario de un material permeable (incluyendo los vacíos permeables e impermeables del material), a una temperatura establecida, al peso al aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada a una temperatura establecida.

Peso específico aparente, es la relación del peso al aire de un volumen unitario de un material a una determinada temperatura, al peso al aire de igual densidad de un volumen de agua destilada a una temperatura establecida. Si el material es un sólido, el volumen será el de la Proción impermeable. En el sentido más amplio, el peso específico de una sustancia es el peso de esa sustancia, dividido por el peso de un volumen igual de agua destilada en condiciones normales. (UNITEC, 2017)

La mayor parte de los agregados de peso normal, tienen peso específico comprendido entre 2.4 y 2.9. En los cálculos para el concreto generalmente se usan pesos específicos de los agregados

saturados y superficialmente secos; es decir todos los poros de cada partícula del agregado se consideran que están llenos de agua, pero sin que tengan agua sobre la superficie de la partícula.

Agua libre y absorción, ante todo trataremos los estados generales del agua en los agregados. El agua o su ausencia pueden producirle a los agregados los siguientes estados:

- a) Secados en el horno: este estado se define cuando al añadirle más calor ya no disminuye el peso. No contiene agua, son completamente absorbentes. Este estado se puede reproducir.
- b) Secados al aire: esta condición depende de la temperatura y humedad locales. No contienen agua superficialmente, pero generalmente la contienen en el interior. Son algo absorbentes.
- c) Saturados con superficie seca: se llenan todos los poros de las partículas, pero no contienen agua libre en la superficie. No absorben agua ni aumentan el agua de la mezcla. Este estado se puede reproducir.
- d) Húmedos: los poros interiores están llenos y contienen agua libre en la superficie.

2.2.1.4 Peso volumétrico de los agregados

Se define como el cociente de la masa de los agregados que llenan un determinado recipiente por el volumen del mismo. Los resultados obtenidos con este método se utilizan en el diseño de mezclas de hormigón. Se clasifican dos tipos de peso volumétricos, el peso volumétrico suelto y el peso volumétrico compactado. En el primero se utiliza el método de la pala o la cuchara; y para el segundo se utiliza el método de la varilla o método por asentamiento. (UNITEC, 2017)

2.2.1.5 Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles

Una de las cualidades principales que deben reunir los agregados para ser usados en una mezcla de concreto es la dureza, la cual se mide por medio de la resistencia que los agregados presentan al desgaste. La prueba más usada es la prueba al desgaste de la máquina de los Ángeles; que es una prueba para el agregado grueso ya sea de tamaño grande, mayor de $\frac{3}{4}$ " (ASTM C535), o de tamaño pequeño, menor de $1\frac{1}{2}$ "(ASTM C131).

La prueba de los Ángeles es una medida del desgaste que sufren los agregados, resultante de la combinación de acciones que incluye abrasión o desgaste, impacto y molienda en un cilindro rotatorio de acero; conteniendo en su interior un número de esferas metálica especificadas, el número de esferas depende de la graduación de las muestras de prueba. (ASTM, 2001)

2.2.1.6 Diseño de mezclas de Hormigón según normas ACI

La dosificación de hormigón implica el equilibrio entre una economía razonable y los requisitos especificados de trabajabilidad (manejabilidad), durabilidad, impermeabilidad, cambio de volumen, resistencia, sin embargo para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque este débil en otras áreas. Por ejemplo, el concreto para una estructura de un edificio debe poseer alta resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable y hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña. (THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2011)

La trabajabilidad es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto, aunque la trabajabilidad resulta difícil de evaluar, en esencia es la facilidad con la cual pueden

mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de homogeneidad (ósea sin que se segregue), y su capacidad para seguir los detalles del molde. Una característica de la trabajabilidad que los ingenieros tratan a menudo de medir la consistencia o fluidez. Para esto, se suelen hacer las pruebas de revenimiento, donde se coloca la muestra de concreto (la cual deberá ser representativa de la mezcla total a ser utilizada) en un molde de forma troncónica (cono de Abrahms) de 12” de altura, con base de 8” y la parte superior de 4” de diámetro (Norma ASTM C143). Una mezcla bien proporcionada y trabajable se revendrá con lentitud y conservará su identidad original. Una mezcla deficiente se desmoronará, segregará y despedazará. El revenimiento de una mezcla dada puede aumentarse añadiendo agua o incrementando el porcentaje de finos (cemento o agregado) incluyendo aire o incorporando un aditivo que reduzca los requerimientos de agua.

La durabilidad es otra propiedad importante del concreto, muchas veces se dice que el concreto es un material de consistencia y construcción permanente, lo que no es cierto, es posible obtener un elevado grado de permanencia pero solamente cuando se emplean los mejores métodos y materiales. El concreto puede desgastarse bajo el efecto abrasivo de las ruedas de los autos o del tránsito de los peatones en las intersecciones de las calles, en las paradas de autobuses, en las banquetas o en otros puntos de tránsito concentrado. (THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2011)

En servicio normal, la vida del concreto se ve afectada por otros varios aspectos desintegradores, que son el intemperismo por efecto de la congelación y la fusión, y el ataque químico particular. Los agentes químicos como ácidos inorgánicos, ácidos acéticos y carbónicos y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro; desintegran o dañan

químicamente al concreto. Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el volumen específico de concreto, se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente, para lograr resistencia a los sulfatos se debe usar Cemento Portland Tipo V. La resistencia al desgaste por lo general, se logra con un concreto denso, de alta resistencia, hecho con agregados duros.

La impermeabilidad es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y si están interconectados, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. En particular los materiales, componentes y las condiciones de curado influyen en la impermeabilidad. Para producir un concreto relativamente impermeable se puede tomar las medidas siguientes (SÁNCHEZ, 2006):

- a. Úsese la relación agua-cemento mínima (no más de 6 gal. de agua por saco de cemento).
- b. Úsese agregados impermeables, bien graduados del tamaño mínimo.
- c. Manténgase la humedad de curado adecuada de manera que el gel formado en la hidratación pueda obstruir el mayor número de poros.
- d. En algunos casos estúdiense la conveniencia de usar aditivos puzolánicos.

El cambio de volumen es otra característica del concreto que se debe tener en cuenta, los cambios de volumen en el concreto se producen por el efecto directo y por las combinación de efectos de varios factores, entre los más importantes están los debido a los cambios de humedad, cambios de temperatura, por el asentamiento de concreto fresco, por el efecto de los agregados químicamente activos, por la combinación de cemento con agua, por la variación de las cargas aplicadas. La expansión o contracción debido a diferenciales de temperatura ambiente puede reducirse con la producción de concreto de menor coeficiente de dilatación, por lo general con

agregados gruesos de menor coeficiente de dilatación. La contracción al secar puede producirse, casi siempre, disminuyendo agua en la mezcla, ahora bien, con menor cantidad de cemento o con un curado cuidadoso en húmedo, también se reduce la contracción.

2.2.2 Conceptualización

Hormigón:

CASTAÑEDA (1992) afirma:

El hormigón es una masa disgregada de áridos de diferentes tamaños (gravas y arenas), que unimos por la solidificación del cemento que reacciona con agua. Cuanto más compactos sean los áridos y menos superficie tengan, necesitaremos menos cemento para su solidificación. La proporción de dos medidas de grava por una de arena es la más usual. Con el módulo de tamices podemos afinar mejor la proporción de los áridos. Una vez mezclados los componentes, la reacción agua-cemento queda latente durante dos a tres horas que permiten el transporte antes del inicio del fraguado. La durabilidad depende tanto de las medidas adoptadas en función de las acciones mecánicas, físicas y químicas que actúan sobre la estructura, como de un buen cemento, curado y recubrimiento. (p. 13)

Existen algunas particularidades físicas, mecánicas y químicas en la elaboración o fabricación del hormigón, estas requieren de gran análisis para conocer su influencia en los materiales a mezclar y en el hormigón mismo. Cabe señalar que el mismo tiene diferentes características que se deben de analizar a profundidad para conocer las respuestas más evidentes que podemos esperar del hormigón mismo, una de las cuales que necesitamos estudiar es la permeabilidad del hormigón endurecido.

Conocer la permeabilidad al aire que ofrece el hormigón es necesario cuando se pretende construir, con este material, depósitos para gas, cámaras de vacío, edificios nucleares, conductos, etc, y, especialmente, cuando se quiere emplear el hormigón por sus cualidades físico-químicas o de economía, en sustitución de cualquier otro tipo de material de los que corrientemente se utilizan y que se sabe, ofrecen la suficiente impermeabilidad para el fin a que se desinen. Por otra parte, si se tiene en cuenta que la densidad del hormigón influye decisivamente en sus propiedades físicas de

resistencia, conductividad térmica, transmisión de vapor, y que está íntimamente relacionada con la porosidad, y permeabilidad a los gases, que son los que facilitan la carbonatación de la cal y la corrosión de las armaduras, resulta obvio el interés que ofrece la obtención del coeficiente de permeabilidad al aire del hormigón. (MUÑOZ MARTIALAY, 1975, p. 1)

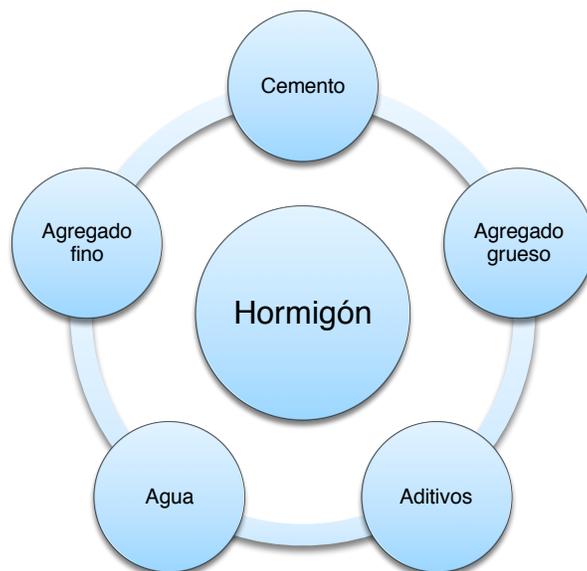


Figura 3. Esquema de materiales que componen el hormigón.

Fuente: Muñoz, (1975)

El término hormigón procede de formicō, palabra latina que alude a la cualidad "moldeable" o de dar "forma". El término concreto también es originario del latín: concretus, que significa "crecer unidos" o "unir". Su uso en español se transmite por vía de la cultura anglosajona, como anglicismo, siendo la voz inglesa concrete. El vocablo "clinker" da nombre al producto intermedio en la fabricación del cemento, principal componente de este último. Se trata del producto obtenido por calcinación a 1,500°C de una mezcla de caliza y arcilla. Este producto producía al deslizarse por hornos rotatorios ruido "clink, clink,..." del que toma el nombre. (ORTEGA CASTRO, 2013, p. 14)

La historia del hormigón constituye un capítulo fundamental en la historia de la construcción. Cuando el hombre optó por edificaciones utilizando materiales arcillosos, surgió la necesidad de obtener pastas que permitieran unir dichos mampuestos para poder conformar estructuras estables. Inicialmente se emplearon pastas elaboradas con arcilla, yeso o cal, pero se deterioraban rápidamente ante las inclemencias atmosféricas. Se idearon diversas soluciones, mezclando agua

con rocas y minerales triturados, para conseguir pastas que no degraden fácilmente. Así, en el Antiguo Egipto, en la Antigua Grecia, hacia 500 a.C. se utilizaron diversas pastas obtenidas con mezclas de yesos disueltas en agua, para poder unir sólidamente los sillares de piedra. (p. 15)

El pueblo romano también usó hormigón en sus construcciones, para lo cual utilizaron cal como aglomerante. Se produjo un significativo avance en la optimización de los aglomerantes para construcción: el cemento Romano. Este material mezclado con cal y agua permite conformar un aglomerante hidráulico, (dicho de una cal o de un cemento que se endurece en contacto con el agua). (p. 16)

¿Cómo se fabrica el hormigón?, ¿cuál es el proceso de obtención de los agregados que componen el hormigón?. Preguntas que pueden sonar simples, pero conllevan implícito, la calidad y la caracterización de los agregados. Esquematizamos a continuación un proceso simple cómo se obtienen dichos agregados:

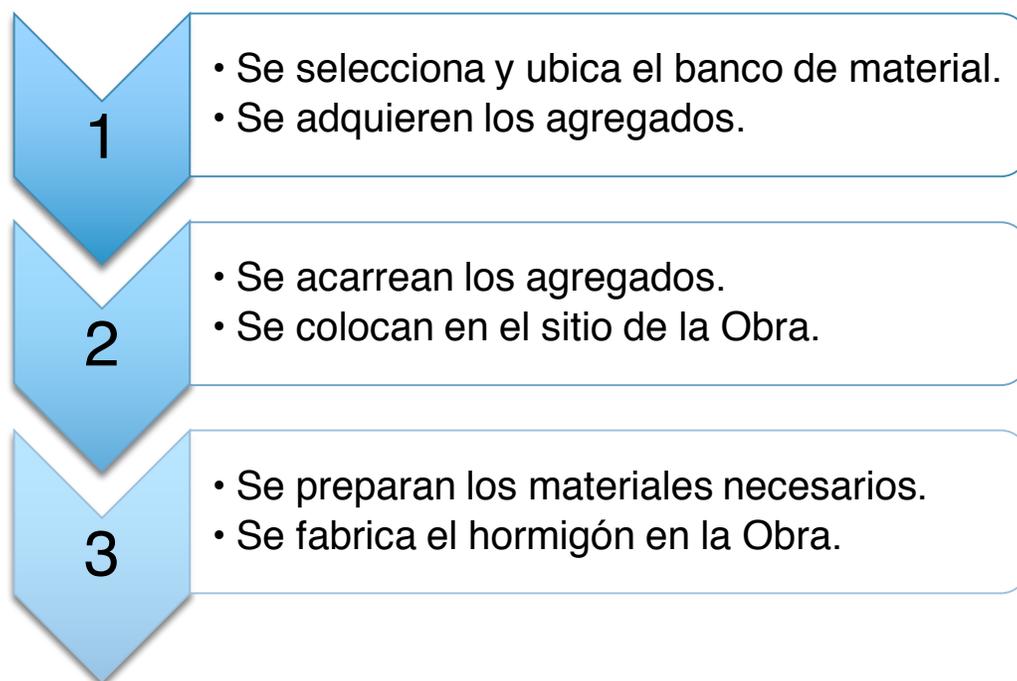


Figura 4. Esquema de utilización de los agregados en el hormigón.

Fuente: WADDELL, (2001)

Concreto simple:

Según LECA, (2015), es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua, el cual no contiene ningún tipo de elemento de refuerzo o posee elementos menores a los especificados para el concreto reforzado, ya sea vaciados en sitio o prefabricados, y cuyas características son una buena resistencia en compresión, durabilidad, resistencia al fuego y moldeabilidad. Este tipo de concreto no es utilizado en elementos sometidos a tensión o un esfuerzo cortante. Su uso en edificaciones se da principalmente en elementos totalmente apoyados sobre el suelo o soportados por otros elementos estructurales capaces de proveer un apoyo vertical continuo. Se proporciona juntas de contracción o de aislamiento para dividir los miembros estructurales de concreto simple en elementos a flexión discontinuos. El tamaño de cada elemento limitará el incremento excesivo en los esfuerzos internos generados por las restricciones al movimiento originado por la deformación diferida, la contracción por secado, y los efectos de temperatura.

Agregados:

Son materiales pétreos naturales, granulares sin forma y volumen definido, que por lo general son inertes. Por su tamaño los agregados pueden clasificarse en finos y gruesos, determinado por el tamaño de mayor predominio usando como referencia un tamiz como límite. Son conocidos también como áridos, constituyen alrededor del 75% en volumen de una mezcla típica de concreto, razón por la cual sus características resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla.

Las características de los agregados empleados en el concreto deberán ser aquellas que beneficien el desarrollo de las propiedades del concreto. Propiedades tales como la trabajabilidad, la adherencia con la pasta y el desarrollo de las resistencias mecánicas, entre otras. Los agregados que componen el hormigón se pueden clasificar según su tamaño, su densidad, su forma y origen, una clasificación específica la podemos conocer en los siguientes desgloses:

Según NEVILLE, (1999), de acuerdo al volumen de sus partículas se dividen en: Agregado fino (Arena): es el material que pasa en un 95% de sus partículas por el tamiz No. 4 (Tamiz según norma estadounidense), de 4.76 mm (3/16”) de abertura entre hilos. Agregado grueso (Grava): es el material que queda retenido en el tamiz 150 mm (6”), cuyas partículas son en un 95% mayores de 4.76 mm.

Si deseamos caracterizar los agregados con una clasificación más específica aún, por los nombres más usuales de sus fracciones, podemos desglosarlos y dividirlos como se muestra a continuación:

Tabla 1. Clasificación general del agregado según su tamaño.

Tamaño de las partículas en mm y plg	Denominación más corriente	Clasificación	Clasificación como agregado para hormigón
Inferior a 0.002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.002 a 0.074 (No. 200)	Limo	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.074 a 4.76 (No. 200) a (No. 4)	Arena	Agregado fino	Material apto para producir hormigón
Entre 4.76 a 19.1 (No. 4) a (3/4”)	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para producir hormigón
Entre 19.1 a 50.8 (3/4”) a (2”)	Grava	Agregado grueso	Material apto para producir hormigón
Entre 50.8 a 152.4 (2”) a (6”)	Piedra	Agregado grueso	Material apto para producir hormigón
Superior a 152.4 (6”)	Rajón, piedra bola	Agregado grueso	Material apto para producir hormigón

Fuente: SÁNCHEZ, (2006)

WADDELL & DOBROWOLSKI, (2001) afirma: “Finura: las partículas de cemento, debido a su pequeño tamaño, no pueden caracterizarse por medio de tamices; se necesitan otros métodos para medir el tamaño de partícula. El método permeabilidad al aire de Blaine es el estándar actual de ASTM” (p. 16).

Este método depende del gasto de aire a través de un lecho preparado de cemento en la celda del aparato. La finura influye sobre las propiedades de ganancia de resistencia, en especial hasta un envejecimiento de siete días.

En base a RAMIREZ F., (2009) Según su origen los agregados pueden ser naturales y artificiales. Tres grandes grupos de rocas dan origen a los agregados:

- ✓ Rocas Magmáticas (Ígneas): A su vez se dividen en: plutónicas y volcánicas (granito, cuarzo, riolita, traquita, etc.)
- ✓ Rocas Sedimentarias: Según su composición química, se pueden mencionar las siguientes: rocas silíceas, carbonatadas aluminosas y salinas (Areniscas, calizas, arcillas y yeso).
- ✓ Rocas Metamórficas: Entre las cuales se pueden enumerar: (las cuacitas, mármoles, pizarras, gneis y las filitas).

Naturales: son todos aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos de arrastre pluviales (arenas y gravas de río) o de glaciares (canto rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales.

Artificiales: estos agregados se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como arcillas expandidas, escorias de alto horno, Clinker, limaduras de hierro y otros. Por lo general estos agregados son más ligeros o pesados que los ordinarios.

La forma de los agregados afecta la manejabilidad del hormigón, esta forma depende del tipo de roca que lo originó. Las formas perjudiciales son las más alargadas y/o escamosas ya que influyen en el cemento, la resistencia y la durabilidad.

Tabla 2. Clasificación de los agregados según su forma.

Clasificación	Descripción
Redondeada (frotamiento)	Totalmente desgastada por el agua o completamente limitada por ella
Irregular	Irregular natural o parcialmente limitada por frotamiento y con caras redondeadas
Angular	Posee caras bien definidas, que se forman en la intersección de caras más o menos planas
Escamosa	Material en el cual el espesor es pequeño en (laminar) relación con las otras dos dimensiones
Elongada	Material normalmente angular, en el cual la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones
Escamosa y elongada	Material cuya longitud es considerablemente mayor que el ancho y este es considerablemente mayor que el espesor

Fuente: SÁNCHEZ, (2006)

La textura del agregado está asociada con la forma de su contextura. Generalmente, los agregados redondeados tienen una textura lisa y los agregados triturados o angulares tienen una textura rugosa, pero incluso cuando la superficie del agregado redondeado es lisa, es suficientemente rugosa para desarrollar un vínculo razonable bueno entre la superficie del agregado y el gel sub-microscópico de la pasta de cemento, quitando el velo de cualquier suposición de falta de adherencia de estos tipo de materiales.

Este fenómeno se desarrolla debido a las características físicas, mecánicas y químicas de las que está compuesto el cemento. Para esto entran los diseños de mezcla del hormigón, para tomar la granulometría de cada agregado en particular e interactuarlo a través de análisis con la pasta agua-cemento, para poder formar efectivamente el correspondiente hormigón fabricado y lograr las características deseadas.

Tabla 3. Clasificación de la textura superficial de los agregados.

Grupo	Textura Superficial	Características
1	Vítrea	Fractura concoide
2	Lisa	Desgastada por el agua o losa debido a la fractura de la roca laminada o de grano fino
3	Granular	Fractura que muestra granos más o menos uniformemente redondeados
4	Áspera	Fractura áspera rocas con granos finos o medianos, contienen partículas cristalinas no tan visibles
5	Cristalina	Contiene partículas fácilmente visibles
6	Apanalada	Con poros y cavidades visibles

Fuente: SÁNCHEZ, (2006)

Los agregados pueden constituirse en ligeros, normales o pesados de acuerdo a su densidad. La cual depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y el volumen de los poros. Estas diferencias los hacen aptos para producir hormigón con cierta variedad en el peso unitario, lo cual es una característica básica del material.

Tabla 4. Clasificación del agregado según su densidad.

Tipo de hormigón	Peso Unitario aprox. Del hormigón (kg/m ³)	Peso Unitario del agregado (kg/m ³)	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ligero	400 – 800	60 – 480	Concreto para aislamientos	Piedra pómez perlita
Ligero	950 – 1350	480 – 1040	Concreto para mampostería sencilla	Piedra pómez perlita
Ligero	1450 – 2000	480 – 1040	Concreto estructural	Piedra pómez perlita
Normal	2000 – 2500	1300 – 1600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado, agregado de río o triturado
Pesado	2500 – 6000	3400 – 7500	Concreto para protección de radiación gamma o X	Piedra barita y magnetita

Fuente: SÁNCHEZ, (2006)

En base a LEZAMA, (2006), por su procedencia se pueden dividir o clasificar en:

- ✓ Agregados Rodados: Proviene de las rocas sedimentarias, las que producto del paso de los años se desgradan de su origen y caen hasta rodar.
- ✓ Agregado de río: Proviene de la desintegración natural de rocas, tales como: granitos, areniscas, gneis, etc. En las cuales debido al desgaste progresivo que han sufrido, las partes blandas de estos han desaparecido.
- ✓ Agregado de llanura: Los depósitos geológicos o los bancos aluviales son los que han dado origen a este tipo de agregado, que a diferencia de los anteriores, contienen partículas finas en mayor porcentaje.
- ✓ Agregado de mar: Estos agregados antes de ser usados se tienen que lavar energicamente para eliminar las no deseadas sales minerales que podrían causar eflorescencias en el hormigón fabricado.
- ✓ Agregados triturados: La procedencia de estos agregados son de roca inalteradas, sanas, duras, compactas. Se obtienen mediante la trituración mecánica artificial de rocas, tales como: granitos, cuarcitas, calizas duras, gabros, basaltos, pórfidos y gneis. Este tipo de agregados contienen mayor elementos finos que los agregados rodados, es por ello que necesitan mayor agua durante el mezclado, además se obtiene mejor adherencia que los agregados rodados, razón por la cual se obtienen mezclas de concreto menos manejables y para relaciones agua-cemento mayores, por ende se obtienen concretos que supone de mayor resistencia.
- ✓ Agregados Artificiales: Proviene de residuos industriales, algunos de estos agregados lo constituyen las escorias de alto horno, el microsílíce, la arcilla horneada, gran parte se usan en la fabricación de concretos ligeros.

Resistencia:

La resistencia mecánica del hormigón endurecido ha sido tradicionalmente la propiedad más identificada y deseada por su comportamiento como material de construcción, lo cual se ha considerado atribuible a tres principales razones, según el Instituto de Ingeniería de la UNAM, (1994):

1. En la mayoría de los casos, la resistencia mecánica (a compresión o a tensión) tiene influencia directa en la capacidad de carga de las estructuras.
2. Es la propiedad más fácilmente determinable y medible a precisión en el concreto endurecido.
3. Los resultados de su determinación pueden ser utilizados como datos índice de otras propiedades del concreto.

En términos generales, la resistencia mecánica que potencialmente puede desarrollar el concreto depende de la resistencia individual de los agregados y de la pasta de cemento endurecida, y de la adherencia que se produce entre ambos materiales.

Características mecánicas de los materiales:

GERE, (2002) Para que las máquinas y estructuras funcionen apropiadamente, su diseño requiere que entendamos el comportamiento mecánico de los materiales usados. Por lo general, la única manera de establecer el comportamiento de los materiales cuando están sometidos a cargas, es llevar a cabo experimentos en el laboratorio. El procedimiento usual es colocar pequeñas probetas de material en máquinas de prueba, aplicar las cargas y medir las deformaciones resultantes (como cambios de longitud o diámetro). La mayoría de los laboratorios de prueba de materiales están equipados con máquinas capaces de cargar las probetas de diversas maneras, incluyendo las cargas estáticas y dinámicas tanto en tensión como en compresión.

American Society for Testing and Materials (ASTM):

Es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. Con bases muy amplias formada por productores, consumidores y grupos de interés en general.

American Concrete Institute (ACI):

Instituto Americano del Concreto, es una organización sin fines de lucro que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al hormigón y hormigón reforzado. Fundada en 1904 con su sede central en Farmington Hills, Michigan, USA.

2.3 Metodologías aplicadas

2.3.1 Metodología para caracterización del agregado

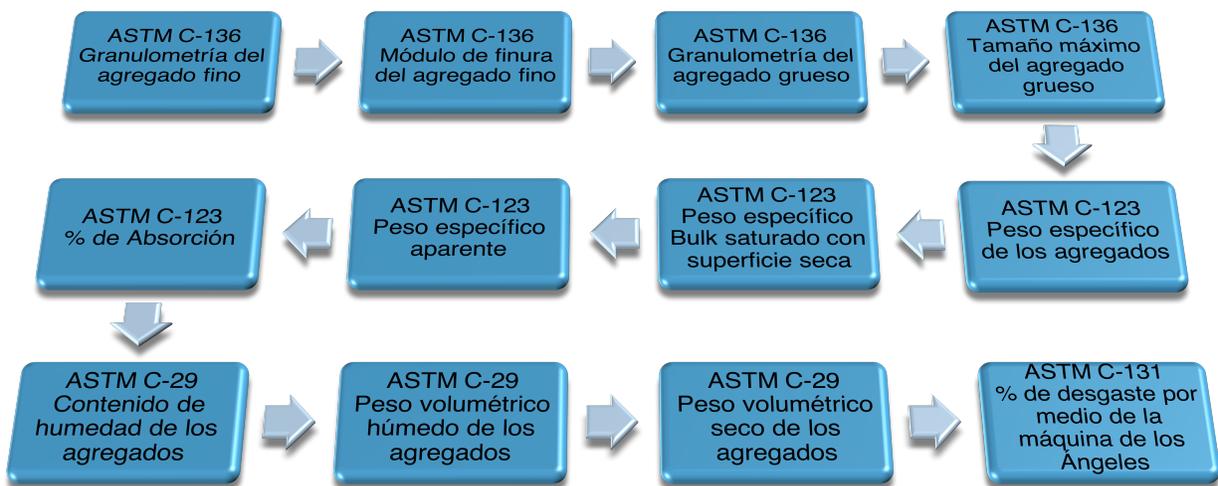


Figura 5. Esquema Metodológico de Normas ASTM para la caracterización del agregado.

Fuente: ASTM, (2001)

2.3.2 Metodología para diseño de hormigón con normas ACI

Para los diseños de mezclas de concreto se parte del método ACI, utilizado para elaborar diseños de mezclas con agregados que cumplan las normas, empezamos corrigiendo revenimiento:

- a. Corregir la cantidad de agua, conservando la relación agua-cemento, manteniendo la cantidad de agregado grueso constante.
- b. Modificar la cantidad de agregado grueso, es decir, disminuir la cantidad de agregado grueso en un rango de 5 a 10% y compensar con la cantidad de arena. Procedimiento parecido al método de pesos unitarios compactados.

Se realiza el procedimiento de diseño de la mezcla:

Paso 1.

Para todo diseño de mezclas de hormigón, por cualquiera de la mayoría de los métodos existentes, es importante considerar las características de los agregados que componen dicha mezcla, para esto se requiere realizar el proceso de granulometría de los agregados, este proceso se logra mediante el seguimiento de las normas ASTM correspondiente.

Paso 2.

Se diseña la mezcla a través de hojas de cálculo de Excel, ingresando los datos de los análisis granulométricos de los agregados que se utilizaran en dicha mezcla. Obteniendo cantidades en peso de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso, para una relación de agua-cemento escogida, y con el revenimiento esperado.

Paso 3.

Se realiza una corrección de mezcla, corrigiendo con la primera alternativa, es decir modificar la cantidad de agua. Esto logrará además de una mejor trabajabilidad de la mezcla, conseguirá también que aumente el revenimiento de la mezcla. Esta corrección se realiza sin perder la relación agua-cemento especificada.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En la metodología se define la congruencia metodológica, la relación de las variables de estudio, la hipótesis, el enfoque con sus métodos, se desarrolla el diseño de la investigación, donde se manifiestan los instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados, plasmando finalmente las fuentes de información y las limitantes de estudio.

3.1 Congruencia metodológica

Todo análisis metodológico tiene que estar sustentado de una congruencia de metodología, por lo tanto para esta investigación se trató de desmenuzar los conceptos que se manejaron de manera ordenada y lógica, de modo que pudiera obtenerse a partir de este proceso, el instrumento que permitirá medir lo que deseamos. (RIVAS TOVAR, 2015)

“Las técnicas de investigación son medios que sirven para obtener y clasificar la información. La técnica etnográfica (trabajo de campo) y la técnica de análisis documental son las más comunes que se utilizan en cualquier investigación” (MARTÍNEZ, 2012, p. 86).

A continuación se presenta la matriz metodológica utilizada en esta investigación, colocando en ella como resumen el problema de la investigación, las preguntas de investigación, el objetivo general, los objetivos específicos, las variables dependientes y finalmente las variables independientes del estudio.

Tabla 5. Matriz metodológica aplicada

Tema	Problema	Pregunta de Investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variables Dependientes
<p>Caracterización físico-mecánica del hormigón y su influencia por la calidad de los agregados</p>	<p>Desconocimiento de la calidad de los agregados y su influencia en la resistencia del hormigón, fabricado con agregados de bancos de material de la Ciudad de Santa Bárbara.</p>	<p>¿Cuál sería la alternativa más factible para conocer la caracterización de los agregados antes de usarlos para la fabricación de un hormigón diseñado?</p>	<p>Facilitar el conocimiento de la calidad de los agregados de canto rodado y triturado, mediante un plan de acción con las normas ASTM correspondientes, para evaluar la calidad del hormigón fabricado, y su uso en los proyectos de construcción.</p>	<p>Identificar los factores que limitan o potencian la calidad de los agregados de la ciudad de Santa Bárbara y su influencia en la resistencia del hormigón.</p>	<p>Diseño de mezcla de hormigón ACI</p>	<p>Plan de acción para facilitar el conocimiento de las propiedades de los agregados, y así lograr dosificaciones adecuadas para la elaboración de hormigón.</p>
		<p>¿Cuáles son los factores que limitan o potencian la caracterización del hormigón, para lograr mejor calidad en la fabricación del hormigón y alcanzar las resistencias de diseño?</p>		<p>Conocer si los agregados que se utilizan en la construcción de obras, en la ciudad de Santa Bárbara, son aptos para la elaboración de hormigón, y su factibilidad de uso.</p>	<p>Selección de los bancos de material de los agregados</p>	
		<p>¿Cuál es la influencia de la calidad de los agregados, su factibilidad de uso, y la probabilidad de influencia de cada uno de los agregados de diferentes canteras de la ciudad de Santa Bárbara, en la resistencia del hormigón?</p>		<p>Analizar resultados de las diferentes propiedades del hormigón, de los ensayos y concluir sobre la calidad e importancia de los materiales usados.</p>	<p>Análisis granulométrico del agregado grueso</p>	
		<p>¿Qué propiedades físicas o mecánicas de los agregados, influyen más en la resistencia final del hormigón en que se emplean?</p>		<p>Definir diseños de mezcla de hormigón para resistencias de 3,000 PSI y 4,000PSI llevando control de calidad de los agregados, del hormigón fresco y endurecido, monitoreando su resistencia a diferentes edades.</p>	<p>Análisis granulométrico del agregado fino</p>	
		<p>¿Es técnicamente factible la utilización de diferentes agregados, tanto de canto rodado como de agregado triturado en la fabricación de hormigón, y cuál tiene mejores propiedades?</p>		<p>Proponer un plan de acción para facilitar el conocimiento de las propiedades de los agregados provenientes de la Ciudad de Santa Bárbara, y así lograr las dosificaciones adecuadas para la elaboración de hormigón.</p>	<p>Selección del tipo y la relación agua-cemento a utilizar</p>	

Fuente: SAMPIERI, ET AL, (2014)

3.1.1 Variables de estudio

Se planteó una estructuración del estudio a través del análisis y la correlación de las variables de la investigación, dimensiones, variables independientes y la variable dependiente de nuestra investigación.

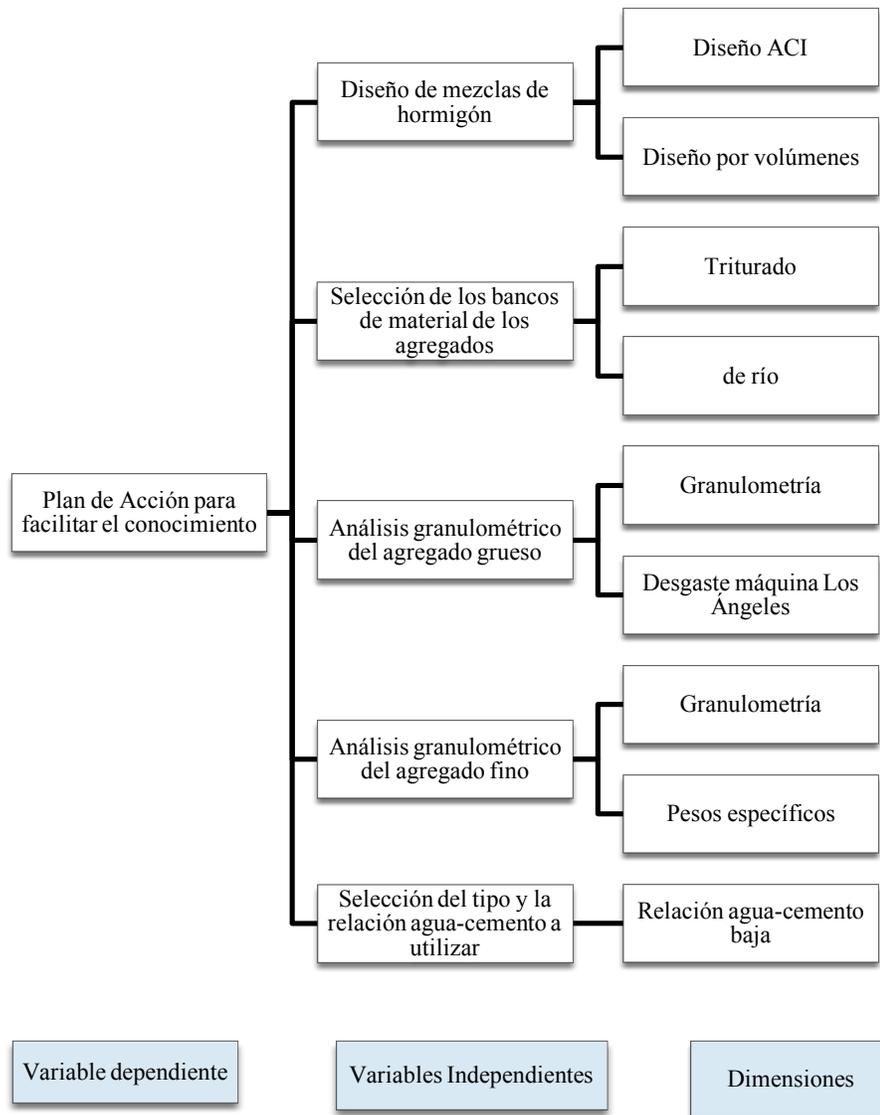


Figura 6. Diagrama de Variables de estudio

3.1.2 Operacionalización de las variables

Tabla 6. Operacionalización de las variables

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítem	Unidades (Categorías)	Escala
	Conceptual	Operacional					
Diseño de mezclas de hormigón	Se trata de definir el tipo de diseño de mezclas de concreto a utilizar, para definir que tipo se utilizará	Se define entre diseño por ACI, por volúmenes, por proporciones, etc.	Diseño ACI Diseño por volúmenes	Resistencia a los 28 días	¿Quién realiza el diseño del Hormigón para la obra?	Gerente General Gerente de Proyectos Ingeniero Residente Residente de Control de Calidad	1 2 3 4
Selección de los bancos de material de los agregados	Donde se define directamente los agregados a utilizar y los bancos desde donde se obtendrán	Implementación de las pruebas que se le realizarán a los diferentes bancos de material	Triturado de río	Material con las mejores características	¿Quién realiza la escogencia de los bancos de material?	Gerente de Proyectos Ingeniero Residente Residente de Control de Calidad	1 2 3
Análisis granulométrico del agregado grueso	Se debe caracterizar el agregado para conocer si cumple las normas ASTM	Se lleva el agregado al laboratorio para caracterizarlo y definirlo	Granulometría Desgaste de la máquina de Los Ángeles	Agregado de 3/4", 1", 1-1/2"	¿Qué tipo de ensayos se realizan?	Tamaño máximo del agregado Peso específico % de absorción Peso volumétrico % de desgaste máquina de los Ángeles	1 2 3 4 5
Análisis granulométrico del agregado fino	Se debe caracterizar el agregado para conocer si cumple las normas ASTM	Se lleva el agregado al laboratorio para caracterizarlo y definirlo	Granulometría Pesos específicos	Módulo de finura	¿Qué tipo de ensayos se realizan?	Peso específico % de absorción Peso volumétrico Módulo de finura Contenido de humedad	1 2 3 4 5
Selección del tipo y la relación agua-cemento	Esta relación define y potencia la resistencia final del hormigón, reduciendo la cantidad de agua	Se define dependiendo de la resistencia de diseño	Relación agua-cemento	Cantidad de agua por peso de cemento	¿Quién define la relación agua-cemento?	El laboratorio dónde se realiza granulometría Ingeniero Residente Residente de Control de Calidad	1 2 3

3.1.3 Hipótesis

En consonancia con los objetivos anteriormente planteados, esta investigación nació de la necesidad de responder, validar o rechazar las hipótesis experimentales, estadísticas y de trabajo siguientes:

- a. En la ciudad de Santa Bárbara, el hormigón fabricado con agregados de material triturado tiene mayor resistencia, que el fabricado con agregados sin triturar.
- b. Los agregados triturados en la ciudad de Santa Bárbara, son 10% de mejor calidad en sus características físicas y mecánicas, que los agregados sin triturar.
- c. En la ciudad de Santa Bárbara se puede fabricar hormigón cumpliendo las normas ASTM, tanto con agregados sin triturar, como con agregados triturados.
- d. La dosificación necesaria para obtener hormigón 3,000 y 4,000 PSI, se modifica en 5% cuando se utilizan agregados sin triturar.
- e. Los agregados sin triturar en la ciudad de Santa Bárbara, influyen negativamente en un 15% en la resistencia a compresión, comparado con el hormigón fabricado con agregados triturados.

3.2 Enfoque y métodos de la investigación

3.2.1 Tipo de enfoque

Para este estudio partimos de un enfoque mixto, ya que tenemos características cuantitativas como cualitativas, teniendo un predominio cualitativo ya que deseamos medir calidad y resistencia de materiales, y esto nace porque en nuestra investigación tuvimos particularidades propias de la ingeniería como aspectos de ciencia, y tuvimos objetividad y subjetividad en nuestro entorno.

Un factor adicional que ha detonado la necesidad de utilizar los métodos mixtos es la naturaleza compleja de la gran mayoría de los fenómenos o problemas de investigación abordados en las distintas ciencias. Éstos representan o están constituidos por dos realidades, una objetiva y a otra subjetiva. (SAMPIERI, ET AL, 2014)

Ahora cómo se desarrolló este enfoque mixto; se presenta un esquema lógico del enfoque mixto:

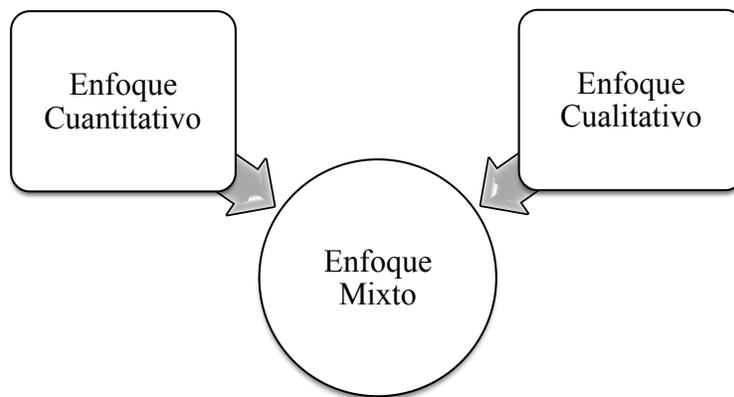


Figura 7. Esquema de la aplicación del enfoque

Fuente: SAMPIERI, ET AL, (2014).

Describimos a continuación los métodos de investigación utilizados en este estudio, los cuales ayudan a complementar el razonamiento final de la investigación.

3.2.2 Métodos de la investigación

3.2.2.1 Deductivo

BERNAL, (2010) afirma sobre el método deductivo: “Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares, este método de

inferencia se basa en la lógica y estudia hechos particulares, parte de lo general a lo particular. Se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etc.” (p. 60).

3.2.2.2 Inductivo

Este método partió de los temas particulares hacia un conocimiento general de nuestra investigación.

CUSTODIO, (2008) afirma: “En un método inductivo, los elementos del objeto de investigación no pueden ser numerados y estudiados en su totalidad, obligando al sujeto de investigación a recurrir a tomar una muestra representativa, que permita hacer generalizaciones” (p. 4).

3.2.2.3 Histórico

El método histórico es un método comparativo principalmente, un procedimiento de investigación y esclarecimiento de los fenómenos culturales que consiste en establecer la semejanza de esos fenómenos, infiriendo una conclusión acerca de su parentesco genético, es decir de su origen común.

3.2.2.4 Descriptivo

Nuestra investigación requirió, para esta etapa, el desarrollo del método aquí explicado, donde se toman en consideración varios elementos esenciales para el trabajo de campo, como el que efectivamente se desarrollo es este trabajo. A través de la siguiente cita, intentamos explicar el método aplicado.

BERNAL, (2010) afirma:

En las investigaciones de tipo descriptivo, correlacional, estudios de caso, experimental, entre otros, los principales aspectos por considerar en la fase de trabajo de campo son los siguientes: Establecer contacto con la población objeto de estudio; diseñar y validar los instrumentos para la recolección de la información; aplicar los instrumentos y recolección de la información; elaborar el marco teórico formal de la investigación; procesar la información recolectada; analizar y discutir los resultados de la información recolectada; redactar las conclusiones y recomendaciones. (p. 234)

3.2.2.5 Analítico

El método analítico fue entonces un camino, la manera de proceder, que pudo constituirse en la expresión de la dimensión ética. [...] el método analítico es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno, en sus elementos constitutivos, vemos una graduación que va desde las aplicaciones más empíricas y concretas hasta las más abstractas y simbólicas. (LOPERA ECHAVARRÍA & RAMÍREZ GÓMEZ, 2010)

Se desprendió y se desglosó con este método cada una de los ensayos que requirieron nuestro estudio, para el caso se desarrollaron la granulometría de los agregados con las normas ASTM; otro ejemplo fue, los diseños de mezcla realizados con el método de diseño del ACI, los cuales incorporaron varios ensayos para determinaron las características físicas y mecánicas de los agregados objeto de esta investigación.

3.2.2.6 Explicativo

Aquí logramos determinar las causas y la influencia de la calidad o no, de las variables independientes sobre nuestra variable dependiente.

Los análisis que se tuvieron que realizar en nuestra investigación, conllevaron a realizar una serie de procedimientos prácticos, con el objeto y los medios de investigación que nos permitieran revelar las características fundamentales y relaciones esenciales del objeto, que

lograran ser accesibles a la contemplación sensorial, nos permitió una investigación experimental, ya que hicimos una serie de análisis preliminares para información, así como verificar y comprobar las concepciones teóricas [...] (LÓPEZ CANO, 1984). Mas a delante en esta investigación se demostrará este método experimentalmente.

3.2.2.7 Sintético

Con este método integramos los componentes que tenemos dispersos de un objeto de estudio, para poderlos estudiar en su totalidad. Para el caso estudiamos cada parte de manera individual y luego las integramos para estudiarlas de manera holística e integral, teniendo una integración análisis-síntesis.



Figura 8. Esquema conceptual de la aplicación de los métodos

3.3 Diseño de la investigación

La presente investigación tuvo un desarrollo en diez semanas, las cuales se pueden resumir de la siguiente manera: en la primera semana se desarrolló el anteproyecto de investigación, el cual fue revisado y aprobado por el asesor metodológico, las subsiguientes semanas se dedicaron a la recopilación de los datos y muestras, la realización de los ensayos respectivos en base a la normativa, el análisis de la información obtenida, y las conclusiones y recomendaciones que se derivaron de los experimentos.

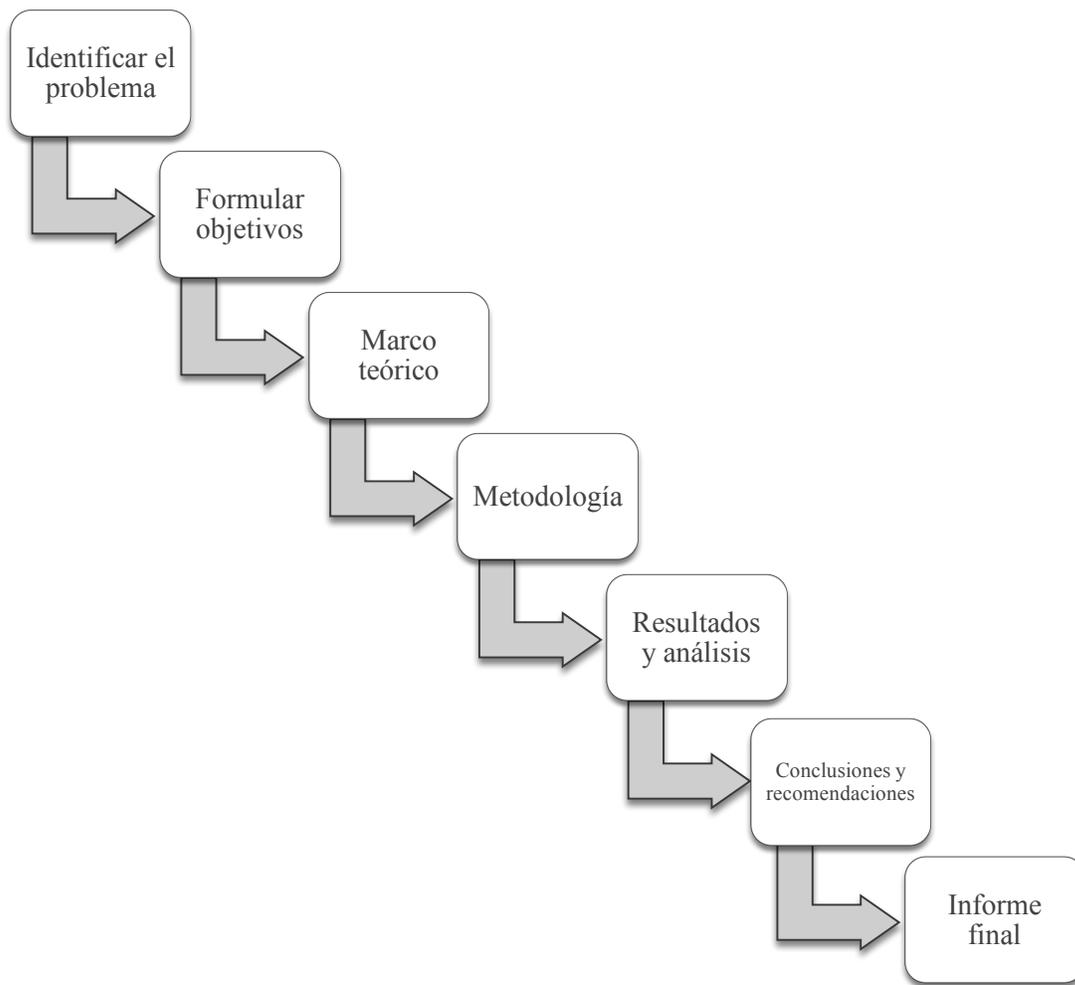


Figura 9. Esquema del diseño de la Investigación

3.3.1 Población

El presente estudio de investigación tuvo dos aristas, medir la necesidad de la presente investigación, y realizar un análisis cualitativo de la calidad del hormigón fabricado, partiendo de la calidad de sus componentes; debido a lo anterior, nuestra población se dividió en dos ejes fundamentales, el primero el universo de los ingenieros civiles activos en el país; y el segundo el universo de agregados que podemos encontrar en la ciudad de Santa Bárbara. Para el caso de los ingenieros civiles activos tomaremos la cantidad de 7,500 y para los agregados de la ciudad de Santa Bárbara se toma una muestra de 3 bancos de material existente.

3.3.2 Muestra

Para el cálculo de las muestras de las poblaciones anteriormente mencionadas, se realizó el método de muestreo probabilístico para poblaciones finitas en el caso de los ingeniero civiles activos, realizando la encuesta a 105 profesionales de la Ingeniería civil, se realizó además 6 entrevistas a expertos seleccionados por su amplio conocimiento sobre el tema; y muestra para poblaciones infinitas en el caso de los agregados de la ciudad de Santa Bárbara, se obtuvieron muestras de agregados de 3 bancos de material de la zona. Gualala, Ilama y Tencoa.

3.3.3 Unidad de análisis

Para la presente investigación se definió como unidad de análisis los ingenieros civiles activos que se encuentran agremiados en el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras (CICH). Y para el caso de los agregados se definió como unidad de análisis los bancos de material ubicados en Posa de Seguasa, en Tencoa; Playa El Llano, en Gualala; y la Playa de La Viuda, en Ilama, todos del departamento de Santa Bárbara.

3.3.4 Unidad de respuesta

En esta investigación se definió como unidad de respuesta, para las encuestas y las entrevistas unidades y porcentajes de lo analizado. Y para los análisis del hormigón y sus agregados se definieron como unidad de respuesta, unidades de masa, esfuerzos, peso, porcentaje: libra (lb), gramos (gr), kilogramo (kg), porcentaje (%), libras por pulgada cuadrada (lb/plg² o PSI), libras por pie cúbico (lb/pie³), pulgada (plg), centímetro (cm), milímetro (mm), grados centígrados (°C), etc.

3.4 Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados que justifican la investigación

3.4.1 Instrumentos de investigación

El principal instrumento para la recolección de los datos necesarios fue el cuestionario, el cual se elaboró y aplicó tanto en las encuestas como en las entrevistas realizadas durante la investigación.

3.4.2 Técnicas de investigación

La presente investigación tiene un enfoque mixto, con aspectos cualitativos y cuantitativos, pero teniendo un predominio en un enfoque cualitativo, por lo que se diseñó una encuesta con preguntas enfocadas en las variables de nuestra investigación, haciendo uso dentro del cuestionario de preguntas cerradas y ponderas para las encuestas (ver anexo I). Y para las entrevistas se utilizaron preguntas abiertas para conocer la profundidad de la opinión de los entrevistados (ver anexo II).

3.4.3 Procedimiento de la investigación

- a. La encuesta se aplicó con recursos de la web, a través de cuestionario virtual llenado desde un computador o un dispositivo móvil con sistema Smartphone y con conexión a internet. Se le envió digitalmente a un grupo selecto de Ingenieros Civiles, con el objetivo de que la llenaran con tiempo y dedicación, desde la comodidad de su oficina u hogar.
- b. De manera similar, la entrevista se aplicó con recursos de la web, a través de un cuestionario virtual, llenado desde un computador o un dispositivo móvil con sistema Smartphone y con conexión a internet. Se le envió digitalmente a un grupo selecto de Ingenieros Civiles expertos en la temática estudiada, con el objetivo de que la llenaran con tiempo y dedicación, desde la comodidad de su oficina u hogar. Cabe señalar que los expertos entrevistados trabajan constantemente con la temática de estudio.
- c. Se ingresan los resultados de las encuestas y las entrevistas, contabilizando los resultados y colocando en los análisis estadísticos correspondientes para cada estudio.
- d. Se realiza el correspondiente análisis probabilístico de los resultados, para sacar las conclusiones solicitadas.

3.5 Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados sobre las pruebas de laboratorio

3.5.1 Instrumentos de laboratorio

Análisis granulométrico

- ✓ Juego de tamices según ASTM
- ✓ Balanzas
- ✓ Horno
- ✓ Agitadores mecánicos
- ✓ Cucharones planos
- ✓ Brochas
- ✓ Espátula
- ✓ Martillo de goma



Figura 10. Instrumentos para análisis granulométrico.

Fuente: UNITEC, (2017)

Peso específico y absorción

- ✓ Balanzas
- ✓ Picnómetro
- ✓ Molde metálico en forma de cono truncado
- ✓ Apisonador metálico
- ✓ Ventilador
- ✓ Bandeja metálica
- ✓ Horno
- ✓ Tela absorbente o papel toalla
- ✓ Brocha
- ✓ Balde con agua
- ✓ Guantes protectores

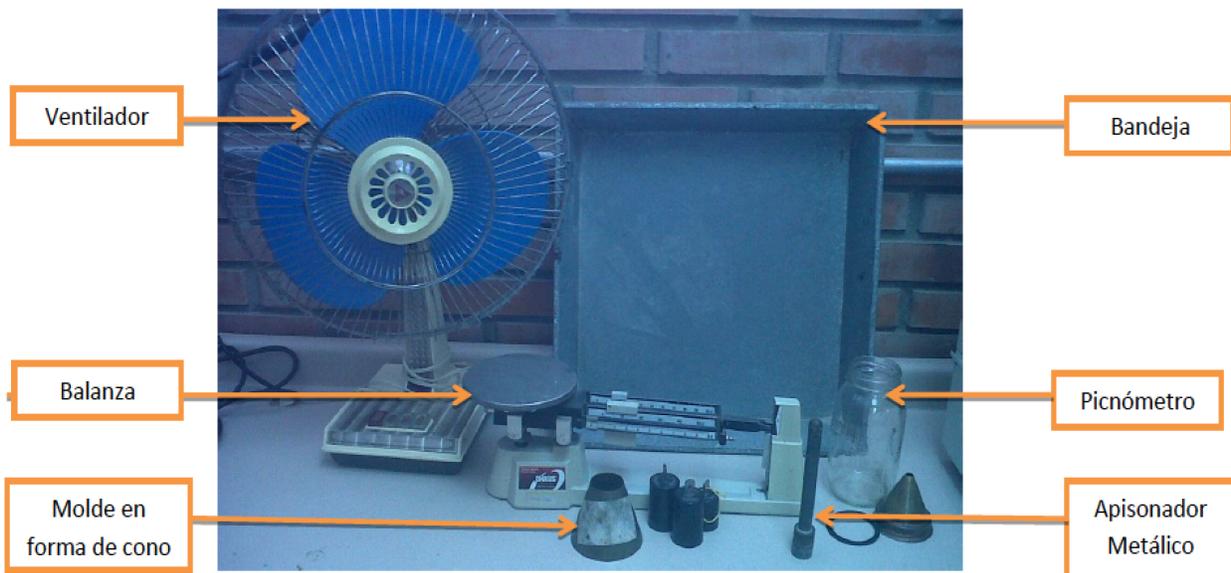


Figura 11. Instrumentos para peso específico y absorción.

Fuente: UNITEC, (2017)

Peso volumétrico de los agregados

- ✓ Balanzas
- ✓ Palas
- ✓ Cucharas o cucharones
- ✓ Recogedor plano
- ✓ Latitas para humedad
- ✓ Varilla de compactación
- ✓ Recipientes varios
- ✓ Balde con agua
- ✓ Moldes metálicos para pesos

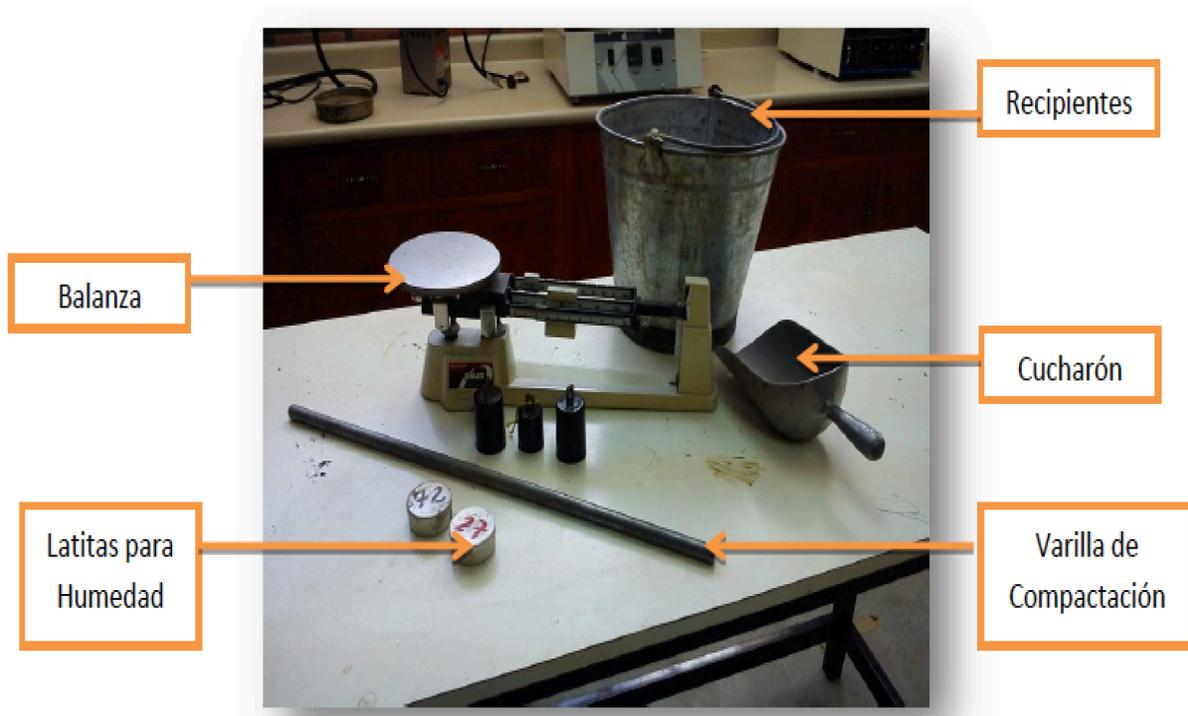


Figura 12. Instrumentos para peso volumétrico de los agregados.

Fuente: UNITEC, (2017)

Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles

- ✓ Máquina de Los Ángeles
- ✓ Tamices
- ✓ Balanzas
- ✓ Horno
- ✓ Cucharas
- ✓ Cacerolas para recoger el material
- ✓ Carga abrasiva (balines)
- ✓ Cucharones recolectores
- ✓ Termómetro de precisión

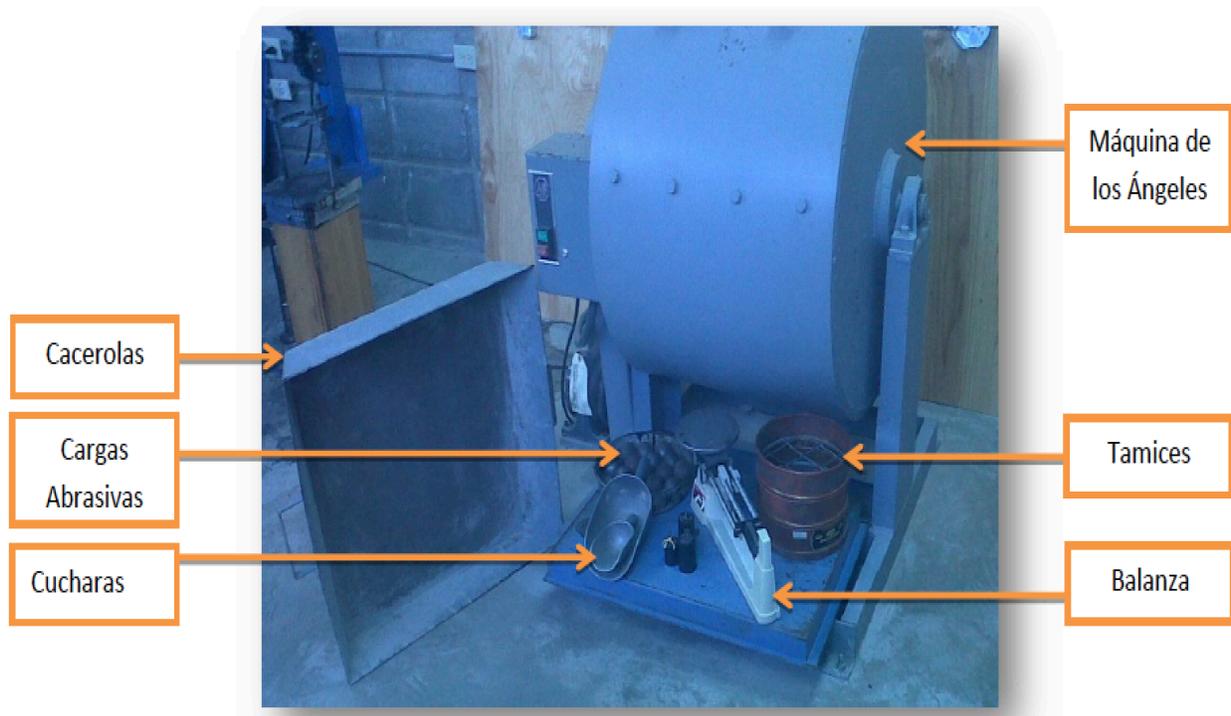


Figura 13. Instrumentos para resistencia al desgaste por medio de Los Ángeles.

Fuente: UNITEC, (2017)

Diseño de mezclas de Hormigón según normas ACI

- ✓ Mezcladora
- ✓ Bandejas
- ✓ Balanzas
- ✓ Cono de Abrahms
- ✓ Varilla para compactación
- ✓ Moldes para hacer cilindros de 12”de altura y 6”de diámetro
- ✓ Pala
- ✓ Recipientes
- ✓ Martillo de goma
- ✓ Cucharones
- ✓ Cuchara de albañilería
- ✓ Baldes
- ✓ Aceite para engrasar
- ✓ Brochas
- ✓ Pila de agua
- ✓ Cuarto húmedo
- ✓ Equipo para cabeceo
- ✓ Máquina universal de compresión
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Pie de Rey
- ✓ Pizetas

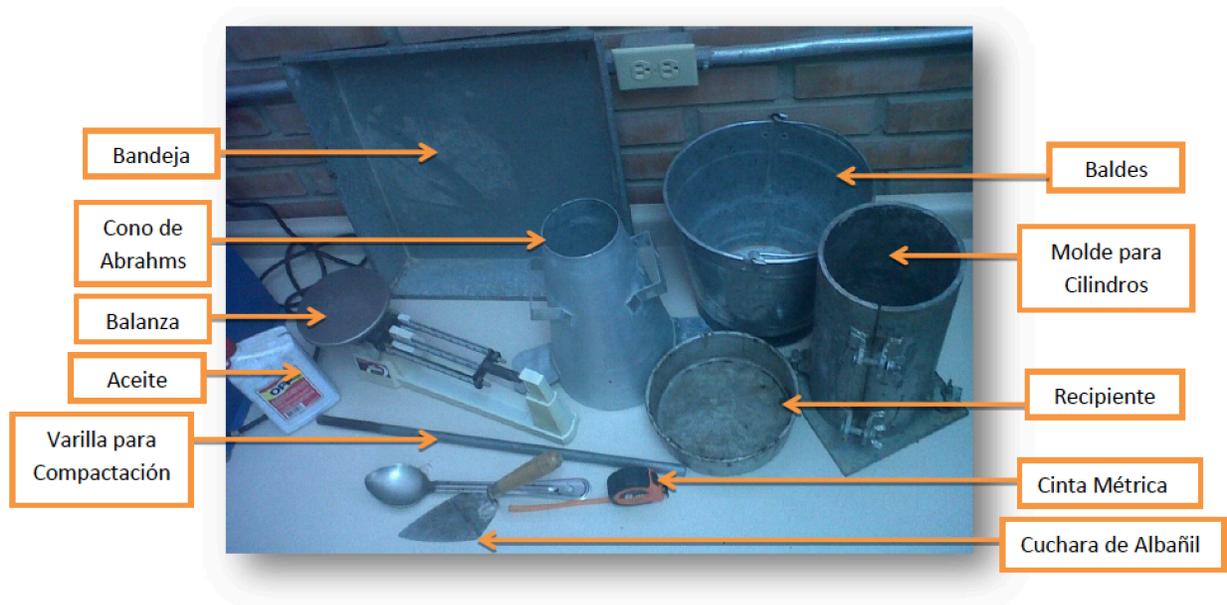


Figura 14. Instrumentos para diseño de mezclas de Hormigón.

Fuente: UNITEC, (2017)

3.5.2 Técnicas de laboratorio

Análisis Granulométrico

Cuando se determina que la muestra posee un alto contenido de material menor que 0.074 mm se recomienda secar la muestra al horno y lavarla sobre el tamiz #200 (ASTM C117) para que dicho material sea eliminado. El residuo se seca al horno durante 24 horas a 110 ± 5 °C después de lo cual se procede según el método ASTM C 136 siendo el fondo la diferencia de peso entre la muestra seca original y la muestra seca después de lavado.

Peso específico y absorción

El peso específico es importante por varias razones, primero es un índice de calidad que puede utilizarse para separar el material bueno del malo. Las arcillas laminares, el carbón de piedra y el lignito, se han reconocido desde hace tiempo como perjudiciales para el concreto y generalmente tienen pesos específicos bajos. Estos materiales se pueden eliminar mediante un

proceso de flotación en el que se utiliza la diferencia de pesos específicos para la separación (ASTM C 123). Segundo, pues indica cuanto espacio ocuparan las partículas de los agregados. Además nos sirve para calcular (junto con el peso volumétrico) el porcentaje de huecos presentes en el agregado, así:

$$\%Huecos = \frac{(62.4 * \text{Peso Específico}) - (\text{Peso Volumétrico} * 100)}{62.4 * \text{Peso Específico}}$$

Ecuación 1. Peso específico del material.

Fuente: ASTM C123.

Agua libre: es la que las partículas tengan un exceso de la correspondiente a los agregados saturados con superficie seca. Influye directamente en la relación agua cemento (A/C) de la mezcla de concreto. Absorción o capacidad de absorción de un agregado; es la capacidad para admitir y sostener agua en los espacios internos constituidos por los poros.

$$\%Agua Libre = \%Humedad Total - \% de Absorción$$

Ecuación 2. Porcentaje de agua libre.

Fuente: ASTM C123.

Peso volumétrico de los agregados

Se define como el cociente de la masa de los agregados que llenan un determinado recipiente por el volumen del mismo. Los resultados obtenidos con este método se utilizan en el diseño de mezclas de hormigón. Se clasifican dos tipos de peso volumétricos, el peso volumétrico

suelto y el peso volumétrico compactado. En el primero se utiliza el método de la pala o la cuchara; y para el segundo se utiliza el método de la varilla o método por asentamiento.

Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles

Mientras que en el cilindro rota un entrepaño, que recoge la muestra y las esferas de acero, llevándolas alrededor hasta que ellas son dejadas caer en el lado opuesto del tambor, creando un efecto de impacto y estrujamiento. El contenido rueda luego dentro del cilindro con una acción abrasiva y moledora hasta que impacta en el entrepaño y el ciclo se repite.

Después del número establecido de vueltas, es removido el contenido del cilindro y la porción de agregado es tamizado para medir el desgaste como porcentaje perdido. La resistencia al desgaste de un agregado se usa frecuentemente como indicador general de un agregado. Esta característica es esencial cuando el agregado se va a utilizar en concreto sujeto a desgaste como en pisos para servicio pesado o pavimentación. La prueba de los Ángeles ha sido ampliamente usada como indicador de la calidad relativa o de comparación de varias fuentes de agregado teniendo composiciones minerales similares.

Diseño de mezclas de Hormigón según normas ACI

La resistencia es una propiedad, que casi siempre es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión; pero en ocasiones por la cantidad de flexión o tensión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un período largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad. Esta puede calcularse a partir de la resistencia a los siete días con la siguiente fórmula:

$$S_{28} = S_7 + 30 \sqrt{S_7}$$

Dónde:

S_{28} = Resistencia a la compresión a los 28 días; en lb/plg² o PSI.

S_7 = Resistencia a la compresión a los 7 días; en lb/plg² o PSI.

Ecuación 3. Resistencia a compresión a los 28 días a partir de la resistencia a 7 días.

Fuente: ASTM C123.

Tabla 7. Pesos Específicos del agua.

Resistencia esperada a los 28 días (S_{28}) lb/plg²	Resistencia a los 7 días (S_7) lb/plg², debe ser por lo menos
4,000	2,500
3,500	2,120
3,000	1,750
2,500	1,390
2,000	1,040

Fuente: UNITEC, (2017)

La proporción agua–cemento es la que tiene mayor influencia en la resistencia del concreto, cuanto mayor sea esta proporción, menor será la resistencia. La resistencia puede aumentarse disminuyendo la proporción agua–cemento, utilizando agregados para producir menor porcentaje de huecos en el concreto, curando el concreto en húmedo después que ha fraguado, añadiendo una puzolana como ceniza ligera, vibrando el hormigón en los encofrados y succionando el exceso de agua del hormigón con una bomba de vacíos.

La dosificación de una mezcla para hormigón que satisfaga los requisitos de la obra puede ser una operación relativamente sencilla y el método usado puede resultar de relativa poca importancia en las estructuras sencillas que no quedan expuestas a condiciones de intemperismo excesivo.

El método ordinario de indicar la mezcla sería usando partes proporciones, por peso o por volumen, tomando como unidad el cemento. Una mezcla 1:2:3 contendría 1 parte de cemento, 2 partes de agregado fino, 3 partes de agregado grueso y suficiente agua para satisfacer los requisitos del que va a colar el hormigón.

Dos métodos son de importancia especial para los actuales estudiantes de la tecnología del concreto, por su gran aceptación y aplicabilidad efectiva. El primero de ellos es simplemente un método de tanteos, en el que se prueban varias combinaciones hasta obtener una mezcla satisfactoria. El Segundo es el publicado por el American Concrete Institute (ACI 613-54) (2011) que se ha adoptado extensamente por lo certero del procedimiento, la facilidad para hacer ajustes en el campo, y porque generalmente da resultados satisfactorios, comparándolo con otros métodos de diseño del hormigón.

El método de dosificación ACI, a través de los años se han reunido un cumulo de datos relativos a todas las facetas de la dosificación de las mezclas y el método del ACI utiliza estos datos para predecir algunos resultados dentro de una gran variedad de condiciones especificadas, que pueden ser controlados. Para utilizar este método se deben tener datos del laboratorio respecto a los materiales.

Se debe conocer el peso específico tanto del agregado grueso como del agregado fino, el peso volumétrico del agregado grueso apisonado, la humedad y absorción de los agregados finos y gruesos. También es necesario el peso específico del cemento que generalmente se supone tiene un valor aproximado de 3.15.

3.5.3 Procedimientos de laboratorio

Obtención de los agregados objeto de estudio

1. Conociendo la ubicación del proyecto, se investiga y analiza los bancos de material más cercanos, consultando la calidad y potencial de los mismos, para preseleccionar.
2. Se realiza la visita a los bancos de material más cercanos a la zona objeto de estudio y análisis, considerando el cálculo del muestreo correspondiente.
3. Se obtiene información sobre el medio ambiente que predomina cerca de la zona y los posibles focos de contaminación.
4. Se obtienen los agregados Método ASTM C136: Se toma una muestra representativa del agregado mediante el cuarteo correspondiente.
5. Esta muestra deberá estar limpia, preferiblemente lavada y no de material contaminado o material retenido por mucho tiempo que haya generado suciedad sobre el agregado.
6. Se coloca el material en sacos provistos nuevos, limpios y sin ningún tipo de contaminante externo que pueda afectar las características de los mismos.
7. Se procede al acarreo del material hasta el laboratorio de análisis, procurando evitar que el material sea golpeado por la rigurosidad climática.

Banco de Trituración CONASA, trituración de grava, y banco de Arena
Ubicación: Ilama, Santa Bárbara
Coordenadas: 15.066051, -88.232445
Distancia desde Santa Bárbara: 22.50 Kms

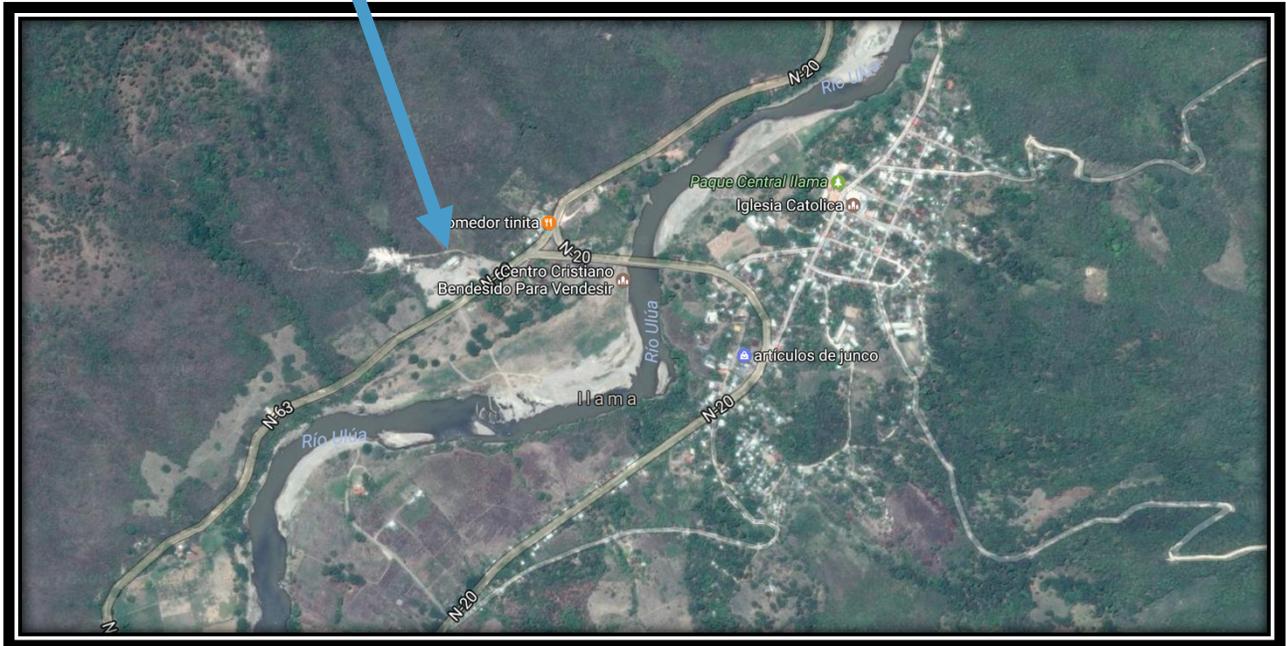


Figura 15. Ubicación Banco de material triturado, Ilama, Santa Bárbara



Figura 16. Banco de material Triturado, Ilama, Santa Bárbara

Banco de Arena y Grava de Rio
Ubicación: Gualala, Santa Bárbara
Coordenadas: 15.014221, -88.239510
Distancia desde Santa Bárbara: 11.50 Kms

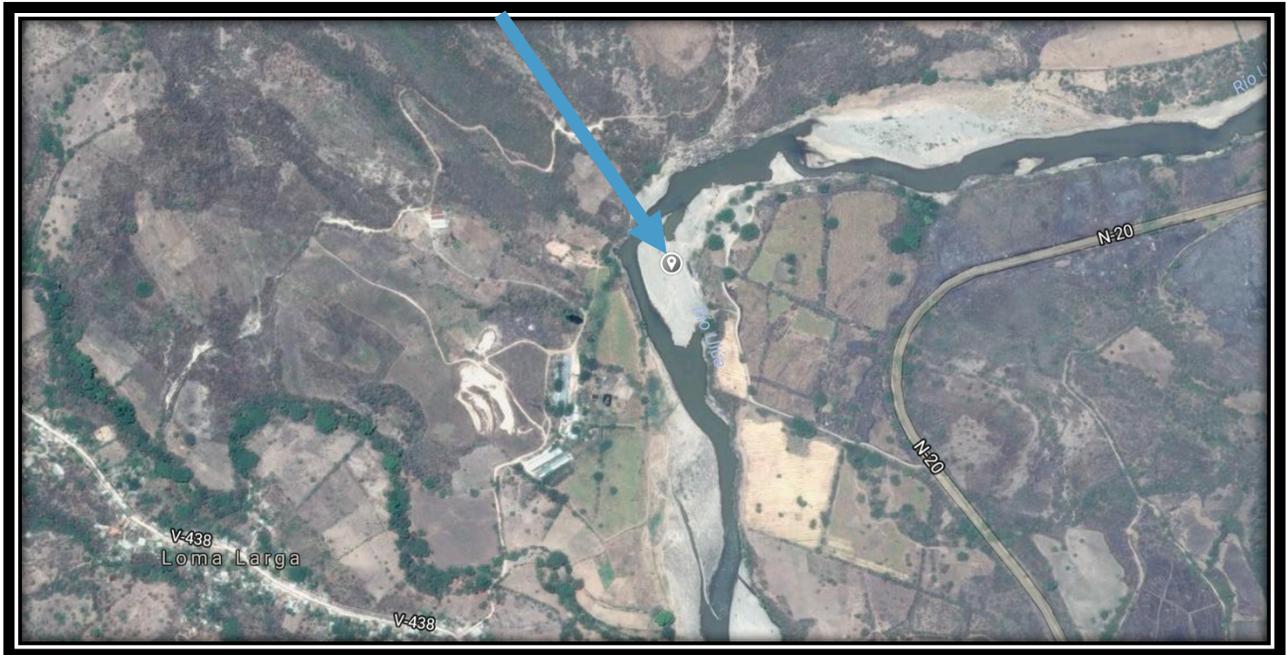


Figura 17. Ubicación Banco de material Playa El Llano, Gualala, Santa Bárbara.



Figura 18. Banco de material Arena y Grava, Playa El Llano, Gualala, Santa Bárbara

Banco de Arena.

Ubicación: Tenco, Santa Bárbara, Santa Bárbara

Coordenadas: 14.880314, -88.269023

Distancia desde Santa Bárbara: 9.00 Kms

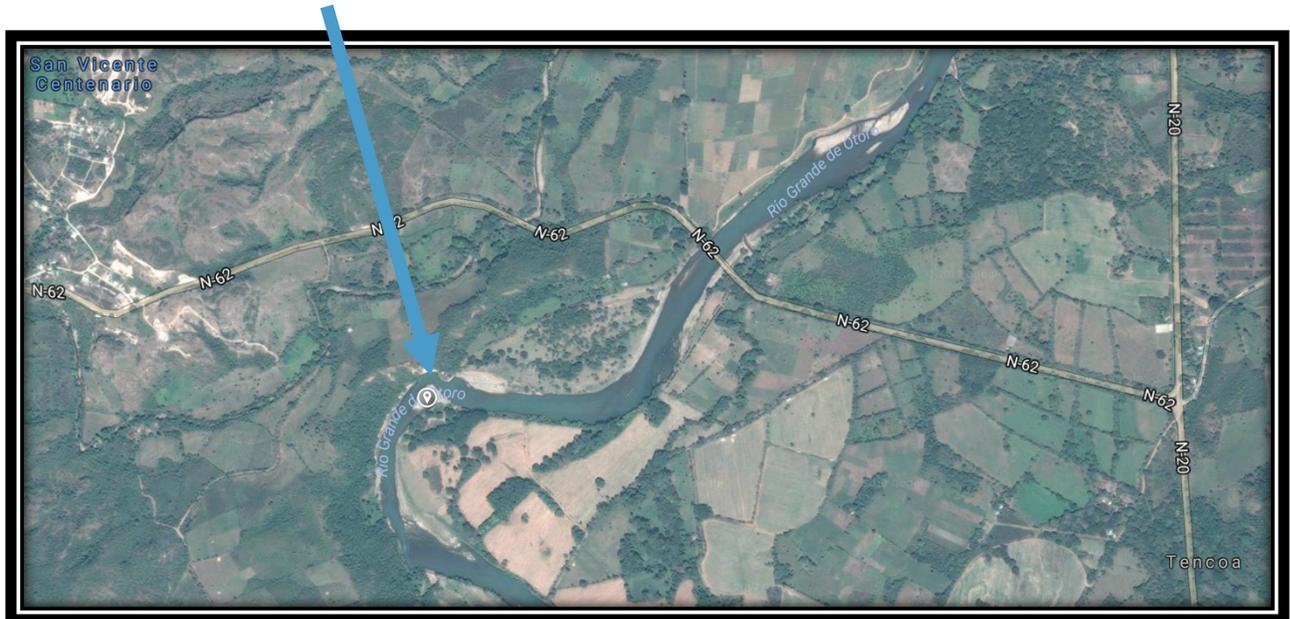


Figura 19. Ubicación Banco de material Posa del Seguasa, Tenco, Santa Bárbara.



Figura 20. Banco de material de Arena, Posa del Seguasa, Tenco, Santa Bárbara.

Análisis Granulométrico, según ASTM, (2001)

Agregado grueso

8. Agregado grueso, Método ASTM C136: Se toma una muestra representativa del agregado grueso mediante el cuarteo.
9. Esta muestra deberá estar seca, preferiblemente al horno y debe tener un peso entre 1000 – 3000 gramos.
10. Se vierte la muestra sobre los tamices 3”, 2-1/2”, 2”, 1-1/2”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, #4, #8, #100, dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura, colocando al final un recipiente denominado fondo.
11. Se procede a tamizar el material colocándolo en los agitadores mecánicos, 15 minutos en el de movimiento vertical y 15 minutos en el de movimiento horizontal. Si no se cuenta con agitadores mecánicos se tamiza manualmente por 30 minutos.
12. Se recupera el material retenido en cada tamiz asegurándose manualmente de que las partículas hayan sido retenidas en el tamiz correspondiente. Se procede a pesar el material retenido en cada tamiz, lo cual puede hacerse en forma acumulada o individual. El material que se encuentra en el fondo siempre se pesa individualmente.

Agregado fino

1. Agregado fino, Método ASTM C136: Se toma una muestra representativa del agregado fino mediante el cuarteo.
2. Esta muestra deberá estar seca, preferiblemente al horno y debe tener un peso entre 100 – 500 gramos.
3. Se vierte la muestra sobre los tamices 3/8”, #4, #8, #10, #12, #16, #20, #30, #40, #50, #100, #200 y el fondo, dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

4. Se procede a tamizar el material colocándolo en los agitadores mecánicos, 15 minutos en el de movimiento vertical y 15 minutos en el de movimiento horizontal. Si no se cuenta con agitadores mecánicos se tamiza manualmente por 30 minutos.
5. Se recupera el material retenido en cada tamiz asegurándose manualmente de que las partículas hayan sido retenidas en el tamiz correspondiente. Se procede a pesar el material retenido en cada tamiz, lo cual puede hacerse en forma acumulada o individual. El material que se encuentra en el fondo siempre se pesa individualmente.

Peso específico y absorción

Agregado fino

1. Obténgase aproximadamente 1000 gramos de agregado fino de la muestra mediante un separador de muestras o cuarteándola.
2. Séquese la muestra en una bandeja, a peso constante y una temperatura de 110 ± 5 °C.
3. Déjese enfriar la muestra a una temperatura razonable, cúbrala con agua y déjesela en reposo por 24 ± 4 horas.
4. Decante el exceso de agua con cuidado evitando la pérdida de finos.
5. Extienda la muestra en una superficie plana no absorbente expuesta a una suave de aire tibio y revuélvala frecuentemente para asegurar un secado uniforme. Continúe esta operación hasta que la muestra este en condición de “libre escurrimiento”.
6. Luego colóquese una parte del agregado fino suelto, parcialmente seco dentro del molde, sosteniéndolo firmemente sobre una superficie lisa, que no sea absorbente, con el diámetro mayor del molde hacia abajo. Golpéese suavemente la superficie 25 veces con el apisonador y luego levántese el molde verticalmente.
7. Si la humedad superficial aún está presente el agregado fino retendrá su forma moldeada.

8. Si esto sucede continuamente secándose la muestra, agitándola continuamente y pruébese a intervalos frecuentes hasta que el agregado fino apisonando se “suelte” cuando se levante el molde. Esto indicará que se ha alcanzado la condición de “saturado con superficie seca”. (Si el agregado fino se suelta en la primera prueba quiere decir que ha sido secado más allá de su condición de “saturado con superficie seca”. En este caso, mézclese completamente añadiendo al agregado fino unos pocos milímetros de agua y permita que la muestra quede en reposo, en un embace cubierto, durante 30 minutos. Luego deberá repetirse al proceso de secado y la prueba para la condición de libre escurrimiento). Si se desea pueden emplearse otros medios mecánicos para lograr la condición de saturado con superficie seca (revolvedores, agitadores, etc.).
9. Introdúzcase inmediatamente y con cuidado, en el picnómetro, 500 gramos (una cantidad distinta de 500 gramos pero no menor de 50 gramos podrá ser usada; en este caso, el peso empleado se colocará en lugar de la cifra 500 en las fórmulas) del agregado fino preparado como se describe anteriormente, y llénese con agua hasta un 90 % aproximadamente de su capacidad.
10. Mueva (con ligeros movimientos rotativos), invierta y agite suavemente el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire. Colóquelo en la maquina succionadora (15-20) para eliminar las burbujas de aire.
11. Determine el peso total del picnómetro + muestra + agua.
12. Sáquese el agregado fino del picnómetro, secándolo a peso constante en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Enfríeselo a temperatura ambiente de $\frac{1}{2}$ a 1-1/2 horas y luego pésese la muestra. Determine el peso del picnómetro lleno con agua hasta su marca de calibración.

$$\text{Peso Específico Bulk} = \frac{A}{B + 500 - C}$$

Ecuación 4. Peso Específico Bulk.

Fuente: ASTM C123.

$$\text{Peso Específico Bulk saturado con superficie seca} = \frac{500}{B + 500 - C}$$

Ecuación 5. Peso específico Bulk saturado con superficie seca.

Fuente: ASTM C123.

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

Ecuación 6. Peso específico aparente.

Fuente: ASTM C123.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 - A}{A} * 100$$

Ecuación 7. Porcentaje de absorción.

Fuente: UNITEC, (2017)

Dónde:

A= Peso al aire de la muestra seca al horno, gramos.

B= Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración, gramos.

C= Peso del picnómetro con la muestra y el agua, gramos.

Peso volumétrico de los agregados

Calibración del recipiente

1. Llenar el recipiente con agua a la temperatura ambiente del cuarto y cubrir con un vidrio de tal manera que se elimine las burbujas y el exceso de agua.
2. Determinar el peso neto del agua en el recipiente.
3. Medir la temperatura del agua y determinar el peso específico de agua utilizando la tabla No. 6 pesos específicos del agua, interpolando de ser necesario.
4. Calcular el volumen del recipiente dividiendo el peso neto del agua entre el peso específico del agua calculando como indica el numeral tres.

Tabla 8. Pesos Específicos del agua.

Pesos Específicos del Agua

Temperaturas		lb/pie ³	kg/m ³
°F	°C		
60	15.6	62.366	999.01
65	18.3	62.336	998.54
70	21.1	62.301	997.97
73.4	23.0	62.274	997.54
75	23.9	62.261	997.32
80	26.7	62.216	996.59
85	29.4	62.166	995.83

Fuente: UNITEC, (2017)

Tabla 9. Variaciones aproximadas del peso volumétrico.

Variaciones aproximadas del PV de los agregados para usarse en varios tipos de Hormigón

Tipo de Hormigón	PV (lb/pie³)
Hormigón Aislador Ligero	6 - 70
Hormigón Estructural Ligero	30 - 70
Hormigón de Peso Normal	75 - 110
Hormigón de Gran Peso	110 en adelante

Fuente: UNITEC, (2017)

Preparación de la muestra

1. Tomar una muestra representativa de agregado por medio del método de cuarteo.
2. Seque la muestra de agregado a peso constante, preferiblemente en un horno a 110+/- 5 °C.
3. Si no se seca al horno, entonces tomar una muestra de agregado en una latita y pesarlo, secarlo al horno a peso constante, pesarlo seco y calcular el porcentaje de humedad y hacer corrección por humedad.

Procedimiento para peso volumétrico suelto (Método de la pala o cuchara)

1. Llenar el recipiente hasta rebosar por medio de una pala o cuchara, descargando el agregado desde una altura que no exceda de 2' encima del borde del recipiente. Evitar tanto como sea posible la segregación de los distintos tamaños de las partículas de las cuales está compuesta la muestra. Nivele la superficie del agregado con los dedos o con una regla de manera que algunas proyecciones del agregado más grande balanceen aproximadamente los vacíos formados entre partículas que quedan en la superficie.
2. Pese a la medida y su contenido, registre el peso neto del agregado. Divida el peso neto del agregado entre el volumen del recipiente para determinar el peso volumétrico.

Procedimiento para peso volumétrico compactado (Método de la varilla)

1. Llene el recipiente hasta un tercio de su altura, nivele la superficie con los dedos. Introduzca la varilla y golpee la capa de agregado 25 veces con la varilla compactadora y distribúyalos uniformemente sobre la superficie.
2. Se llena a continuación hasta $2/3$ de la altura, nivelar y aplicar los golpes de la misma forma en que se explica anteriormente. Finalmente llenar hasta rebosar y vuelva a compactar. Nivele la superficie del agregado con los dedos o con una regla de manera que algunas proyecciones leves de las partículas más grandes balanceen aproximadamente los vacíos formados entre las partículas que queden en la superficie. En la compactación de la primera capa, no permita que la varilla golpee el fondo del recipiente violentamente; en la compactación de la segunda y tercera capa, use solamente la fuerza necesaria para que la varilla penetre únicamente la capa de agregado que está siendo compactada.
3. Pese a la medida y su contenido, registre el peso neto del agregado. Divida el peso neto del agregado entre el volumen del recipiente para determinar el peso volumétrico.

Procedimiento para peso volumétrico compactado (Método de asentamiento)

1. Llene el recipiente en tres capas aproximadamente iguales, compacte cada capa colocando el recipiente sobre una base firme, como un piso de concreto, levante alternativamente los lados opuestos del recipiente cerca de 2" y deje caer el recipiente de tal manera que golpee con fuerza. Las partículas del agregado por medio de este procedimiento se acomodaran entre ellas compactándose. Compacte cada capa levantando y dejando caer de la manera descrita 50 veces, 25 de cada lado. Al terminar de compactar la última capa nivele la superficie del agregado con los dedos o con una regla.

2. Pese a la medida y su contenido, registre el peso neto del agregado. Divida el peso neto del agregado entre el volumen del recipiente para determinar el peso volumétrico.

Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles

1. Tomamos una muestra representativa del agregado y le hacemos su granulometría por medio de tamizado, y en base a las tablas 9 y 10 determinamos su graduación, viendo si hay o no retenido y pase en los tamices, para conocer la cantidad de esferas, número de vueltas y cantidad de material necesario.
2. La muestra de prueba una vez determinada su graduación se procede a pesar las cantidades estipuladas para cada tamiz de acuerdo a las tablas 9 y 10, hasta completar la cantidad total de muestra ósea el peso original requerido para ese grado de material.
3. Luego se lava el material y se seca al horno a 105-110 °C hasta que alcance un peso constante. Este peso será el peso original de la muestra. Si el material está esencialmente libre de polvo, los requisitos de lavado inicial y final se pueden obviar. La eliminación del lavado después de la prueba raramente reduce la pérdida más de 0.2% del peso original de la muestra.
4. Se coloca la muestra de prueba y la carga abrasiva necesaria según tabla 11 en la máquina de los Ángeles, se hace girar el cilindro con una velocidad de 30-33 rpm por las vueltas que sean requeridas según el grado de material (si es de tamaño pequeño son 500 vueltas; se es de tamaño grande son 1000 vueltas).
5. Después del número prescrito de vueltas, se descarga el material de la máquina y se tamiza por el tamiz #12. El material retenido en él se lava y se seca al horno a 105-110 °C hasta obtener peso constante. Se tamiza nuevamente en el tamiz #12 y pesamos el retenido; este peso lo conocemos como peso final o peso retenido #12. El grado de desgaste se expresará

como la pérdida de material (diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de prueba) como un porcentaje de peso original de la muestra.

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{\text{Peso Original} - \text{Peso retenido \#12}}{\text{Peso Original}} * 100$$

Ecuación 8. Porcentaje de desgaste.

Fuente: ASTM C123.

Si el agregado tiene un desgaste de:

%D menor de 25% el material es excelente

%D entre 25 y 30% el material es bueno

%D entre 30 y 35% el material no es recomendable

%D mayor de 35% el material no debe utilizarse en el diseño de concreto hidráulico.

Tabla 10. Granulometría para agregado grueso de tamaño pequeño (entre 2 y 40 mm).

Tamices		Granulometrías de las Muestras (peso en gr)			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 ½"	1"	1250±25			
1"	¾"	1250±25			
¾"	½"	1250±10	2500±10		
½"	⅜"	1250±10	2500±10		
⅜"	¼"			2500±10	
¼"	#4			2500±10	
#4	#8				5000±10
Peso Original del Material		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: UNITEC, (2017)

Tabla 11. Granulometría para agregado grueso de tamaño grande (entre 2.5 y 80 mm).

Tamices		Granulometrías de las Muestras (peso en gr)		
Pasa	Retiene	E	F	G
3"	2½"	2500± 50		
2½"	2"	2500± 50		
2"	1½"	5000± 50	5000± 50	
1½"	1"		5000± 50	5000± 25
1"	¾"			5000± 25
Peso Original del Material		10000± 50	10000± 25	10000± 25

Fuente: UNITEC, (2017)

Tabla 12. Cantidad de esferas según la granulometría del agregado grueso.

Gradación	# Esferas	Peso de la Carga Abrasiva
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15
E, F, G	12	5000±25

Fuente: UNITEC, (2017)

Diseño de mezclas de Hormigón según normas ACI

Procedimiento para la determinación del revenimiento

1. Humedezca el molde (cono de Abrahms) y colóquelo sobre una superficie plana no absorbente. El operador deberá sostenerlo firmemente durante su llenado apoyando los pies en las orejas destinadas a este fin. Llene el cono con la muestra de concreto en estudio en tres capas, cada una aproximadamente un tercio del volumen del molde.
2. Compacte cada capa con 25 golpes con la varilla de compactación (varilla de acero con punta redondeada de 5/8" de diámetro y aproximadamente 24" de longitud). Los golpes se

deberán distribuir uniformemente sobre toda la sección de cada capa. Debe cuidarse que los golpes no penetren en la capa anterior.

3. En el llenado y compactado de la capa superior el concreto deberá rebosar del molde antes de comenzar el compactado. Si en algún momento del compactado el nivel baja, deberá agregarse más concreto para mantener siempre un exceso de concreto arriba del molde. Al finalizar el compactado, enrase el molde inmediatamente levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.
4. Inmediatamente mida el revenimiento determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura de la masa de concreto.

Procedimiento para la dosificación del Hormigón

1. Pesar todos los materiales.
2. Añadir agua a la mezcla para saturarla y luego sacarla.
3. En una hormigonera se introduce un poco de agua mezclando luego la mitad de la grava, luego toda la arena, luego todo el cemento y después la mitad de grava estante y el resto de agua, de esta forma el elemento grueso raspa las paredes de la hormigonera.
4. El tiempo de mezclado debe basarse en la capacidad y el tipo de hormigonera, por ejemplo:
para hormigonera cuya base sea de diámetro igual o menor de un metro:
 - a) Hormigoneras de eje vertical: ½ minuto.
 - b) Hormigoneras de eje inclinado: 2 minutos.
 - c) Hormigoneras de eje horizontal: 1 minuto.

El tiempo mínimo de mezclado aumenta directamente proporcional con el aumento del diámetro de la hormigonera. Este tiempo debe medirse a partir del momento en que todos los ingredientes estén dentro de la hormigonera.

5. Una vez batido o mezclado el hormigón se debe volcar sobre una plataforma de madera o metálica, seguidamente se mezcla un poco manualmente con un cucharón o cuchara de albañilería, por si el material se ha segregado.
6. Se determina el revenimiento, con el procedimiento anteriormente descrito en el acapices anteriores.
7. Hacer los cilindros de prueba, para lo cual los moldes deben de estar aceitados y se llenan en tres capas, compactando cada capa con 25 golpes cada capa, e insertar una espátula alrededor del cilindro, luego con la misma espátula enrasar la superficie superior del cilindro. Los cilindros deben ser claramente marcados con fecha, lugar y lote del hormigón. Esto puede hacerse por inscripción en el concreto fresco o colocando un papel sobre el concreto o con marcador directamente. Se deben desmoldar los cilindros de hormigón dentro de las 18 a 48 horas de haber sido fundidos los cilindros, y se deben colocar en un tanque o pileta de agua.
8. Determinar la densidad de los cilindros, con los métodos fácilmente medibles con los instrumentos de laboratorio.
9. Determinar la resistencia a la compresión de los cilindros. El cilindro debe ser aplastado en la dirección de su longitud axial, pero como la cara superior e inferior de los cilindros no tienen un acabado adecuado para ponerlos directamente en la prensa se debe hacer un revestimiento de los extremos del cilindro, con un material especial llamado material de cabeceo (30% de arcilla y 70% de azufre). Para obtener resultados confiables se recomienda revestir ambos lados del cilindro superior e inferior. El cilindro con sus soportes de cabeceo se coloca en posición centrada en la máquina de compresión universal y se aplica carga hasta que falle.

Procedimiento para el cálculo de la dosificación del Hormigón

1. Con la resistencia compresiva de diseño escogemos en la tabla 12, la relación agua – cemento (a/c) máxima permisible para la mezcla.
2. Con el revenimiento adecuado y el tamaño máximo de la grava, se obtiene el agua de mezclado requerida y el porcentaje de aire de la mezcla.
3. Determinar el peso del cemento:

$$W_c = \frac{W_w}{\frac{a}{c}}$$

Ecuación 9. Diseño de hormigón - Peso del cemento.

Fuente: ASTM C123.

4. Con el tamaño máximo de la grava y el módulo de finura de la arena, determinar el volumen de grava compactado y seco, según tabla 14. Si es necesario interpolar o extrapolar los valores de la tabla.
5. Determinar el peso de la grava (V_g) conociendo el volumen de grava compactado y seco de la grava:

$$W_g = V_g \times P v_{compactado \ y \ seco}$$

Ecuación 10. Diseño de hormigón - Peso de la grava.

Fuente: ASTM C123.

6. Determinar los volúmenes que ocuparan cada uno de los materiales en la mezcla:

a) Volumen de agua (V_w)

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

Ecuación 11. Diseño de hormigón – Volumen de agua.

Fuente: ASTM C123.

b) Volumen de cemento (V_c)

$$V_c = \frac{W_c}{G_{S_{cem}} \times \gamma_w}$$

Ecuación 12. Diseño de hormigón – Volumen de cemento.

Fuente: UNITEC, (2017)

c) Volumen neto de grava (sin tomar en cuenta vacíos) (V_g)

$$V_g = \frac{W_g}{G_{S_g} \times \gamma_w}$$

Ecuación 13. Diseño de hormigón - Volumen de la grava.

Fuente: UNITEC, (2017)

d) Volumen de aire (V_a)

$$V_a = \frac{\% \text{ Aire}}{100}$$

Ecuación 14. Diseño de hormigón – Volumen de aire.

Fuente: UNITEC, (2017)

e) Volumen de arena (V_s)

$$V_s = V_t - V_g - V_c - V_w - V_a$$

Ecuación 15. Diseño de hormigón – Volumen de arena.

Fuente: ASTM C123.

7. Determinar el peso de la arena (W_s), conociendo el volumen de arena y el peso específico bulk saturado con superficie seca:

$$W_s = G_{s_s} \times V_s \times \gamma_w$$

Ecuación 16. Diseño de hormigón – Peso de la arena.

Fuente: ASTM C123.

8. Como tenemos todos los pesos de los materiales W_w , W_c , W_g , W_s , referidos para el diseño de hormigón y lo que se necesita elaborar es un volumen de mezcla que pese 35 libras (necesarias para llenar un cilindro de prueba), tenemos que calcular estos nuevos pesos con regla de tres.
9. Los pesos de los agregados, grava, arena y del agua se deben corregir, pues esta mezcla fue diseñada para materiales que están en la condición de saturados con superficie seca. Debemos determinar la humedad que tienen los agregados al momento de hacer la mezcla, y conocer también el porcentaje de absorción de ellos. Con estos datos determinamos el porcentaje de humedad libre de los agregados.

$$\%H_{libre\ g} = \% H_g - \%Abs_g$$

Ecuación 17. Diseño de hormigón – Porcentaje de humedad libre de la grava.

Fuente: ASTM C123.

$$\%H_{libre\ s} = \% H_s - \%Abs_s$$

Ecuación 18. Diseño de hormigón – Porcentaje de humedad libre de la arena.

Fuente: UNITEC, (2017)

Este porcentaje $\%H_{libre}$ puede ser positivo (+) o negativo (-):

$\%H_{libre}$ (+) significa que el agregado va a darle una cierta cantidad de agua al agua de mezclado, aumentando así la cantidad de agua en la mezcla.

$\%H_{libre}$ (-) significa que el agregado necesitará una cierta cantidad de agua y se la tomará del agua de mezclado, disminuyendo así la cantidad de agua en la mezcla.

Para que el agua de la mezcla no varíe, entonces hay que compensarla, determinando:

$$G = \frac{\%H_{libre\ g}}{100} \times W_g$$

Ecuación 19. Diseño de hormigón – Compensación de agua por la humedad libre de la grava.

Fuente: UNITEC, (2017)

$$S = \frac{\%H_{libres}}{100} \times W_s$$

Ecuación 20. Diseño de hormigón – Compensación de agua por la humedad libre de la arena.

Fuente: ASTM C123.

Si vemos que el agregado da agua a la de mezclado entonces, restamos esa cantidad del peso del agua y se la sumamos al agregado que lo produce. Si vemos que el agregado tomará agua a la de mezclado entonces, sumaremos esa cantidad al peso del agua y se la restamos al agregado que lo produce. Y así tendremos las cantidades corregidas de grava, arena y agua. Cabe señalar que el cemento no necesita corrección.

Tabla 13. Relación agua/cemento máximas permisibles para concreto.

Resistencia Compresiva	Relaciones agua- cemento máximas permisibles, por peso		
	Lb/ pl ²	Concreto si aire incluido	Con aire incluido
2500	0.67	0.54	
3000	0.58	0.46	
3500	0.51	0.40	
4000	0.44	0.35	
4500	0.38	-----	
5000	-----	-----	

Fuente: UNITEC, (2017)

Tabla 14. Requisitos aproximados del agua de mezclado y contenido de aire.

	Cantidad de agua en libras por yarda cubica de concreto para tamaños máximos del agregado indicados.							
Revenimiento plg	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido								
1 a 2	350	335	315	300	275	260	240	210
3 a 4	385	365	340	325	300	285	265	230
6 a 7	410	385	360	340	315	300	285	-----
Concreto con aire incluido								
1 a 2	305	295	280	270	250	240	225	200
3 a 4	340	325	305	295	275	265	250	220
6 a 7	365	345	325	310	290	280	270	----
% de aire	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Fuente: UNITEC, (2017)

Tabla 15. Relación del volumen del agregado grueso con el módulo de finura de la arena.

Tamaño máximo del agregado plg	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: UNITEC, (2017)

3.6 Fuentes de información

3.6.1 Fuentes primarias

Como fuentes de información primarias se aplicaron encuestas a una muestra de Ingenieros civiles de Honduras, para la justificación de nuestra investigación, además se realizaron entrevistas a expertos en la temática abordada, y para los ensayos y análisis de laboratorio se utilizó las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), la cual nos validaron los resultados.

3.6.2 Fuentes secundarias

En la presente investigación se tuvieron como fundamento y fuente de información secundaria, la investigación y recolección de datos a través de libros, tesis doctorales, tesis de maestría, tesis de grado, revistas, informes, manuales, páginas web.

3.7 Limitantes de estudio

- a. Espacio. El material (agregados) utilizado para este proyecto proviene de las cantera ubicadas en Tencoa-San Vicente, Gualala e Ilama, Santa Bárbara; todos obtenidos sobre las riveras del río Ulúa.
- b. Tiempo. Este proyecto se desarrolló en un tiempo de 10 semanas incluyendo el tiempo empleado para la creación del anteproyecto, en la ciudad de Tegucigalpa y haciendo análisis y viajes de investigación a la Ciudad de Santa Bárbara.
- c. Contenido. Este trabajo se realiza con la elaboración de ensayos, información existente y sus resultados son teórico-prácticos, para la ciudad de Santa Bárbara.
- d. Precisión. Debido a que parte de la investigación, es un trabajo que depende de los

resultados de los ensayos de laboratorio, la precisión de estos resultados puede variar según la calibración de la precisión y exactitud de los instrumentos usados en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC).

- e. Alcance. Este trabajo de investigación ha sido elaborado sobre los agregados que provienen del departamento de Santa Bárbara.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se desarrolla un análisis de los resultados que se obtuvieron de los instrumentos de recopilación de información, se aplica análisis estadístico descriptivo para el análisis de cada uno de los instrumentos utilizados y se analiza los resultados de los ensayos experimentales de laboratorio.

4.1 Resultados de la encuesta

Pregunta 1: Cuando realiza una construcción con hormigón, ¿de qué manera lo fabrica comúnmente?

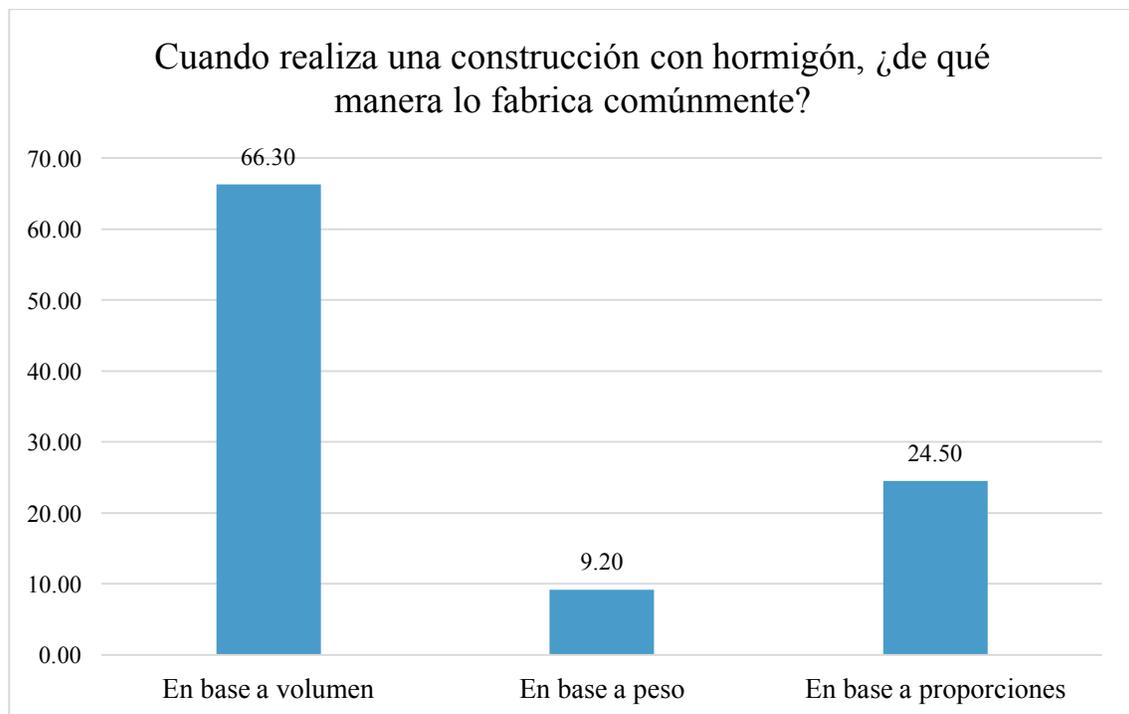


Figura 21. Manera en que se fabrica el hormigón comúnmente.

Se obtuvo a través de esta encuesta que los Ingenieros civiles fabrican el hormigón en la mayoría de los casos en base a volumen, en un 66.30%, y un 24.50% en base a proporciones. Esto significa que los Ingenieros Civiles no utilizan comúnmente el diseño de hormigón con el método ACI, ya que este es basado en pesos, que resultó ser la opción menos elegida, también nos revela que comúnmente se realiza en base a volúmenes que la podemos llamar en base a tablas también, que es un mecanismo algo empírico. Podemos definir que la tendencia se va a mantener, con la utilización de diseños de mezcla en base a tablas o en base a volúmenes.

Se debe concientizar a los Ingenieros que se informen más a que cambien su manera de diseñar los hormigones utilizados para cada proyecto en particular, para que podamos utilizar los análisis de granulometrías necesarios y obtener resultados más apegados al diseño que necesitamos.

Pregunta 2: Cuando realiza una construcción con hormigón, ¿qué aspecto tiene mayor importancia, además de la resistencia?

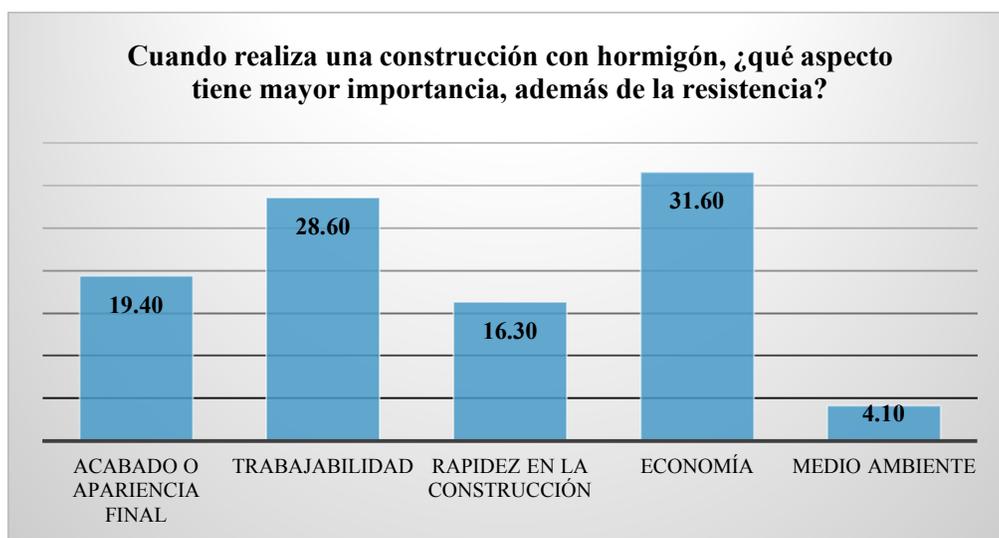


Figura 22. Aspecto con mayor importancia, cuando se fabrica el hormigón.

Se determinó que los Ingenieros consideran que la economía es el aspecto que tiene mayor importancia cuando se realiza el hormigón, en un 31.60%, como segundo aspecto se tiene que la trabajabilidad del concreto es lo más importante, en un 28.60%, y en tercer lugar se tiene el acabado o apariencia final como el aspecto que tiene mayor importancia en el hormigón, con un 19.40%.

Las respuestas a esta consulta, indican que utilizan el hormigón como material en las construcciones por su precio accesible, una trabajabilidad como característica envidiable que ofrece a los proyectos, y que puede tomar la forma de cualquier molde o encofrado durante el proceso de endurecido y por tanto ayuda como característica, con los acabados y la apariencia final de los proyectos. Cabe señalar también que esto genera una característica de rapidez en el proceso constructivo.

Con estas respuestas denota una tendencia de los Ingenieros Civiles de Honduras, a seguir utilizando el hormigón como material principal en las construcciones de los proyectos de construcción en Honduras, debido a su economía que genera por la compra de los materiales constitutivos.

Se determina con este instrumento, que en las construcciones, predomina la economía al momento de escoger los materiales de construcción, esto podría ir en detrimento de la calidad o resistencia del hormigón.

Pregunta 3: Cuando realiza construcciones con hormigón, ¿qué aspecto domina al momento de seleccionar los agregados (arena y grava)?

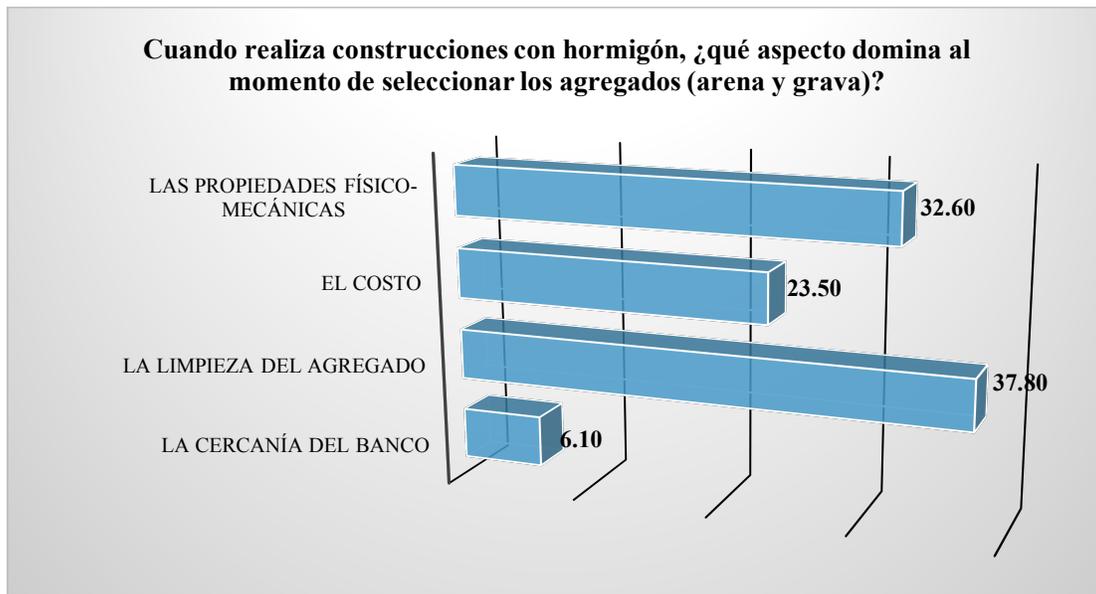


Figura 23. Aspecto que domina al momento de seleccionar los agregados.

Se determinó que los ingenieros consideran que la limpieza de los agregados es el aspecto que domina al momento de seleccionar los agregados, con un 37.8%, como segundo término consideran que las propiedades físico-mecánicas son el aspecto que domina para la selección de los agregados, con un 32.60% y finalmente con un 23.50% consideran que el costo es el aspecto que domina. Esto significa que los ingenieros tienen el conocimiento que la limpieza de los agregados son un aspecto importante a considerar, igual se tiene la conciencia que para fabricar hormigón es fundamental las propiedades físico-mecánicas adecuadas. Podemos definir la tendencia de que los Ingenieros seguirán considerando la importancia de estos aspectos al momento de fabricar hormigón, al mismo tiempo consideran que el costo es un aspecto importante, por lo que tendrá una tendencia a la alta, por la búsqueda de la economía.

Se concluye que los ingenieros tienen la conciencia de las propiedades que deben cumplir los agregados, pero muchas veces se cae en el error de adquirir los agregados únicamente considerando el costo de los mismos, en detrimento en muchas ocasiones de las propiedades solicitadas, es por esto que en ocasiones no se logran las resistencias necesarias.

Pregunta 4: En relación a la procedencia de los agregados (arena y grava), ¿cuál tiene mejores propiedades para el uso en el hormigón?

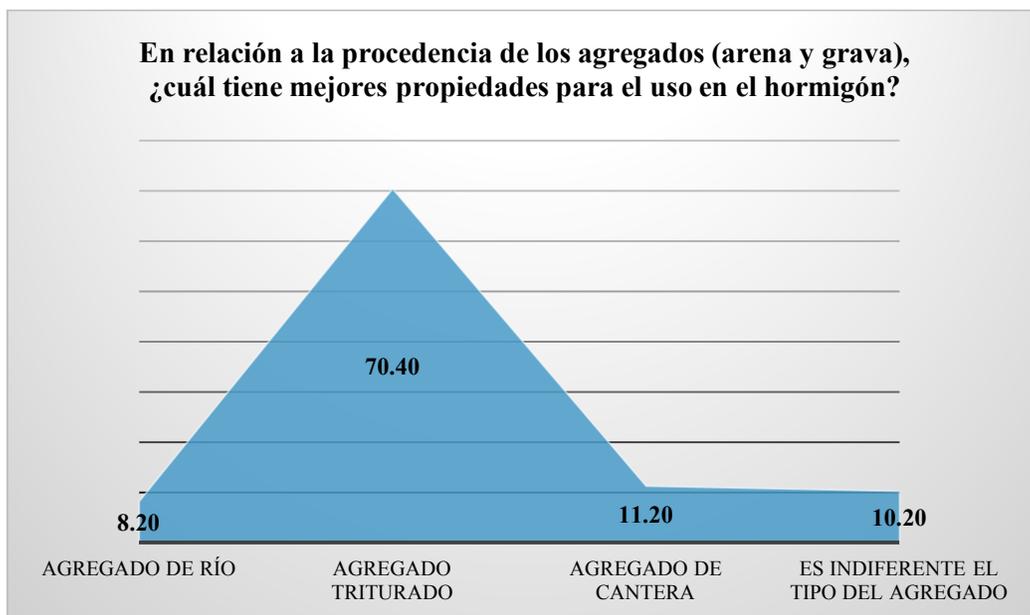


Figura 24. Procedencia de los agregados, con mejores propiedades.

Los Ingenieros civiles de Honduras, en base a la muestra estudiada consideran que el agregado triturado es el que tiene mejores propiedades para el uso en el hormigón, cuando hablamos de la procedencia de los agregados, con un 70.40%, mientras como segundo lugar consideran que el agregado de cantera, con un 11.20%, es el agregado con mejores características para el uso en el hormigón. Esto significa que cuando utilizamos agregado grueso triturado en la

fabricación del hormigón, obtendremos mejores resultados en cuanto a resistencia y durabilidad del hormigón. La tendencia que se observa es a la alta para concientizar que el uso de los agregados triturados aporta para mejores resultados en el hormigón.

Se puede concluir que los agregados triturados aportan mejores características al momento de fabricar hormigón, conociendo de igual manera que los agregados de río y los agregados de cantera aportan para el hormigón, pero el triturado nos revela mejores características.

Pregunta 5: En relación a la caracterización de los agregados (arena y grava) a utilizar en hormigón, ¿cuál característica le interesaría conocer sus resultados?

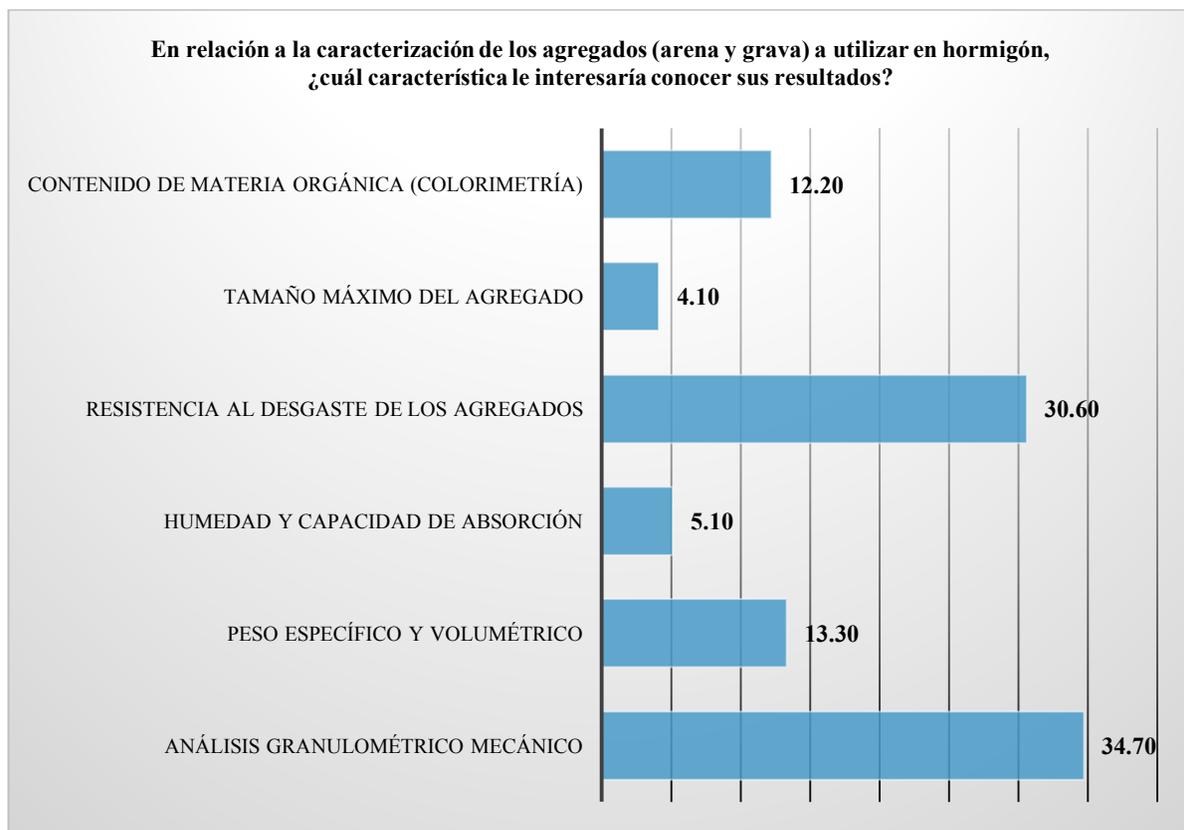


Figura 25. Característica de los agregados, que interesa conocer el Ingeniero.

En base a las encuestas realizadas, los ingenieros determinan que el análisis granulométrico mecánico es la característica que más les interesa al momento de realizar ensayos de laboratorio a los agregados (arena y grava) para usar en el hormigón, con un 34.70%, como segunda característica la resistencia al desgaste de los agregados, con un 30.60%, es considerada las más interesante para los agregados, y como tercer lugar el peso específico y volumétrico es considerado como la característica a interesar, con un 13.30%. Esto significa que a los ingenieros les interesa conocer los análisis granulométricos mecánicos de los agregados y están conscientes de que estas características podrían potenciar o no la resistencia en el hormigón. La tendencia es a la alta para el deseo de conocer las características de los agregados. Los análisis granulométricos mecánicos a los agregados finos y gruesos, nos determinan si los agregados que podamos utilizar tienen las características según normas ASTM para su utilización en el hormigón, y que dependiendo de estas características se sabrá si se potenciará o no la resistencia en el hormigón.

Pregunta 6: Según su criterio, ¿cuál de los siguientes factores considera más importante, para que el hormigón alcance su máxima resistencia y durabilidad?

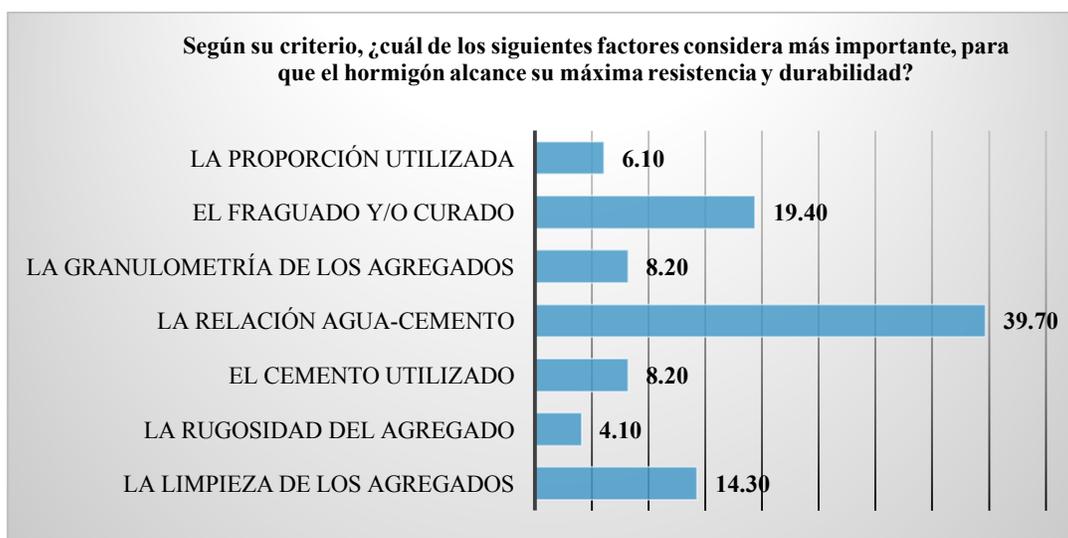


Figura 26. Factores importantes para que el hormigón alcance su máxima resistencia.

Para los ingenieros civiles la relación agua-cemento, con un 39.70%, es el factor más importante para que el hormigón alcance su máxima resistencia y durabilidad, como segundo escaño el fraguado y/o curado es el factor considerado de mayor importancia, con un 19.40%, y como tercer lugar consideran que la limpieza de los agregados ayuda al hormigón para que alcance su máxima resistencia y durabilidad. Esto significa que la relación agua-cemento domina en los aspectos importantes para que el hormigón alcance su máxima resistencia al igual que el curado y/o fraguado. La tendencia es a mantener el conocimiento de un buen uso de la relación agua-cemento.

Se puede concluir que en las obras de construcción se debe tener un especial cuidado en la relación agua-cemento que se utiliza en la fabricación del hormigón, ya que esta característica ayuda a que el hormigón alcance su máxima resistencia y durabilidad.

Pregunta 7: En relación al trabajo con hormigón, ¿con qué frecuencia realiza diseño de mezcla en un laboratorio?



Figura 27. Frecuencia en el uso de los diseños de mezclas de hormigón.

Se obtuvo que los ingenieros consideran, como la frecuencia en que realiza diseños de mezcla en un laboratorio, que los realizan cuando se los exige un contrato de construcción, con un 31.60%, y como segundo lugar consideran que pocas veces realizan diseño de mezcla en un laboratorio, con un 22.40%, mientras que el 18.40% siempre realizan diseño de mezcla en un laboratorio.

Esto indica que no se está realizando los adecuados diseños de hormigón para los proyectos de construcción, y que los resultados que se están consiguiendo en la mayoría de las obras, se desconoce si los resultados esperados pegan con lo requerido para cada obra, y que únicamente se le aplica el correcto diseño cuando nos lo requiere un contrato de construcción o una supervisión en sitio.

Se observa la tendencia a la alta para que los contratos de construcción continúen o empiecen a requerir más análisis específicos como los diseños de mezclas de hormigón, y una tendencia a mantener la opinión de los ingenieros que los diseños del hormigón no es necesario realizarlos, ya que los están realizando en pocas ocasiones.

Los ingenieros civiles en Honduras según los resultados del instrumento usado, no están realizando diseños de mezclas de hormigón, para considerar las características de cada material a utilizar, por ende se debe concientizar más profundamente para que los profesionales consideren estos aspectos importantes y así lograr los resultados esperados, eficientar el uso de los componentes, y así evitar los resultados deficientes o los sobre diseños que se están obteniendo actualmente en algunas de las obras.

Pregunta 8: En relación a diseños de mezclas para hormigón, ¿qué tipo de diseño conoce mejor?

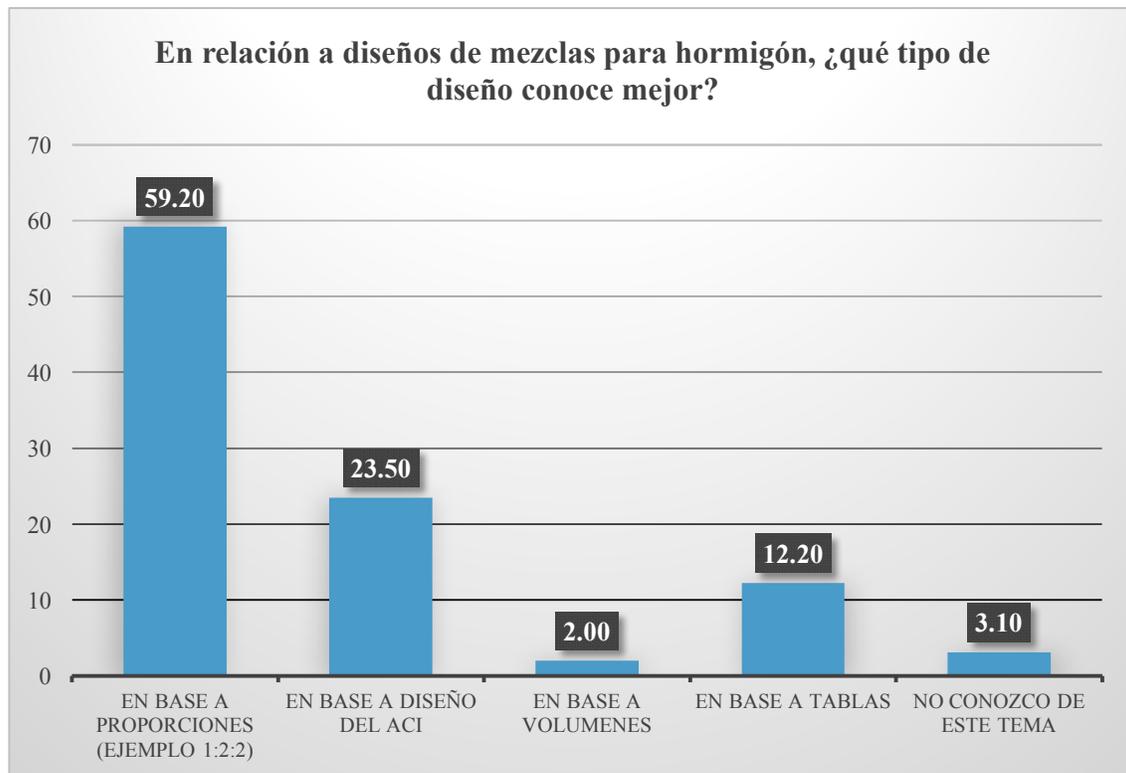


Figura 28. Tipo de diseño de hormigón más conocidos por los ingenieros.

Se obtuvo que los ingenieros consideran que el diseño en base a proporciones (ejemplo 1:2:2) es el método de diseño de hormigón que conocen mejor, con un 59.20%, mientras que con un 23.50% consideran que conocen más el método de diseño del ACI, para finalmente con un 12.20% consideran los ingenieros que conocen el diseño en base a tablas, para el diseño de mezclas de hormigón. Esto significa que los ingenieros tienen poco conocimiento de los diseños de mezclas de hormigón, para el caso en base a diseño ACI sólo el 23.50% tiene conocimiento de este método, incluso se tiene un 3.10% que no conocen nada absolutamente del tema. La tendencia se mantiene a que los ingenieros sigan utilizando las proporciones o tablas para el diseño de hormigón.

Se concluye que los ingenieros utilizan comúnmente diseños preestablecidos en tablas al momento de diseñar sus mezclas de hormigón, y esto lo realizan sin conocer las características y propiedades de los agregados y tampoco sin conocer la relación agua-cemento a utilizar, por ende los resultados que están obteniendo suelen variar significativamente de los resultados esperados.

Pregunta 9: Cuando necesita el análisis de los agregados para el diseño de una mezcla para su hormigón, ¿qué aspecto provoca más dificultad?

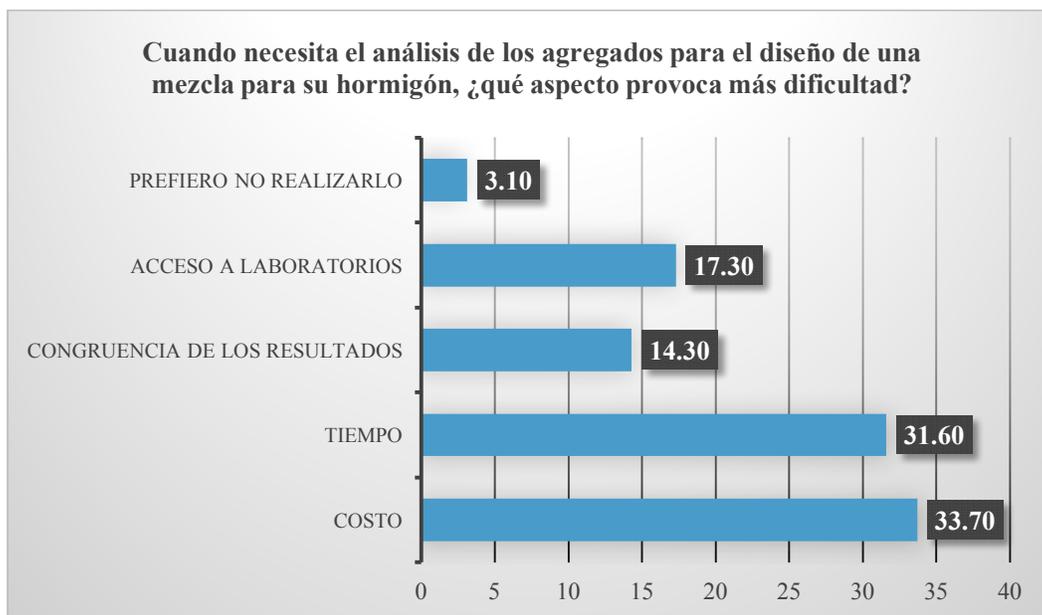


Figura 29. Aspecto que provoca más dificultad al momento de realizar diseño de hormigón.

Se determinó que el 33.70% de los ingenieros civiles encuestados consideran que el costo es el aspecto que les genera mayor dificultad, para realizar análisis de los agregados para el diseño de mezclas de hormigón, mientras que el 31.60% considera que el tiempo es el aspecto que les genera mayor dificultad para realizar dichos análisis de laboratorio, para finalmente considerar que el acceso a laboratorios es el aspecto que dificulta más el realizar los análisis respectivos para el

diseño de mezclas de hormigón. Esto significa que los ingenieros civiles están anteponiendo el costo de los análisis de laboratorio y el tiempo que tienen para ir a realizar estos análisis, antes que realizarlos para obtener mejores resultados en sus proyectos. La tendencia se marca claramente que los ingenieros no realizan estos análisis por el poco tiempo que les queda y por el costo que les implica, por lo que se mantendrá esta tendencia.

Se puede concluir que los ingenieros le están prestando poca importancia a los análisis de laboratorio para determinar las características de los agregados que están utilizando en sus proyectos, y no están realizando los diseños de mezclas de hormigón regularmente, obteniendo resultados variados en sus obras.

Pregunta 10: En relación a los laboratorios para este tipo de ensayos, existentes en el país, ¿qué nivel de confianza tiene sobre ellos?

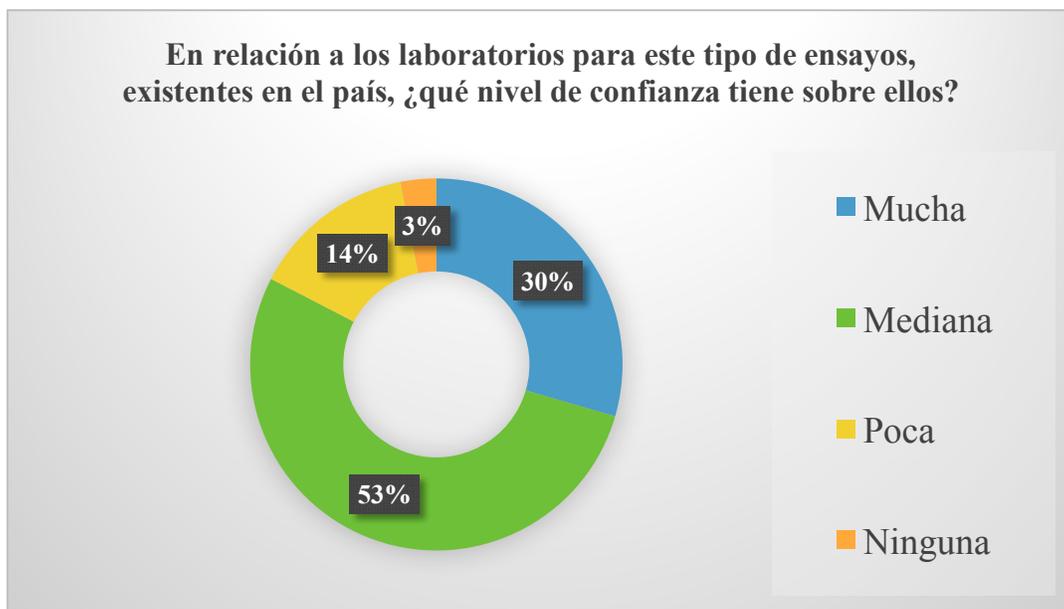


Figura 30. Nivel de confianza que se tiene sobre los laboratorios de hormigón.

Con los resultados de la encuesta se pudo determinar que el 53% de los ingenieros consideran tener un mediano nivel de confianza en los resultados de laboratorios de ensayos de materiales y hormigón existentes en el país, mientras que el 30% considera tener mucha confianza en los resultados que entregan los laboratorios y finalmente el 14% de los ingenieros considera tener poca confianza en los resultados procesados y entregados por los laboratorios que existen en el país.

Esto significa que los ingenieros tienen un mediano nivel de confianza en los resultados de los laboratorios existentes en el país, esto podría suponer otra razón del porqué los ingenieros no están realizando estos análisis. Vemos que la tendencia se mantiene a mejorar este nivel de confianza, conociendo los resultados obtenidos en algunos proyectos mejorará dicho nivel de confianza.

Tanto los ingenieros encargados en realizar las construcciones de los proyectos, como los laboratorios deben mejorar en los resultados que se están teniendo para el hormigón fabricado, los ingenieros realizando los estudios correspondientes de los materiales necesarios y los laboratorios mejorando su imagen de los resultados que están presentando y entregando a los clientes.

Pregunta 11: ¿Qué tan interesado estaría en contar con un documento técnico o plan de acción para mejorar los diseños de mezclas de hormigón y así garantizar la calidad de las obras de sus proyectos?

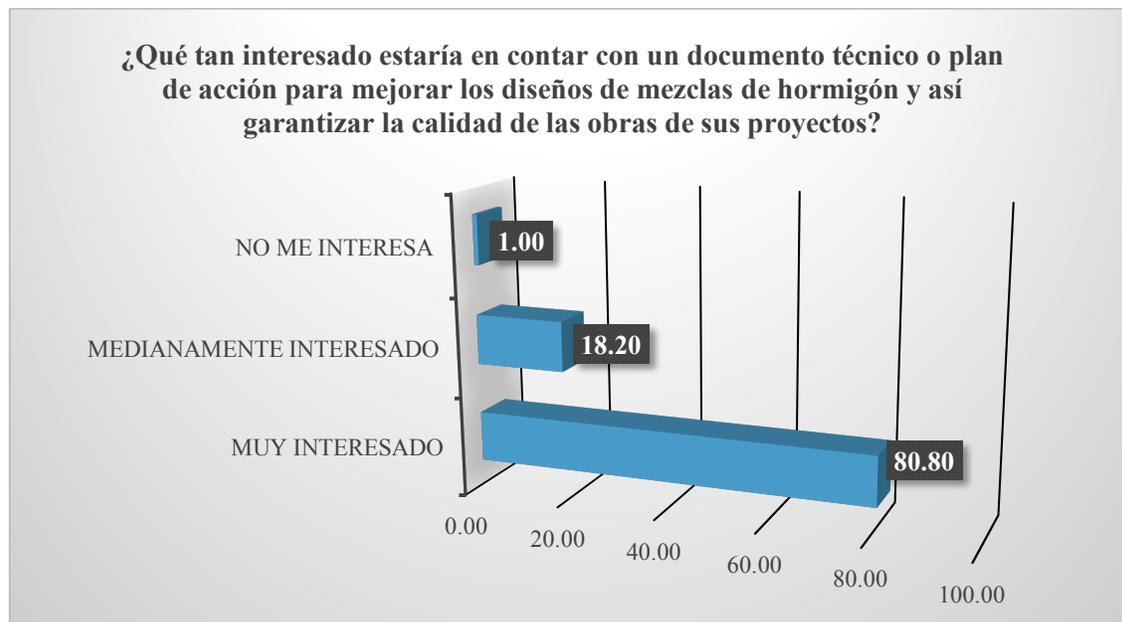


Figura 31. Interés que se tiene en conocer documento técnico sobre diseño de hormigón.

A través de la investigación se determinó que el 80.80% de los ingenieros considera estar muy interesado en conocer un documento técnico o plan de acción para mejorar los diseños de mezclas de hormigón para así garantizar la calidad de las obras en sus proyectos, mientras el 18.20% considera estar medianamente interesado en conocer el documento mencionado. Esto significa que hay un gran interés en conocer más de estos análisis y diseños de hormigón por parte de los ingenieros civiles y además demuestra que hay conciencia en la falta de conocimiento en el tema abordado. La tendencia se mantiene con buen interés en conocer del tema abordado en este trabajo de investigación.

Se concluye que hay poco conocimiento sobre la caracterización de los materiales que componen el hormigón y sobre los diseños de mezclas de hormigón, pero al mismo tiempo se concluye que hay disposición de gremio en conocer de este tema. Con los resultados de las encuestas anteriores pudimos refrendar y justificar nuestro trabajo de investigación.

4.2 Resultados de la entrevista

Pregunta 1: En relación a la resistencia y durabilidad del hormigón, ¿qué características de su fabricación, considera las más importante?

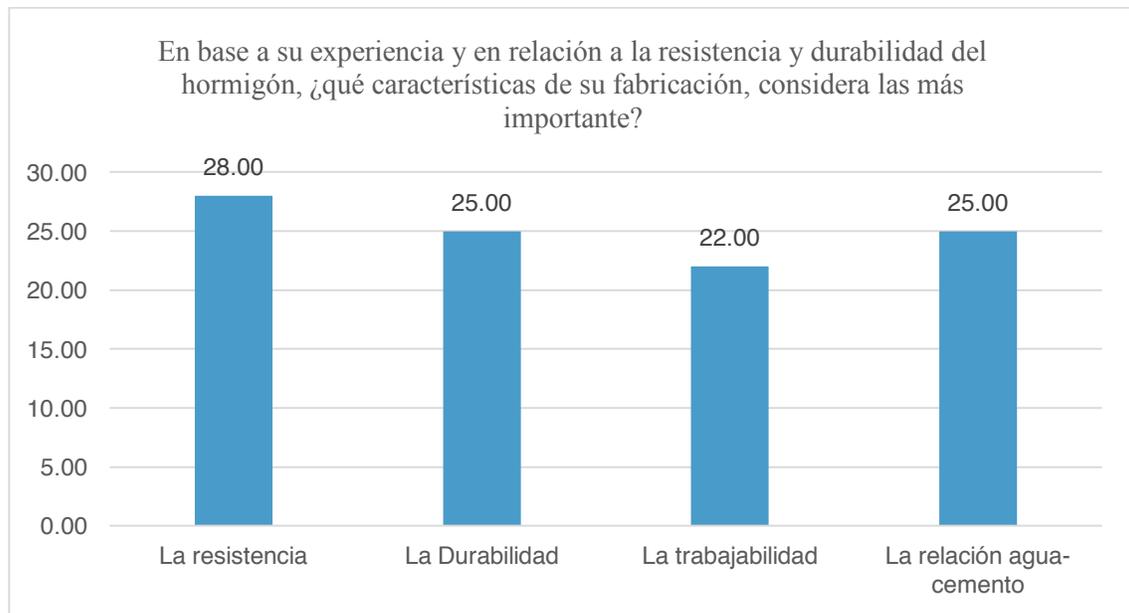


Figura 32. Característica más importante para fabricar hormigón.

Se determinó que los ingenieros expertos consideran el aspecto que domina al momento de caracterizar el hormigón, con un 28% la resistencia, con un 25% la relación agua-cemento y la durabilidad del hormigón y con un 22% la trabajabilidad del mismo. Esto significa según explicaban que depende del tipo de proyecto a realizar, en ciertos casos el aspecto de la resistencia será el más importante, en otros la durabilidad, o para otros la trabajabilidad del hormigón y esto aunado a la relación agua-cemento de la mezcla del hormigón, pero que en nuestro país generalmente se solicita la resistencia a compresión del hormigón como el aspecto más relevante. La tendencia es a mantener estos aspectos mencionados como los más importantes al momento de fabricar el hormigón.

Se puede concluir entonces que en el hormigón se debe tener especial cuidado con la relación agua-cemento utilizada al momento de fabricarlo, ya que es un aspecto fundamental para alcanzar las resistencias, la durabilidad del hormigón fabricado y consensuar con la trabajabilidad necesaria por el tipo de proyecto.

Pregunta 2: En relación a las propiedades físico-mecánicas de los agregados (arena y grava), ¿cuáles tienen mayor influencia, para potencializar la resistencia del hormigón?

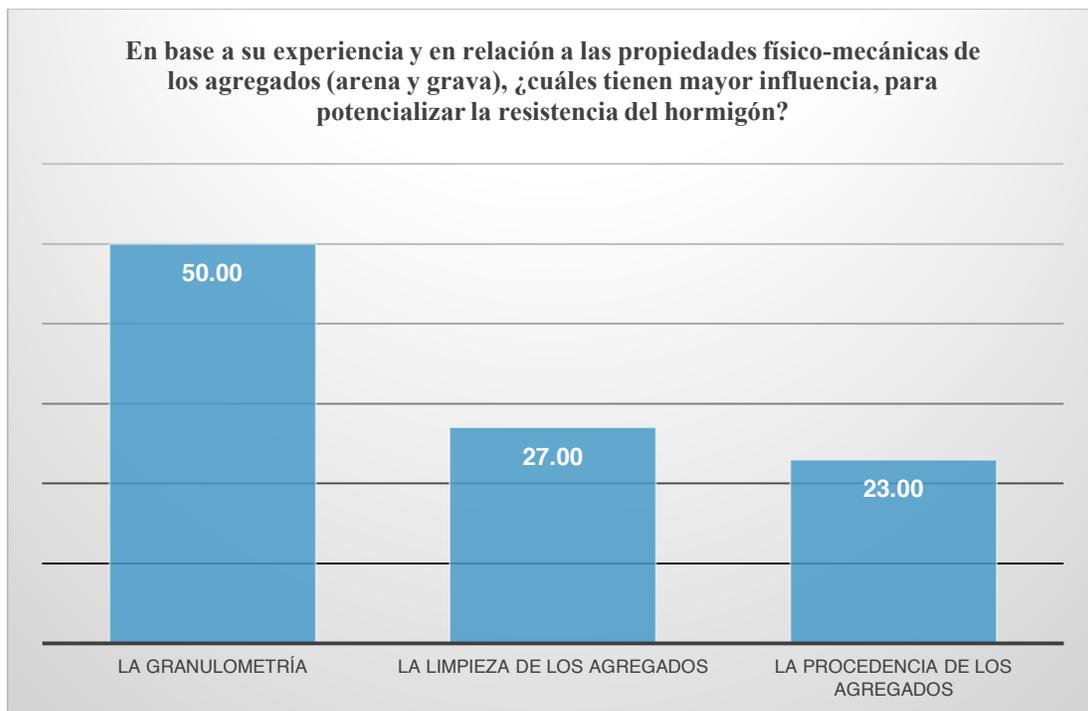


Figura 33. Propiedades físico-mecánicas con mayor influencia en la resistencia hormigón.

Se obtuvo que los ingenieros expertos consideran, como las propiedades físico-mecánicas de los agregados, que los que tienen mayor influencia para potenciar la resistencia del hormigón, son, La granulometría con un 50%, la limpieza de los agregados con un 27% y la procedencia de los agregados con un 23%.

Esto significa que la granulometría nos ayuda a tener menos relación de vacíos que ayuda a la durabilidad del hormigón, al igual que la limpieza de los agregados esta nos ayuda a tener menor relación de vacíos, a que el agregado no tome agua de la mezcla y la procedencia de los agregados tiene que ver con la posibilidad de contaminación que puedan tener los agregados y que nos afecte en el hormigón fabricado. La tendencia se mantiene que la granulometría y la procedencia y limpieza de los agregados son los aspectos que nos ayudan a potenciar la resistencia del hormigón.

Para tener un buen diseño de hormigón será necesario tener nuestros agregados limpios sin contaminación y realizar la adecuada granulometría de los mismos.

Pregunta 3: Considerando su experiencia, ¿cómo calificaría el hormigón que se está fabricando comúnmente en el país, en relación a los requerimientos especificados?

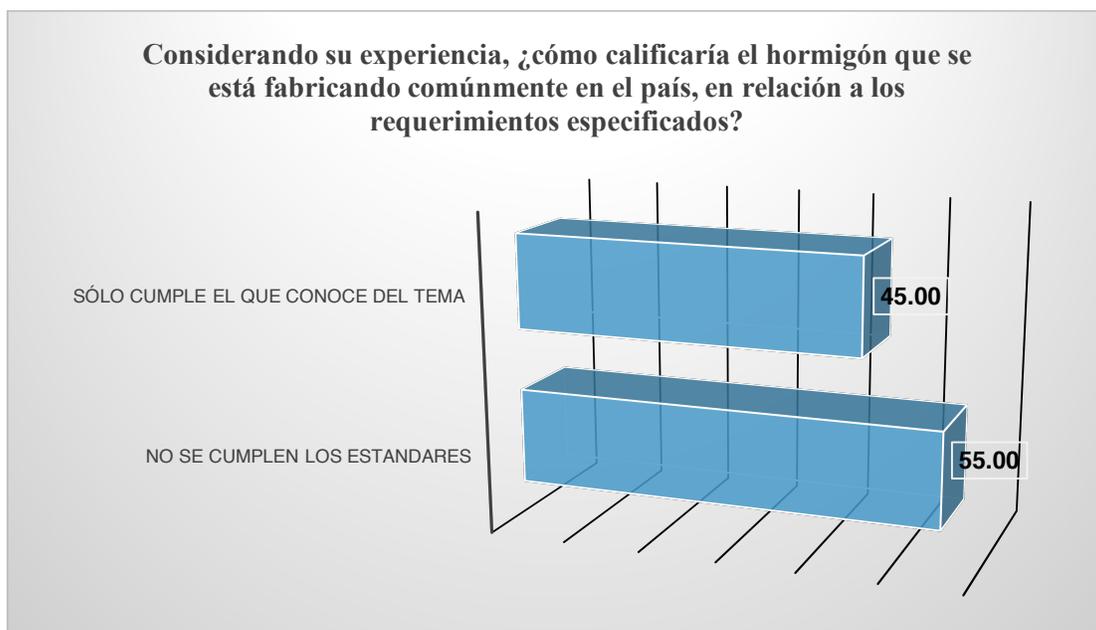


Figura 34. Cómo se califica el hormigón que se realiza comúnmente en el país.

En base a las entrevistas aplicadas, los ingenieros expertos determinan que el hormigón que se está fabricando comúnmente en el país, no cumple con los estándares de las normas especializadas con un 55%, como segunda característica, sólo los que conocen del tema cumplen los estándares con un 45%. Esto significa que los ingenieros que fabrican hormigón para sus proyectos comúnmente no cumplen los estándares de la norma, y que solamente están cumpliendo los que conocen bien del tema. La tendencia se mantiene para estos aspectos.

Se concluye que las construcciones que se realizan en el país no cumplen los estándares de las normas requeridas, y que se cumple principalmente cuando los relacionados conocen del tema o se les exige vía contrato.

Pregunta 4: ¿Qué recomendaría al momento de fabricar hormigón, en zonas del país, como la ciudad de Santa Bárbara, donde no se tiene muchas opciones de agregados, poco acceso a laboratorios especializados, y limitado acceso a concreto premezclado, para cumplir con los requerimientos de diseño para ejecutar una obra en específico?

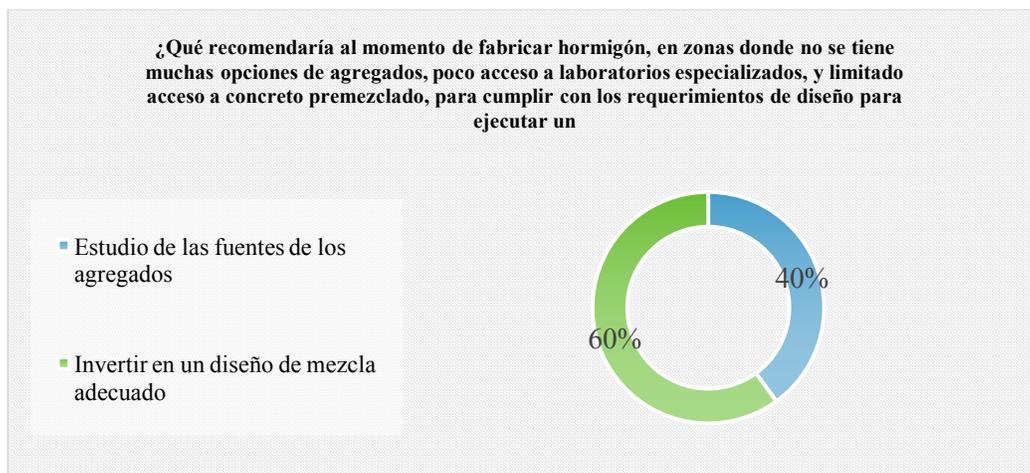


Figura 35. Recomendaciones para fabricar hormigón zonas con poco acceso a laboratorios.

Con los resultados de la entrevista se pudo determinar que el 60% de los ingenieros expertos consideran como recomendable al momento de fabricar el hormigón invertir en un diseño de mezcla de hormigón adecuado, mientras que el 40% considera como recomendable el estudio de las fuentes de los agregados, para obtener mejores resultados en los proyectos de construcción. Esto significa que no debería haber excusa para tener buenos diseños de mezcla de hormigón. La tendencia se mantiene.

Para trabajar en zonas donde no se tiene suficiente análisis de los agregados que se debe realizar el estudio adecuado de los bancos de material y realizar los respectivos diseños de mezcla de hormigón para garantizar resultados exitosos en cuanto a resistencia y durabilidad de las estructuras.

4.3 Diagrama de Ishikawa

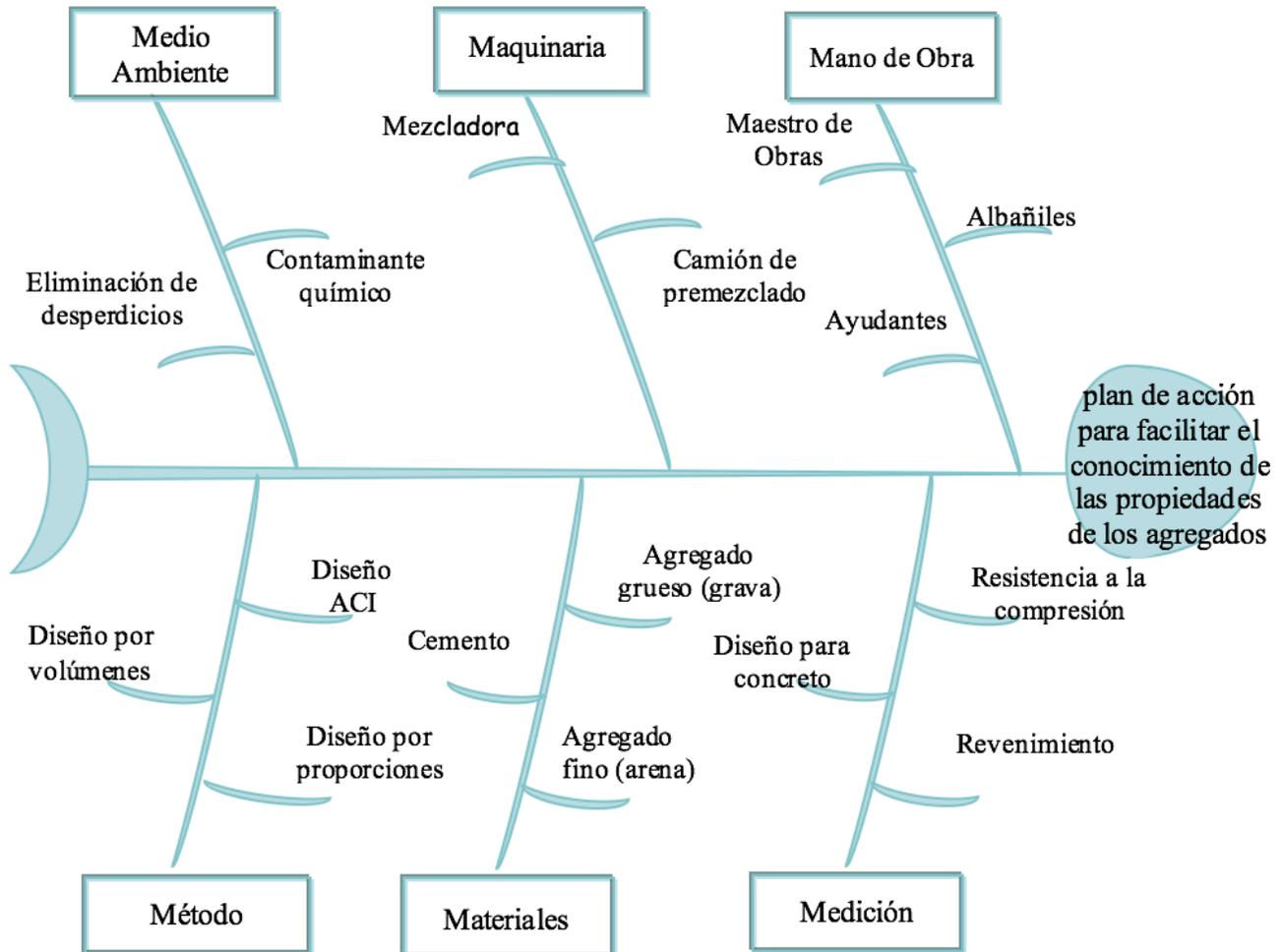


Figura 36. Diagrama de Ishikawa de la investigación.

Medio ambiente:

- Eliminación de desperdicios

Analizar la posibilidad de mejorar la eliminación de los desperdicios en las obras, ya que cuando se trabaja con hormigón se generan desperdicios significativos los cuales en muchas ocasiones son quemados, realizando una contaminación innecesaria.

- Contaminante químico

El cemento tiene características químicas que si no se saben manejar, generan una contaminación eminente, más cuando se quema como mecanismo de eliminación de desperdicios (acto que se realiza constantemente en las construcciones).

Maquinaria:

- Mezcladora

Para la fabricación del hormigón se debe de evaluar los mecanismos de maquinaria para la fabricación, uno de ellos y generalmente el más utilizado es la mezcladora, la cual debe ser revisada de que su proceso de mezcla sea el correcto.

- Camión de premezclado

Cuando se usa concreto premezclado para las obras, se utilizan camiones de premezclado que acarrear el hormigón, se debe verificar que estos no tarden más de 45 minutos desde que se cargan en la planta, para que el proceso de fraguado no comience antes de colocarlo en el sitio de la obra.

Mano de Obra:

- Maestro de obras

Persona encargada del personal de la obra y uno de los responsables por verificar el diseño de las mezclas a través de la verificación del cumplimiento de las instrucciones de los ingenieros encargados de las obras, se debe tener un cercano seguimiento a las decisiones que se tomen.

- Albañil

Los albañiles en las obras, son los que finalmente fabrican y colocan el hormigón cuando se fabrica en la obra a través de mezcladora, por lo tanto se debe tener una especial supervisión sobre este personal.

- Ayudante

Los ayudantes junto con los albañiles en las obras, son los que finalmente fabrican y colocan el hormigón cuando se fabrica en la obra a través de mezcladora, por lo tanto se debe tener una especial supervisión sobre este personal.

Método:

- Diseño ACI

Diseño de mezclas por el método ACI es el más recomendado en el medio para el diseño de mezclas para el hormigón, por lo que se debe tener buen conocimiento en el proceso para obtener los mejores resultados.

- Diseño por volúmenes

El diseño por volúmenes radica en analizar los componentes del hormigón para diseñar una mezcla que incluya los volúmenes respectivos de cada material, para lograr la resistencia deseada, se debe revisar los diseños respectivos.

- Diseño por proporciones

Este diseño del hormigón es similar al diseño en base a volúmenes, con diferencia que el diseño por proporciones se base preferentemente en tablas estadísticas.

Materiales:

- **Cemento**

El cemento que comúnmente se utiliza en el país es el (UG) uso general, se debe de revisar que el cemento no sea contaminado, y se debe de mantener en lugares frescos y con ventilación pero sin humedad.

- **Agregado fino**

Luego de los análisis respectivos a los agregados finos se debe de tener en cuenta la revisión de las características con las cuales se realizaron los estudios, para no perder las propiedades que utilizará el hormigón.

- **Agregado grueso**

Luego de los análisis respectivos a los agregados gruesos se debe de tener en cuenta la revisión de las características con las cuales se realizaron los estudios, para no perder las propiedades que utilizará el hormigón.

Medición:

- **Revenimiento**

El revenimiento se utiliza para determinar la trabajabilidad de la mezcla se debe revisar antes de realizar las fundiciones respectivas, que dicho revenimiento cumpla con los estándares mínimos y máximos para la trabajabilidad de la mezcla.

- **Diseño para concreto**

Se revisan los diseños realizados por los distintos métodos antes de la fabricación del hormigón para garantizar alcanzar las resistencias preparadas.

- Resistencia a la compresión

Finalmente ya con el hormigón fabricado y colocado se pueden realizar diferentes exámenes para determinar si ha alcanzado o no las resistencias y la durabilidad esperada. Como ser la resistencia a la compresión que se examina generalmente a 7, 14, 21 y 28 días, que es cuando alcanza la resistencia a la compresión máxima.

4.4 Análisis estadístico

El siguiente análisis estadístico está basado en los datos adquiridos a través de las encuestas y las entrevistas aplicadas.

Cuando realiza una construcción con hormigón, ¿de qué manera lo fabrica comúnmente?

Tabla 16. Análisis estadístico, sobre la manera en que se fabrica el hormigón.

Manera en que se fabrica	Cantidad de respuestas
En base a volumen	69.62
En base a peso	9.66
En base a proporciones	25.73

Descripción	Valor
Media	35.00
Moda	69.62
Mediana	25.73
Desviación estándar	31.04
Varianza	963.30
Coefficiente de variación	88.67%

Cuando realiza una construcción con hormigón, ¿qué aspecto tiene mayor importancia, además de la resistencia?

Tabla 17. Análisis estadístico, aspecto que tiene mayor importancia, además de la resistencia.

Aspecto con mayor importancia	Cantidad de respuestas
Acabado o apariencia final	20.37
Trabajabilidad	30.03
Rapidez en la construcción	17.12
Economía	33.18
Medio Ambiente	4.31

Descripción	Valor
Media	21.00
Moda	33.18
Mediana	20.37
Desviación estándar	11.44
Varianza	130.98
Coefficiente de variación	54.49%

Cuando realiza construcciones con hormigón, ¿qué aspecto domina al momento de seleccionar los agregados (arena y grava)?

Tabla 18. Análisis estadístico, sobre el aspecto que domina al seleccionar los agregados.

Aspecto que domina	Cantidad de respuestas
La cercanía del banco	6.41
La limpieza del agregado	39.69
El costo	24.68
Las propiedades físico-mecánicas	34.23

Descripción	Valor
Media	26.25
Moda	39.69
Mediana	29.46
Desviación estándar	14.61
Varianza	213.47
Coefficiente de variación	55.65%

En relación a la procedencia de los agregados (arena y grava), ¿cuál tiene mejores propiedades para el uso en el hormigón?

Tabla 19. Análisis estadístico, sobre que agregado tiene mejores propiedades.

Agregado con mejores propiedades	Cantidad de respuestas
Agregado de río	8.61
Agregado Triturado	73.92
Agregado de cantera	11.76
Es indiferente el tipo del agregado	10.71

Descripción	Valor
Media	26.25
Moda	73.92
Mediana	11.24
Desviación estándar	31.81
Varianza	1,011.68
Coefficiente de variación	121.17%

Según su criterio, ¿cuál de los siguientes factores considera más importante, para que el hormigón alcance su máxima resistencia y durabilidad?

Tabla 20. Análisis estadístico, sobre el factor para que el hormigón alcance su resistencia.

Factor más importante	Cantidad de respuestas
La limpieza de los agregados	15.02
La rugosidad del agregado	4.31
El cemento utilizado	8.61
La relación agua-cemento	41.69
La granulometría de los agregados	8.61
El fraguado y/o curado	20.37
La proporción utilizada	6.41

Descripción	Valor
Media	15.00
Moda	41.69
Mediana	8.61
Desviación estándar	12.98
Varianza	168.49
Coefficiente de variación	86.52%

4.5 Resultados de los ensayos de laboratorio

4.5.1 Granulometría mecánica de los agregados

4.5.1.1 Granulometría de Arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara

Tabla 21. Granulometría de arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara.

Tamiz	Peso Reten.	% Retenido	% Que Pasa	% Corregido	Observaciones
1"			100		
3/4"		0.00	100.00		
1/2"		0.00	100.00	0.00	
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	
# 4	253.00	19.52	80.48	19.52	
# 8	506.93	39.11	41.37	58.63	
# 10	105.61	8.15	33.22	66.78	
# 12	84.23	6.50	26.72	73.28	
# 16	121.28	9.36	17.36	82.64	
# 20	74.80	5.77	11.59	88.41	
# 30	46.38	3.58	8.02	91.98	
# 40	28.05	2.16	5.85	94.15	
# 50	25.49	1.97	3.88	96.12	
# 100	38.71	2.99	0.90	99.10	
# 200	8.90	0.69			
FONDO	2.74	0.21			
TOTAL	1,296.12	100.00		447.99	
			M.F	4.48	

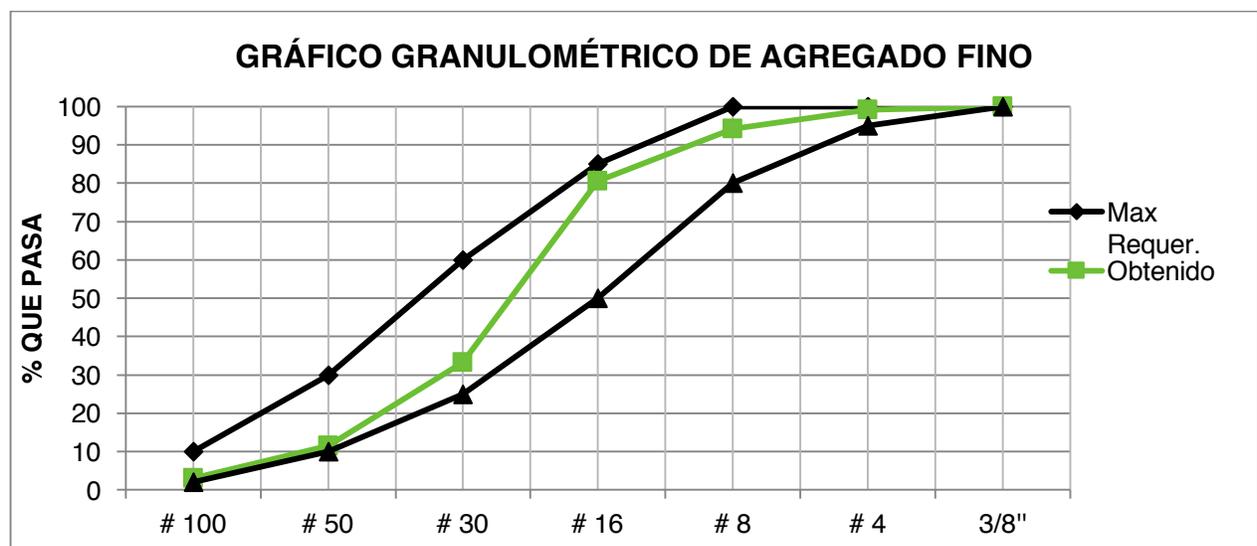


Figura 37. Gráfico granulométrico de Arena, Gualala, Santa Bárbara.

4.5.1.2 Granulometría de Arena proveniente de Ilima, Santa Bárbara

Tabla 22. Granulometría de arena proveniente de Ilima, Santa Bárbara.

Tamiz	Peso Reten.	% Retenido	% Que Pasa	% Corregido	Observaciones
1"			100		
3/4"		0.00	100.00		
1/2"		0.00	100.00	0.00	
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	
# 4	526.49	34.31	65.69	34.31	
# 8	192.11	12.52	53.17	46.83	
# 10	44.78	2.92	50.25	49.75	
# 12	46.45	3.03	47.22	52.78	
# 16	120.71	7.87	39.36	60.64	
# 20	167.55	10.92	28.44	71.56	
# 30	203.09	13.24	15.20	84.80	
# 40	143.08	9.32	5.88	94.12	
# 50	51.39	3.35	2.53	97.47	
# 100	28.63	1.87	0.66	99.34	
# 200	5.90	0.38			
FONDO	4.26	0.28			
TOTAL	1,534.44	100.00		423.39	
			M.F	4.23	

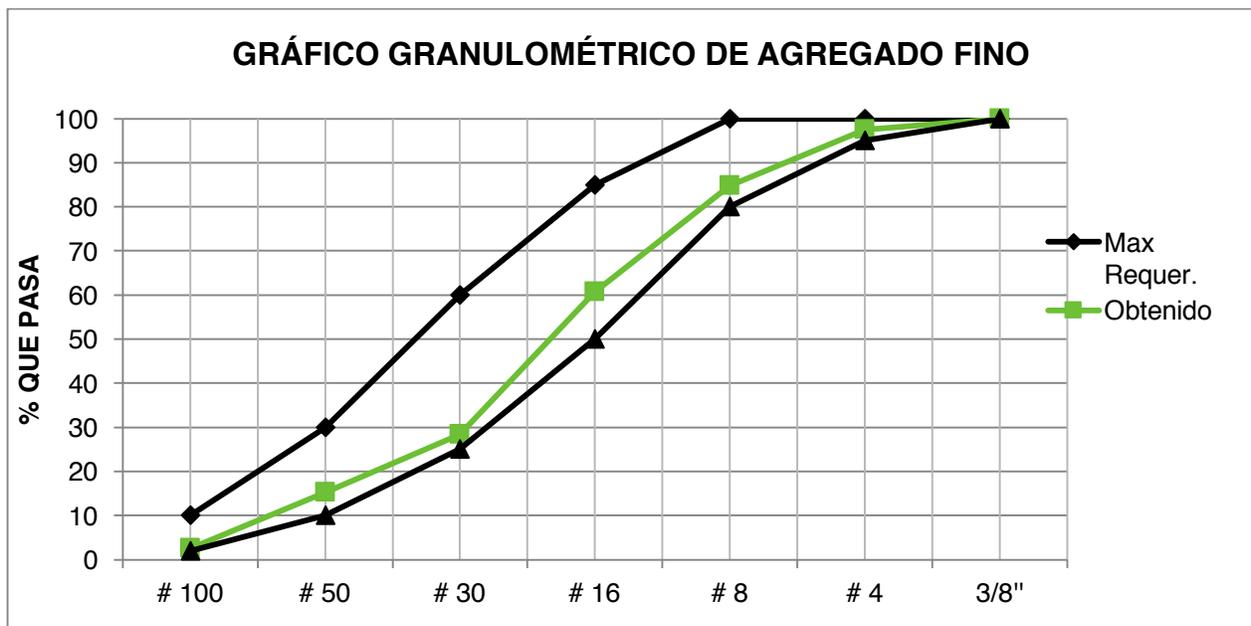


Figura 38. Gráfico granulométrico de Arena, Ilima, Santa Bárbara.

4.5.1.3 Granulometría de Arena proveniente de Tencoa, Santa Bárbara

Tabla 23. Granulometría de arena proveniente de Tencoa, Santa Bárbara.

Tamiz	Peso Reten.	% Retenido	% Que Pasa	% Corregido	Observaciones
1"			100		
3/4"		0.00	100.00		
1/2"		0.00	100.00	0.00	
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	
# 4	306.19	24.83	75.17	24.83	
# 8	217.90	17.67	57.50	42.50	
# 10	61.99	5.03	52.47	47.53	
# 12	60.11	4.87	47.60	52.40	
# 16	139.28	11.29	36.30	63.70	
# 20	134.13	10.88	25.43	74.57	
# 30	137.00	11.11	14.32	85.68	
# 40	68.66	5.57	8.75	91.25	
# 50	55.49	4.50	4.25	95.75	
# 100	45.77	3.71	0.54	99.46	
# 200	4.77	0.39			
FONDO	1.84	0.15			
TOTAL	1,233.13	100.00		411.93	
			M.F	4.12	

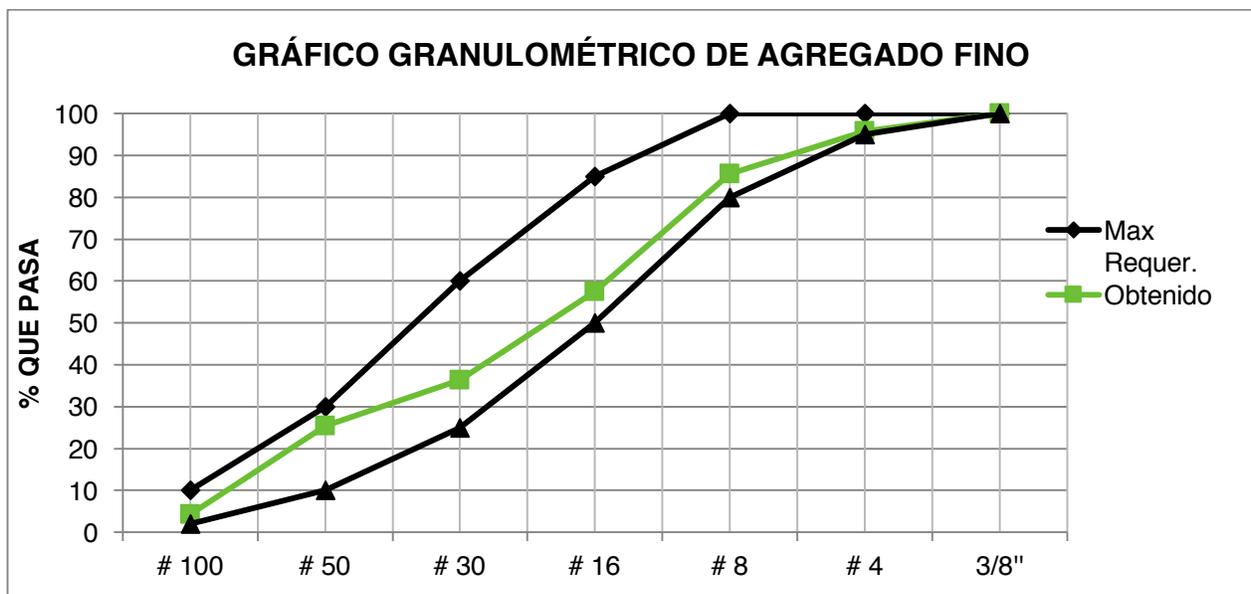


Figura 39. Gráfico granulométrico de Arena, Tencoa, Santa Bárbara.

4.5.1.4 Granulometría de Grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara

Tabla 24. Granulometría de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.

Tamiz	Peso Reten.	% Retenido	% Que Pasa	% Que Pasa Corregido	Observaciones
2"	0		100		
1.5"	685.34	14.35	85.65	14.35	
1"	2194.2	45.95	39.70	60.30	
3/4"	1219.83	25.54	14.15	85.85	
1/2"	589.67	12.35	1.81	98.19	
3/8"	68.62	1.44	0.37	99.63	
# 4	0	0.00	0.37	99.63	
# 8	0	0.00	0.37	99.63	
# 16	0	0.00	0.37	99.63	
# 30	0	0.00	0.37	99.63	
# 50	0	0.00	0.37	99.63	
# 100	0	0.00	0.37	99.63	
# 200	0	0.00	0.37		
FONDO	17.63	0.37		797.61	
TOTAL	4775.29	100.00		7.98	MF

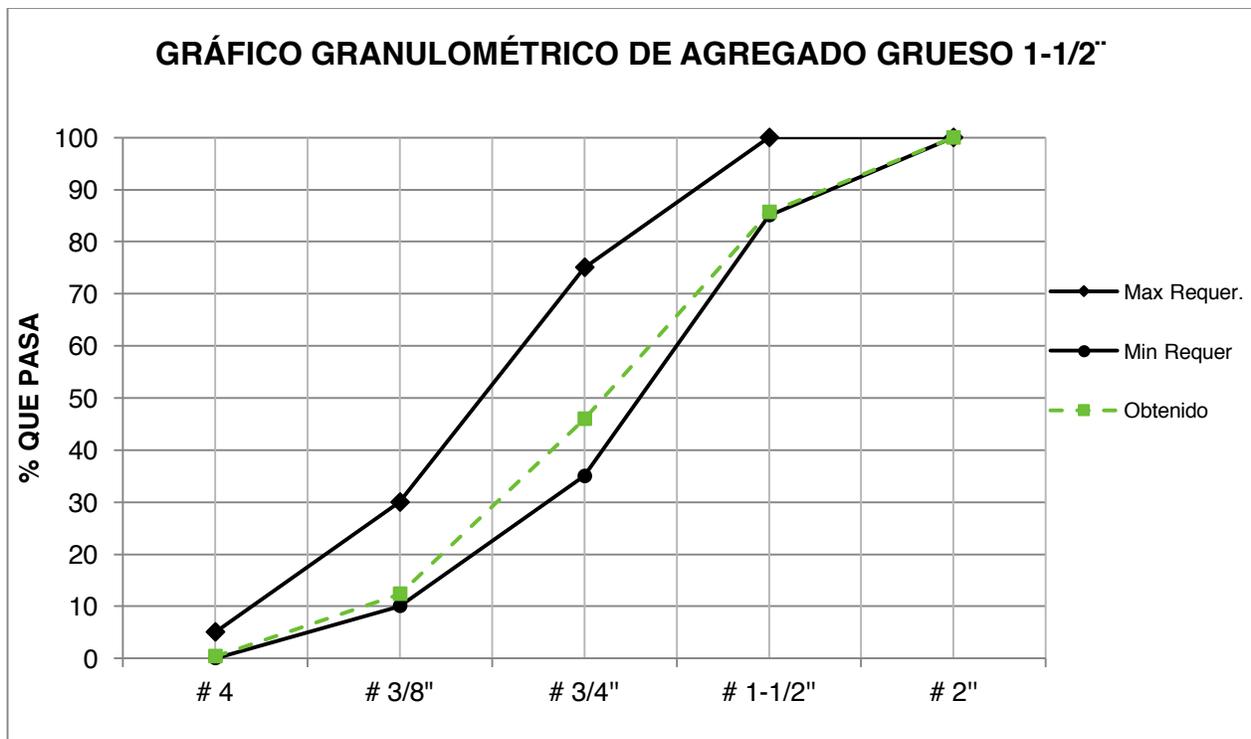


Figura 40. Gráfico granulométrico de Grava, Gualala, Santa Bárbara.

4.5.1.5 Granulometría de Grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara

Tabla 25. Granulometría de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.

Tamiz	Peso Reten.	% Retenido	% Que Pasa	% Que Pasa Corregido	Observaciones
2"	0.00		100		
1.5"	0.00	0.00	100.00	0.00	
1"	1,596.49	46.80	53.20	46.80	
3/4"	1,507.17	44.18	9.01	90.99	
1/2"	294.33	8.63	0.38	99.62	
3/8"	4.16	0.12	0.26	99.74	
# 4	0.00	0.00	0.26	99.74	
# 8	0.00	0.00	0.26	99.74	
# 16	0.00	0.00	0.26	99.74	
# 30	0.00	0.00	0.26	99.74	
# 50	0.00	0.00	0.26	99.74	
# 100	0.00	0.00	0.26	99.74	
# 200	0.00	0.00	0.26		
FONDO	8.90	0.26		789.16	
TOTAL	3,411.05	100.00		7.89	MF

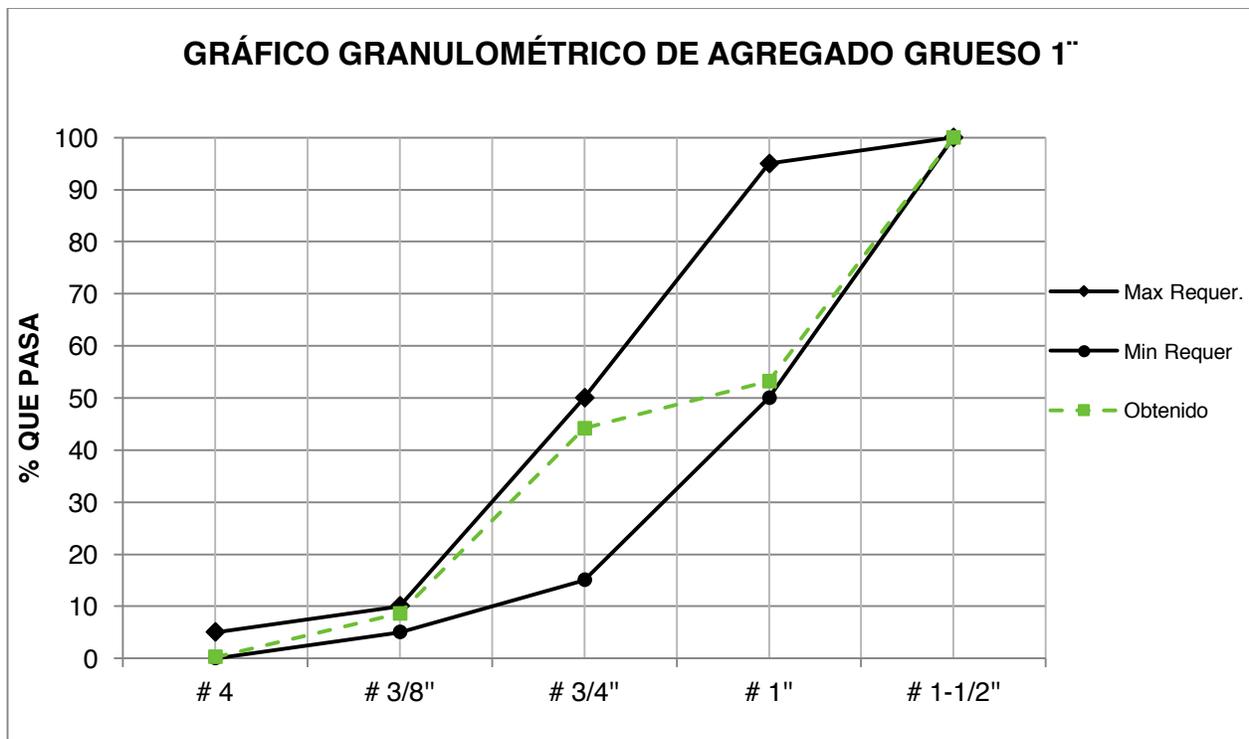


Figura 41. Gráfico granulométrico de Grava, Ilama, Santa Bárbara.

4.5.2 Peso volumétrico de los agregados

4.5.2.1 Peso volumétrico de Arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara

Tabla 26. Peso volumétrico de arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara.

PESO VOL COMPACT.			PESO VOL SUELTO		
No.	Peso		No.	Peso	
1	101.74		1	89.19	
2	101.74		2	90.25	
3			3		
Promedio	101.74	lb/pie3	Promedio	89.72	lb/pie3

PESO VOL COMPACTADO (Kg/m3)	1,628.21
PESO VOL SUELTO (Kg/m3)	1,435.85

4.5.2.2 Peso volumétrico de Arena proveniente de Ilama, Santa Bárbara

Tabla 27. Peso volumétrico de arena proveniente de Ilama, Santa Bárbara.

PESO VOL COMPACT.			PESO VOL SUELTO		
No.	Peso		No.	Peso	
1	107.16		1	96.82	
2	108.69		2	95.19	
3			3		
Promedio	107.93	lb/pie3	Promedio	96.01	lb/pie3

PESO VOL COMPACTADO (Kg/m3)	1,727.19
PESO VOL SUELTO (Kg/m3)	1,536.43

4.5.2.3 Peso volumétrico de Arena proveniente de Tencoa, Santa Bárbara

Tabla 28. Peso volumétrico de arena proveniente de Tencoa, Santa Bárbara.

PESO VOL COMPACT.	
No.	Peso
1	92.73
2	92.82
3	
Promedio	92.78

lb/pie3

PESO VOL SUELTO	
No.	Peso
1	78.93
2	80.03
3	
Promedio	79.48

lb/pie3

PESO VOL COMPACTADO (Kg/m3)	1,484.74
PESO VOL SUELTO (Kg/m3)	1,271.97

4.5.2.4 Peso volumétrico de Grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara

Tabla 29. Peso volumétrico de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.

PESO VOL COMPACT.	
No.	Peso
1	97.08
2	97.66
3	
Promedio	97.37

lb/pie3

PESO VOL SUELTO	
No.	Peso
1	91.88
2	93.42
3	
Promedio	92.65

lb/pie3

PESO VOL COMPACTADO (Kg/m3)	1,558.27
PESO VOL SUELTO (Kg/m3)	1,482.74

4.5.2.5 Peso volumétrico de Grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara

Tabla 30. Peso volumétrico de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.

PESO VOL COMPACT.			PESO VOL SUELTO		
No.	Peso		No.	Peso	
1	92.87		1	86.24	
2	92.39		2	85.72	
3			3		
Promedio	92.63	lb/pie ³	Promedio	85.98	lb/pie ³

PESO VOL COMPACTADO (Kg/m ³)	1,484.13
PESO VOL SUELTO (Kg/m ³)	1,375.99

4.5.3 Peso específico y absorción de los agregados

4.5.3.1 Peso específico y absorción Arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara

Tabla 31. Peso específico de arena proveniente de Gualala, Santa Bárbara.

A (muestra seca al horno)	485.23
B (picnómetro+agua)	1,151.72
C (picnómetro+agua+sss)	1,459.95
S (muestra saturada seca)	500.00
GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.61
ABSORCIÓN	3.04%

4.5.3.2 Peso específico y absorción Arena proveniente de Ilima, Santa Bárbara

Tabla 32. Peso específico de arena proveniente de Ilima, Santa Bárbara.

A (muestra seca al horno)	480.43
B (picnómetro+agua)	1,164.20
C (picnómetro+agua+sss)	1,462.97
S (muestra saturada seca)	500.00
GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.48
ABSORCIÓN	4.07%

4.5.3.3 Peso específico y absorción Arena proveniente de Tencoa, Santa Bárbara

Tabla 33. Peso específico de arena proveniente de Tencoa, Santa Bárbara.

A (muestra seca al horno)	485.64
B (picnómetro+agua)	1,184.72
C (picnómetro+agua+sss)	1,481.81
S (muestra saturada seca)	500.00
GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.46
ABSORCIÓN	2.96%

4.5.3.4 Peso específico y absorción Grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara

Tabla 34. Peso específico de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.

A (muestra seca al horno)	489.21
B (muestra saturada seca)	500.97
C (muestra sumergida)	308.94
GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.61
ABSORCIÓN	2.40%

4.5.3.5 Peso específico y absorción Arena proveniente de Ilama, Santa Bárbara

Tabla 35. Peso específico de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.

A (muestra seca al horno)	493.67
B (muestra saturada seca)	500.90
C (muestra sumergida)	312.36
GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.66
ABSORCIÓN	1.46%

4.5.4 Resistencia al desgaste del agregado grueso

Tabla 36. Resistencia al desgaste de grava proveniente de Gualala, Santa Bárbara.

Peso Original (gr)	5,001.93
Peso Retenido #12 (gr)	4,341.95
% Desgaste	13.19%
Clasificación	Excelente

Tabla 37. Resistencia al desgaste de grava proveniente de Ilama, Santa Bárbara.

Peso Original (gr)	5,006.67
Peso Retenido #12 (gr)	4,242.01
% Desgaste	15.27%
Clasificación	Excelente

4.5.5 Diseño de hormigón con normas ACI

4.5.5.1 Diseño hormigón 3,000 PSI, arena Gualala-grava Gualala

Tabla 38. Diseño de hormigón 3,000 PSI, arena Gualala-grava Gualala, Santa Bárbara.

	Peso	Unidades		Volumen	Proporción peso	Prop. por volumen	Cantidad peso por cilindro
Cantidad de bolsas de cemento(42.5 kg)	301.613	Kg/m3	Sacos	7.1	1.00	1.00	4.56
Agregados finos, Arena	936.268	Kg/m3	M3	0.65	3.10	3.14	14.15
Agregados gruesos, Grava	891.332	Kg/m3	M3	0.60	2.96	3.09	13.47
Requerimiento neto de agua p/agregar	187.000	Li/m3	Gal	49.41	6.96	6.96	2.83

4.5.5.2 Diseño hormigón 3,000 PSI, arena Ilama-grava Gualala

Tabla 39. Diseño de hormigón 3,000 PSI, arena Ilama-grava Gualala, Santa Bárbara.

	Peso	Unidades		Volumen	Proporción peso	Prop. por volumen	Cantidad peso por cilindro
Cantidad de bolsas de cemento(42.5 kg)	301.613	Kg/m3	Sacos	7.1	1.00	1.00	5.41
Agregados finos, Arena	855.149	Kg/m3	M3	0.56	2.84	2.87	12.45
Agregados gruesos, Grava	930.289	Kg/m3	M3	0.63	3.08	3.01	14.27
Requerimiento neto de agua p/agregar	187.000	Li/m3	Gal	49.41	6.96	6.96	2.87

4.5.5.3 Diseño hormigón 3,000 PSI, arena Tencoa-grava Gualala

Tabla 40. Diseño de hormigón 3,000 PSI, arena Tencoa-grava Gualala, Santa Bárbara.

	Peso	Unidades		Volumen	Proporción peso	Prop. por volumen	Cantidad peso por cilindro
Cantidad de bolsas de cemento(42.5 kg)	301.61	Kg/m3	Sacos	7.1	1.00	1.00	5.42
Agregados finos, Arena	831.88	Kg/m3	M3	0.65	2.76	2.79	12.13
Agregados gruesos, Grava	947.43	Kg/m3	M3	0.64	3.14	3.71	14.57
Requerimiento neto de agua p/agregar	187.00	Li/m3	Gal	49.41	6.96	6.96	2.88

4.5.5.4 Diseño hormigón 4,000 PSI, arena Gualala-grava Ilama

Tabla 41. Diseño de hormigón 4,000 PSI, arena Gualala-grava Ilama, Santa Bárbara.

	Peso	Unidades		Volumen	Proporción peso	Prop. por volumen	Cantidad peso por cilindro
Cantidad de bolsas de cemento(42.5 kg)	381.132	Kg/m3	Sacos	9.0	1.00	1.00	5.80
Agregados finos, Arena	974.329	Kg/m3	M3	0.68	2.56	2.79	14.82
Agregados gruesos, Grava	744.173	Kg/m3	M3	0.54	1.95	2.04	11.32
Requerimiento neto de agua p/agregar	202.000	Li/m3	Gal	53.37	5.95	5.95	3.07

4.5.5.5 Diseño hormigón 4,000 PSI, arena Ilima-grava Ilima

Tabla 42. Diseño de hormigón 4,000 PSI, arena Ilima-grava Ilima, Santa Bárbara.

	Peso	Unidades		Volumen	Proporción peso	Prop. por volumen	Cantidad peso por cilindro
Cantidad de bolsas de cemento(42.5 kg)	381.132	Kg/m3	Sacos	9.0	1.00	1.00	5.91
Agregados finos, Arena	927.720	Kg/m3	M3	0.60	2.43	2.66	14.39
Agregados gruesos, Grava	745.033	Kg/m3	M3	0.54	1.95	1.91	11.56
Requerimiento neto de agua p/agregar	202.000	Li/m3	Gal	53.37	5.95	5.95	3.13

4.5.5.6 Diseño hormigón 4,000 PSI, arena Tenco-grava Ilima

Tabla 43. Diseño de hormigón 4,000 PSI, arena Tenco-grava Ilima, Santa Bárbara.

	Peso	Unidades		Volumen	Proporción peso	Prop. por volumen	Cantidad peso por cilindro
Cantidad de bolsas de cemento(42.5 kg)	381.132	Kg/m3	Sacos	9.0	1.00	1.00	5.94
Agregados finos, Arena	945.226	Kg/m3	M3	0.74	2.48	3.01	14.73
Agregados gruesos, Grava	717.878	Kg/m3	M3	0.58	1.88	2.22	11.19
Requerimiento neto de agua p/agregar	202.000	Li/m3	Gal	53.37	5.95	5.95	3.15

4.6 Resultados experimentales de los ensayos de laboratorio

4.6.1 Resultados de la resistencia de cilindros a 7 días en base a la procedencia de Arena

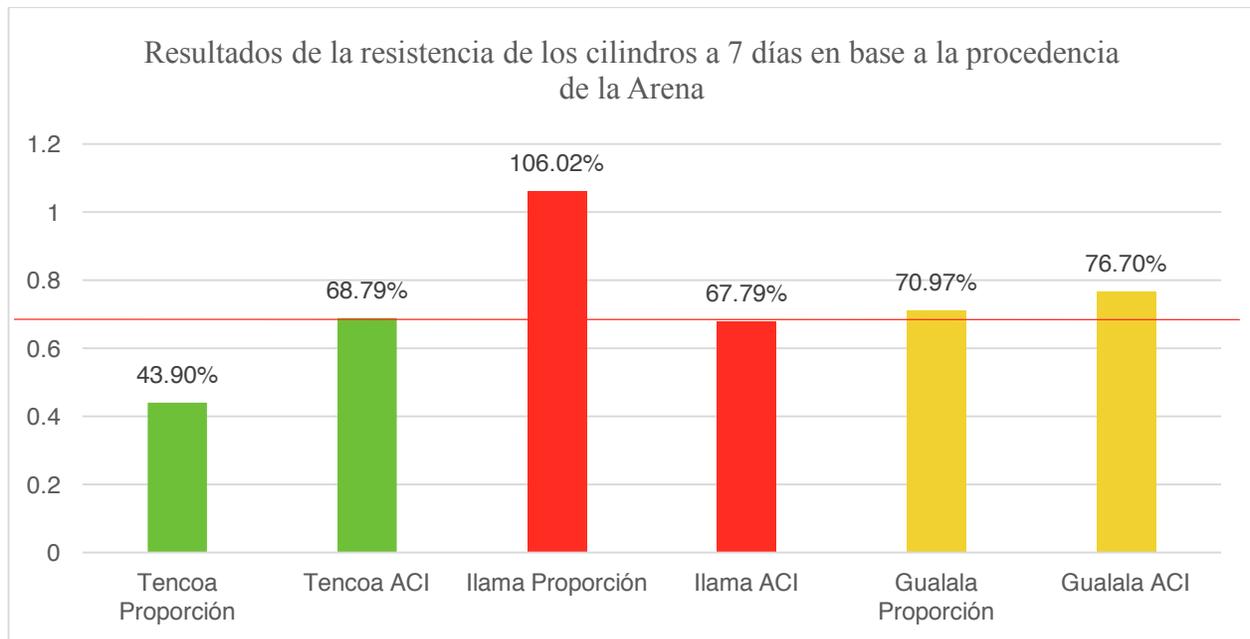


Figura 42. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 7 días, Arena.

4.6.2 Resultados de la resistencia de cilindros a 7 días en base a la procedencia de Grava

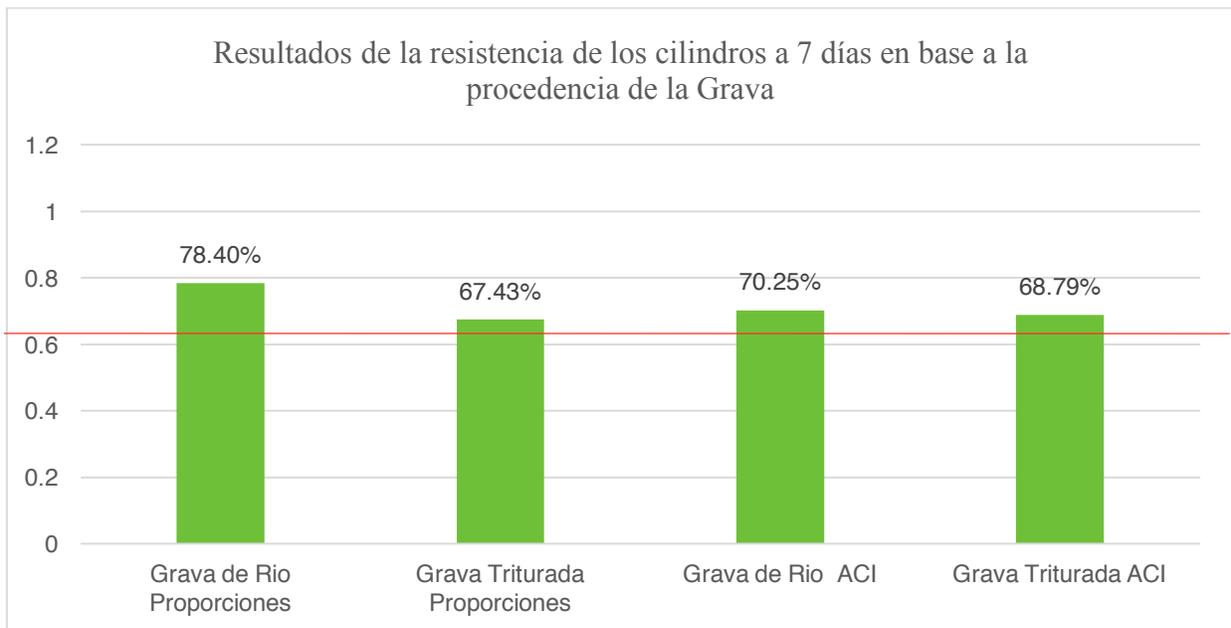


Figura 43. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 7 días, Grava.

4.6.3 Resultados de la resistencia de cilindros a 7 días en base a la limpieza de agregados

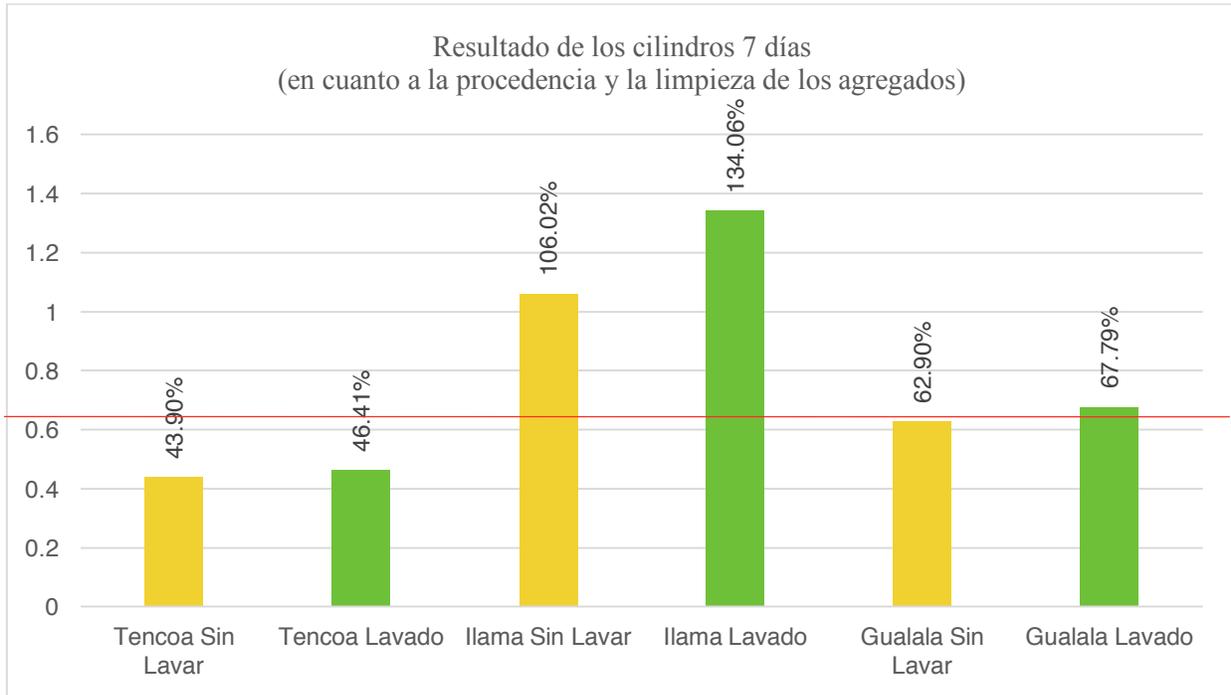


Figura 44. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 7 días, limpieza.

4.6.4 Resultados de la resistencia a 7 días en base a la relación agua-cemento

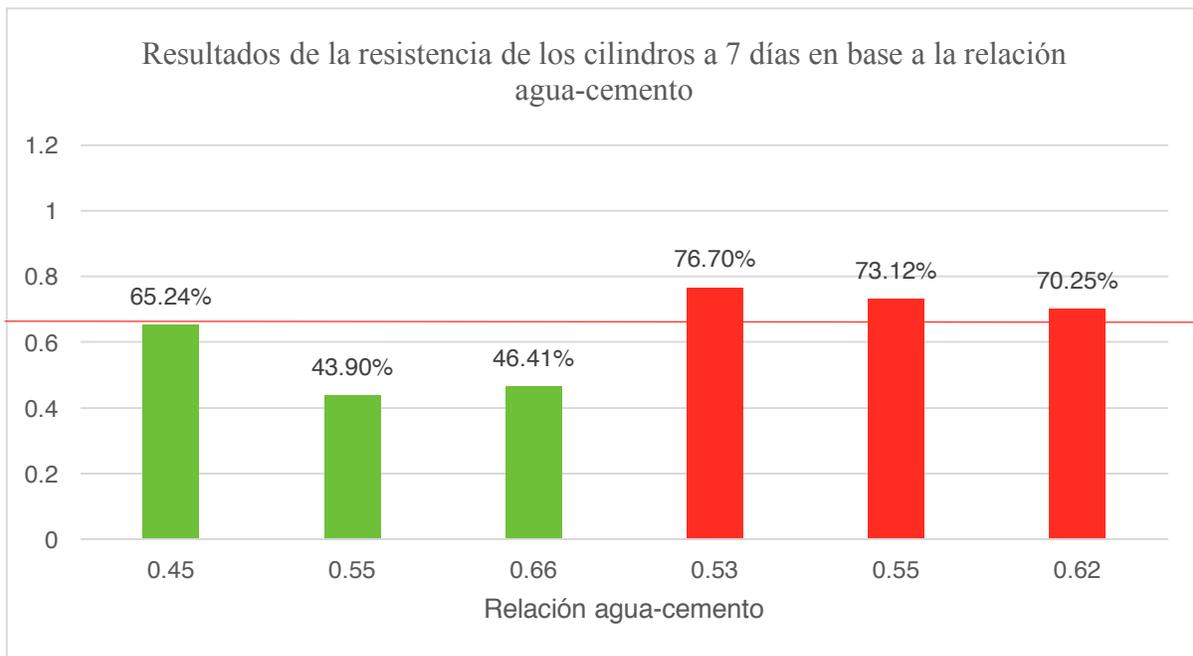


Figura 45. Comparativo en base a relación agua-cemento, 7 días.

4.6.5 Resultados de la resistencia al desgaste del agregado grueso (% de desgaste)

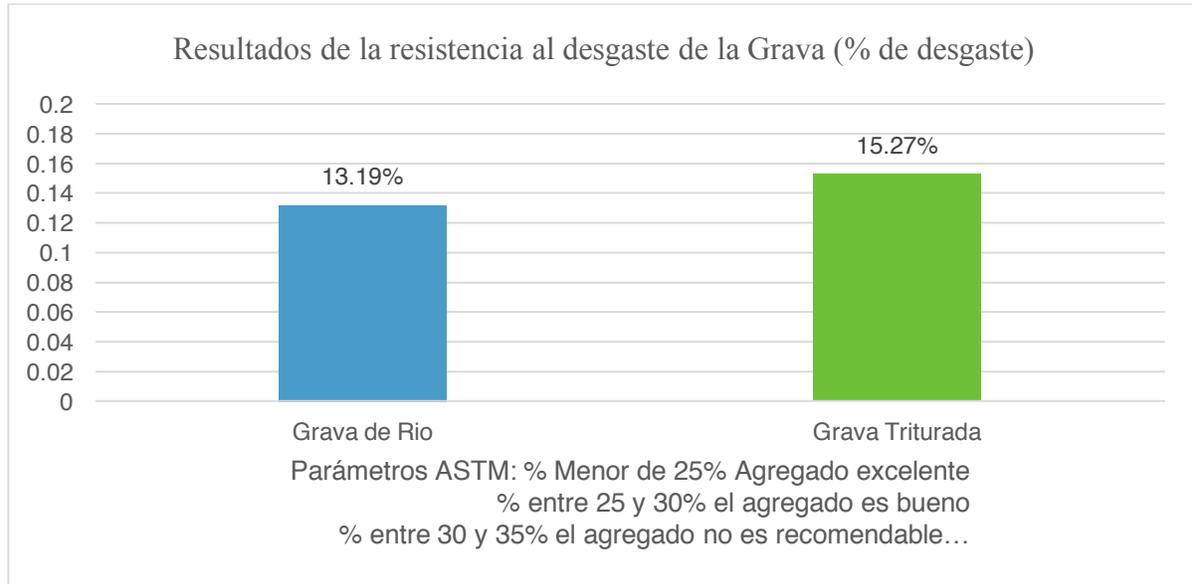


Figura 46. Gráfico resultados resistencia al desgaste del agregado grueso (% de desgaste).

4.6.6 Comparación de costos del hormigón, por la procedencia del agregado grueso

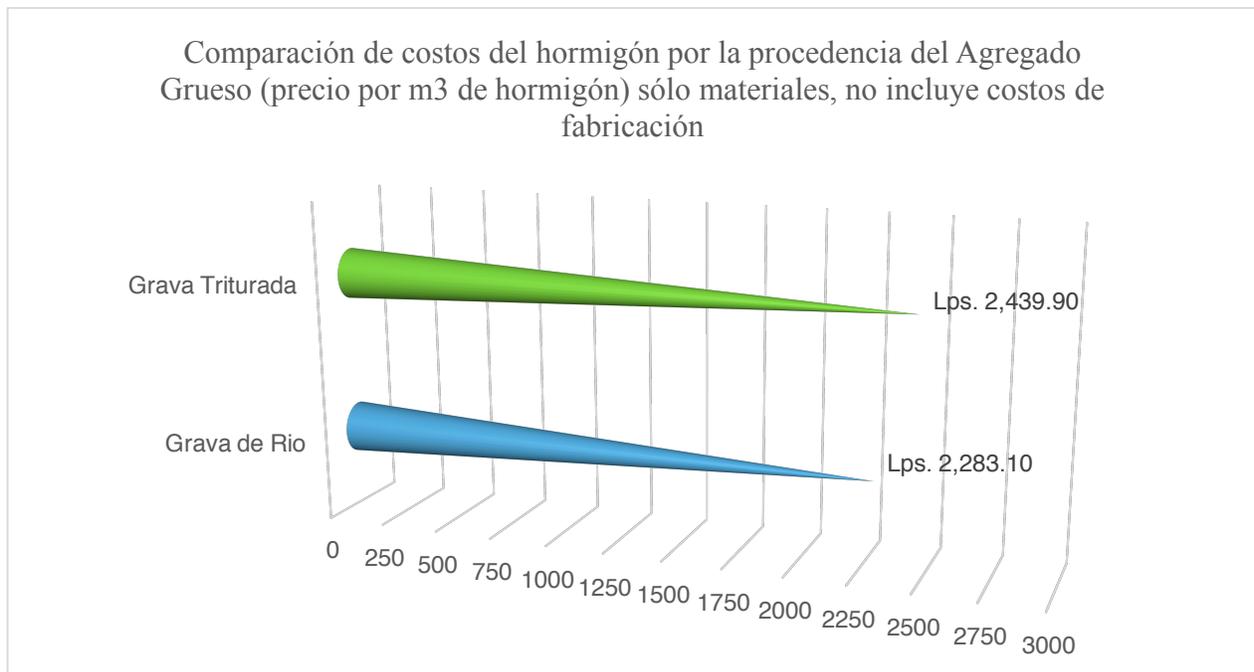


Figura 47. Comparativo de costos del hormigón, por la procedencia del agregado grueso.

4.6.7 Resultados de resistencia de cilindros a 14 días en base a la procedencia de Arena

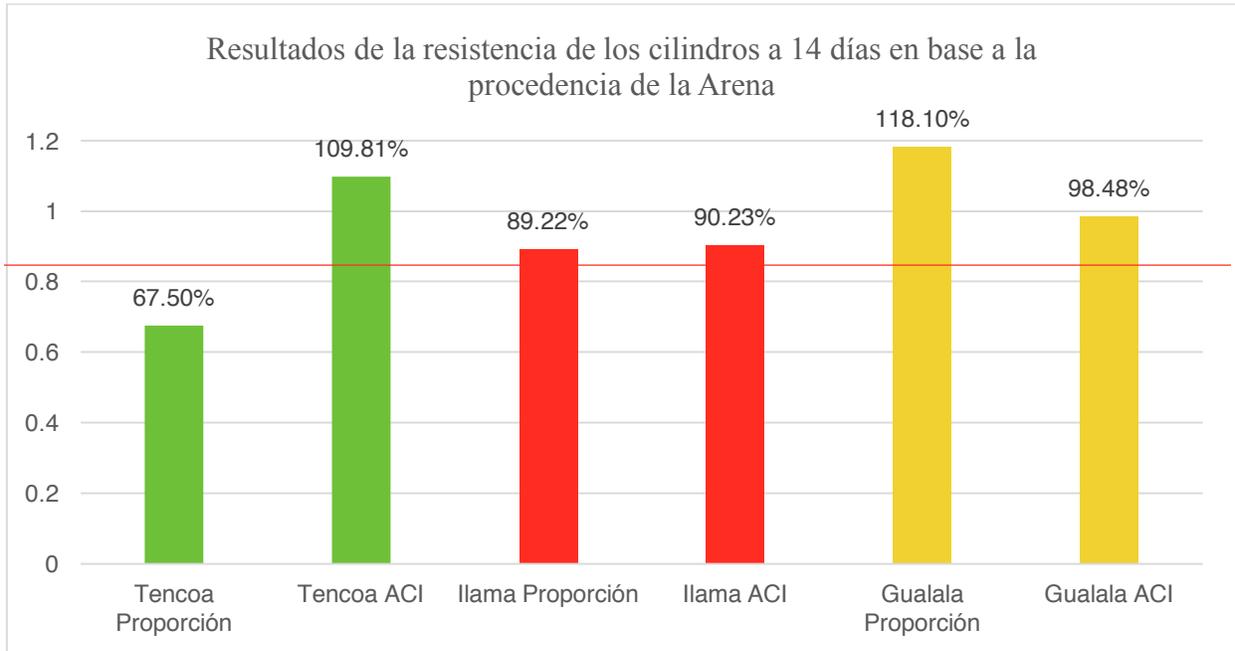


Figura 48. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 14 días, Arena.

4.6.8 Resultados de resistencia de cilindros a 14 días en base a la procedencia de Grava

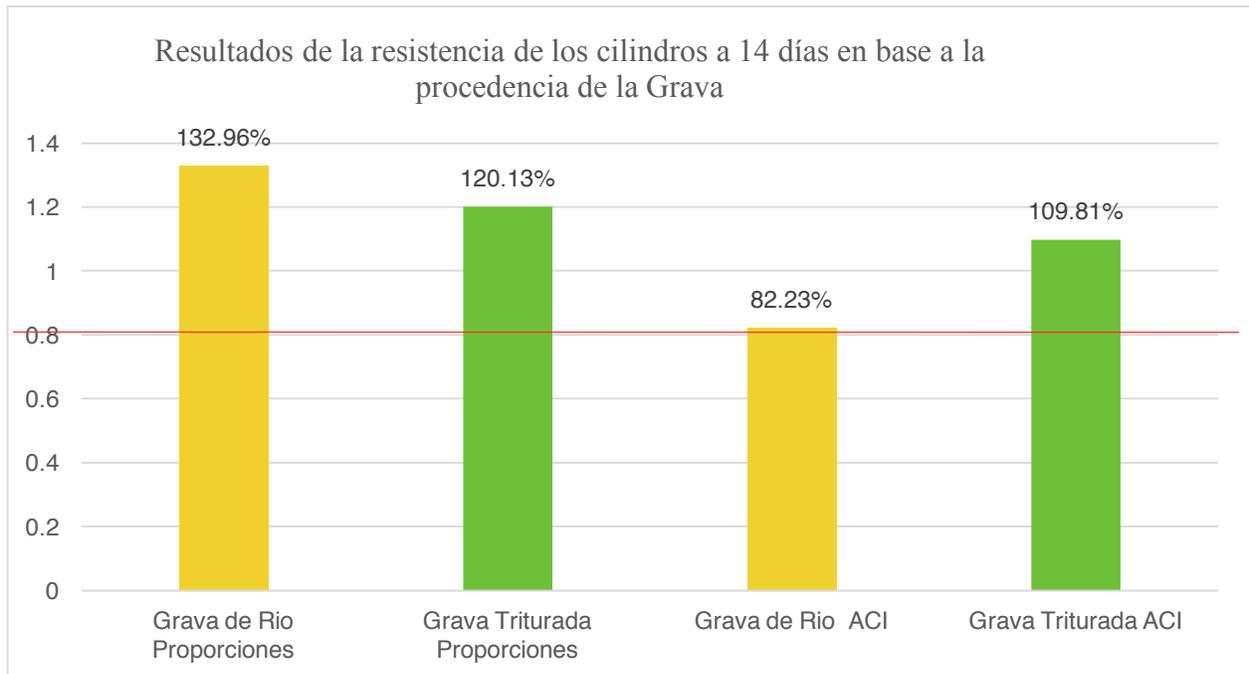


Figura 49. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 14 días, Grava.

4.6.9 Resultados de resistencia de cilindros a 14 días en base a la limpieza de agregados

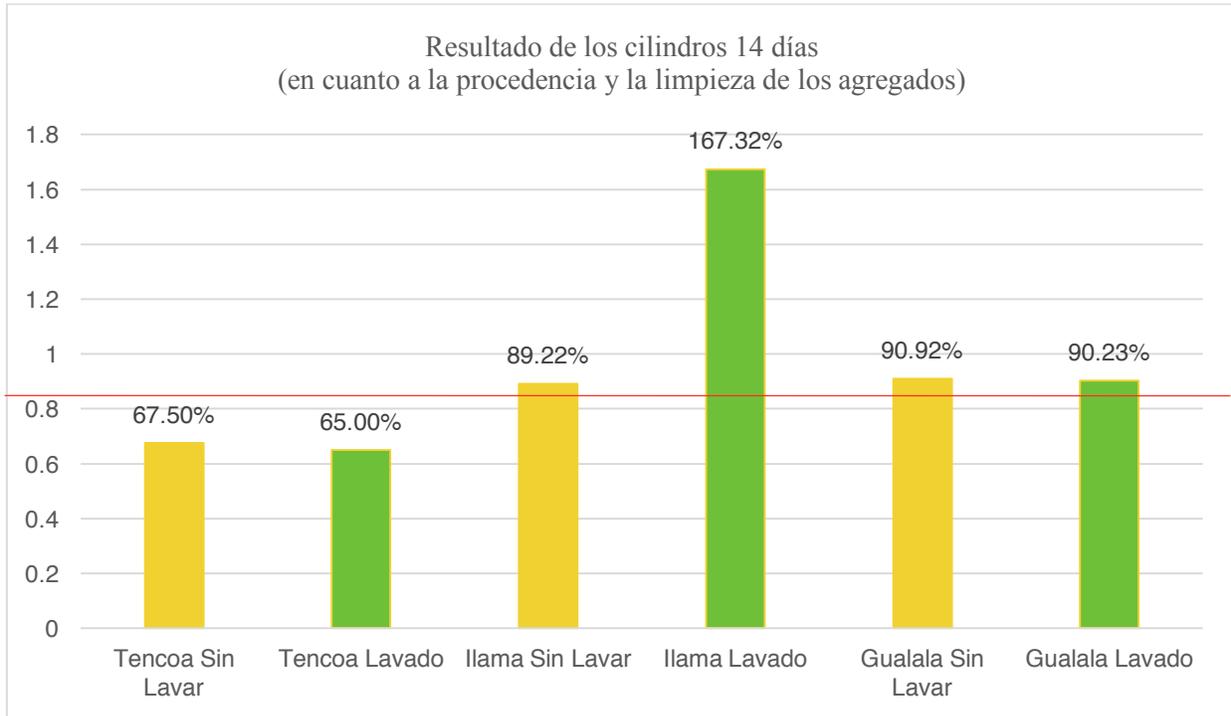


Figura 50. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 14 días, limpieza.

4.6.10 Resultados de la resistencia a 14 días en base a la relación agua-cemento

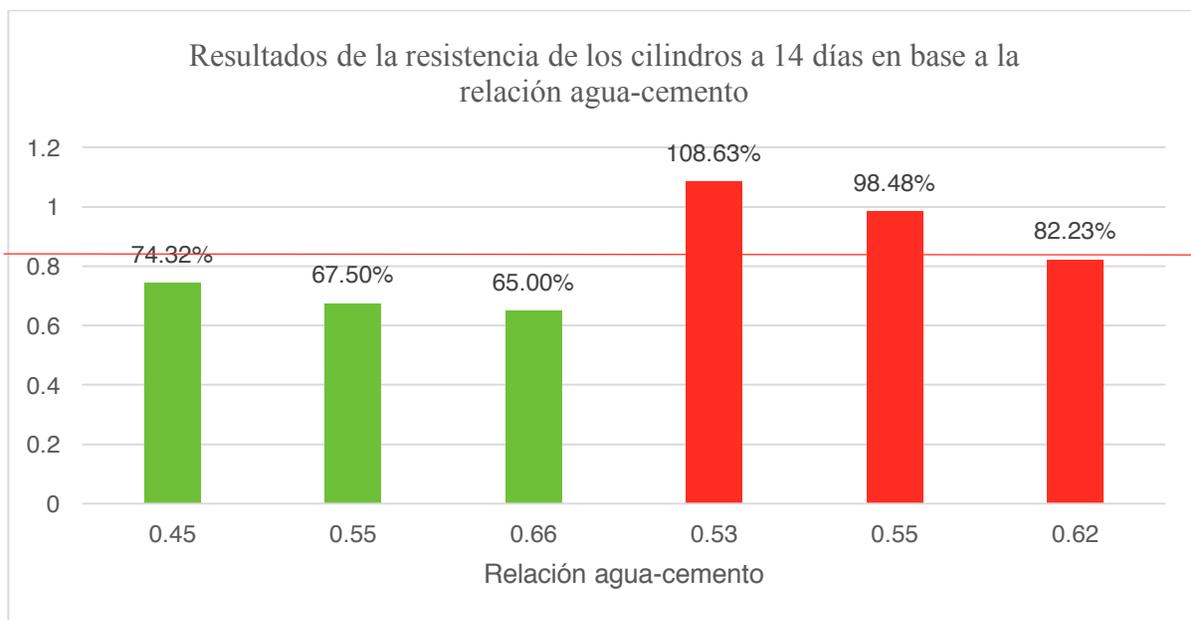


Figura 51. Comparativo en base a relación agua-cemento, 14 días.

4.6.11 Resultados en cuanto a la resistencia 28 días en base a proporciones

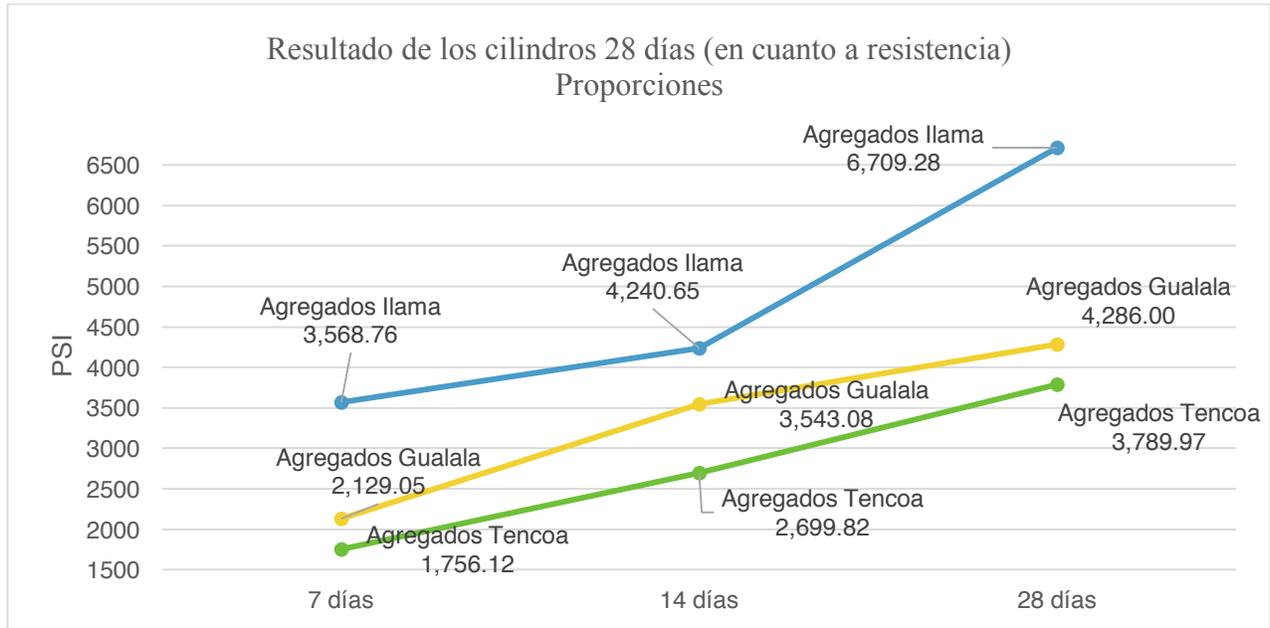


Figura 52. Gráfico resultados en cuanto a la resistencia a 28 días, Proporciones.

4.6.12 Resultados en cuanto a la resistencia 28 días en base a Diseño ACI

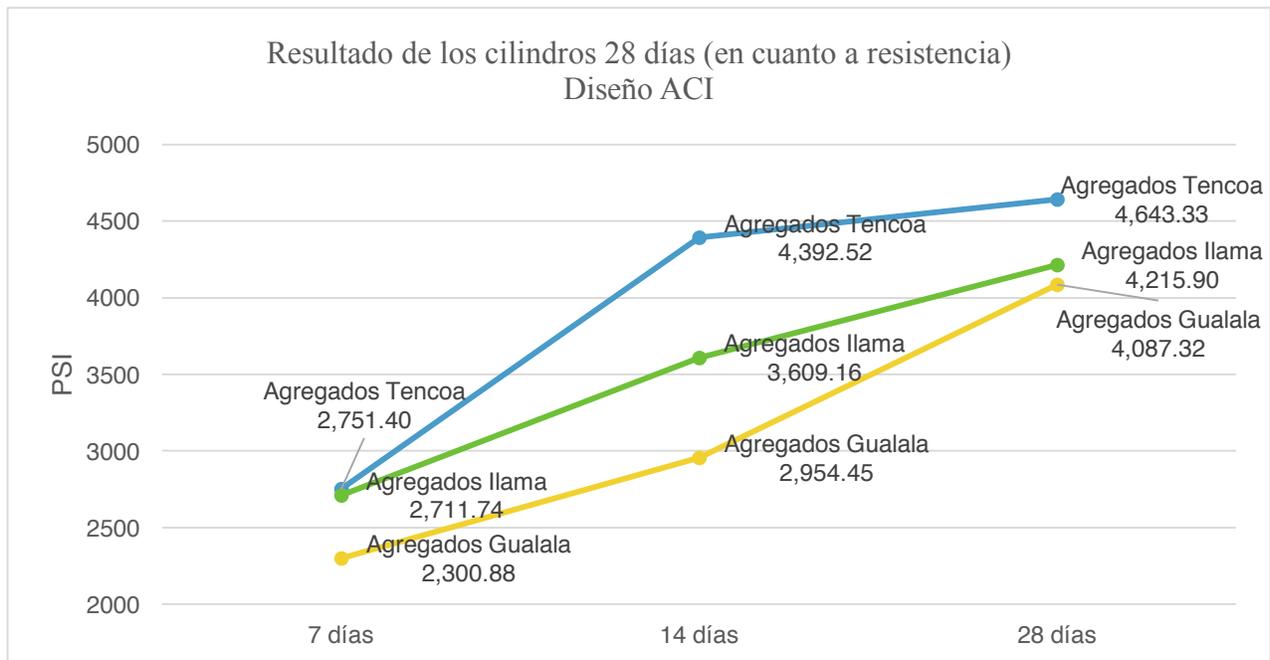


Figura 53. Gráfico resultados en cuanto a la resistencia a 28 días, Diseño ACI.

4.6.13 Resultados de resistencia de cilindros a 28 días en base a la procedencia de Arena

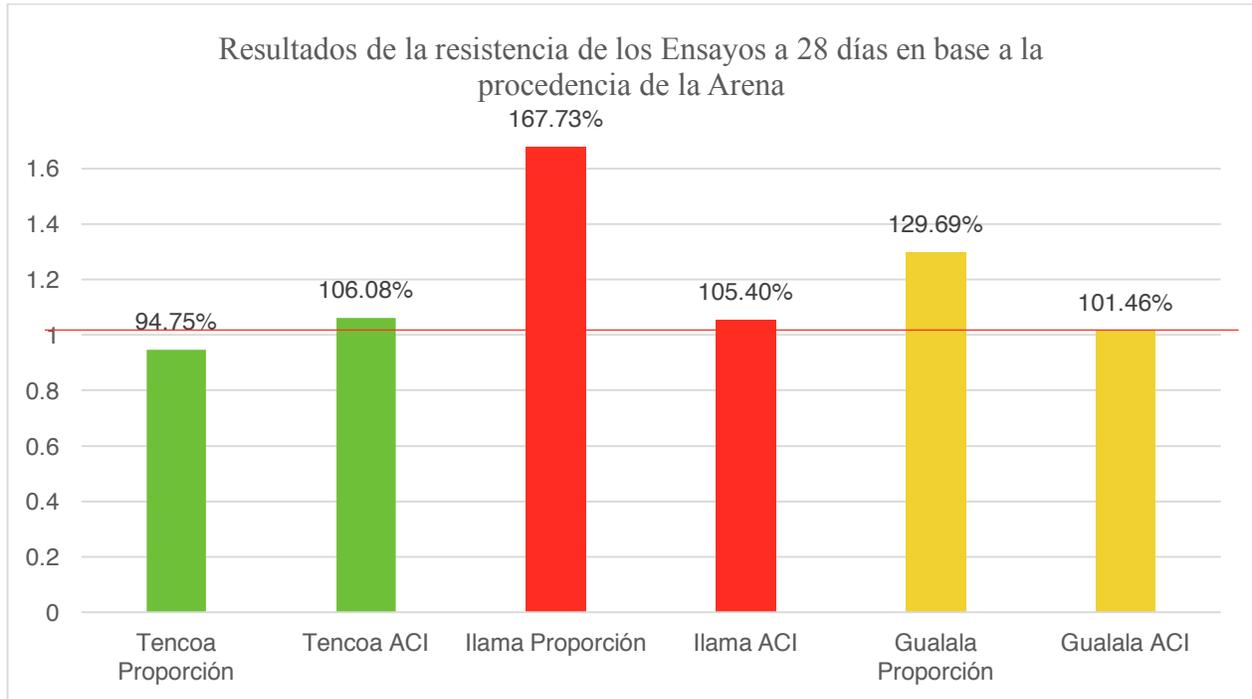


Figura 54. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 28 días, Arena.

4.6.14 Resultados de resistencia de cilindros a 28 días en base a la procedencia de Grava

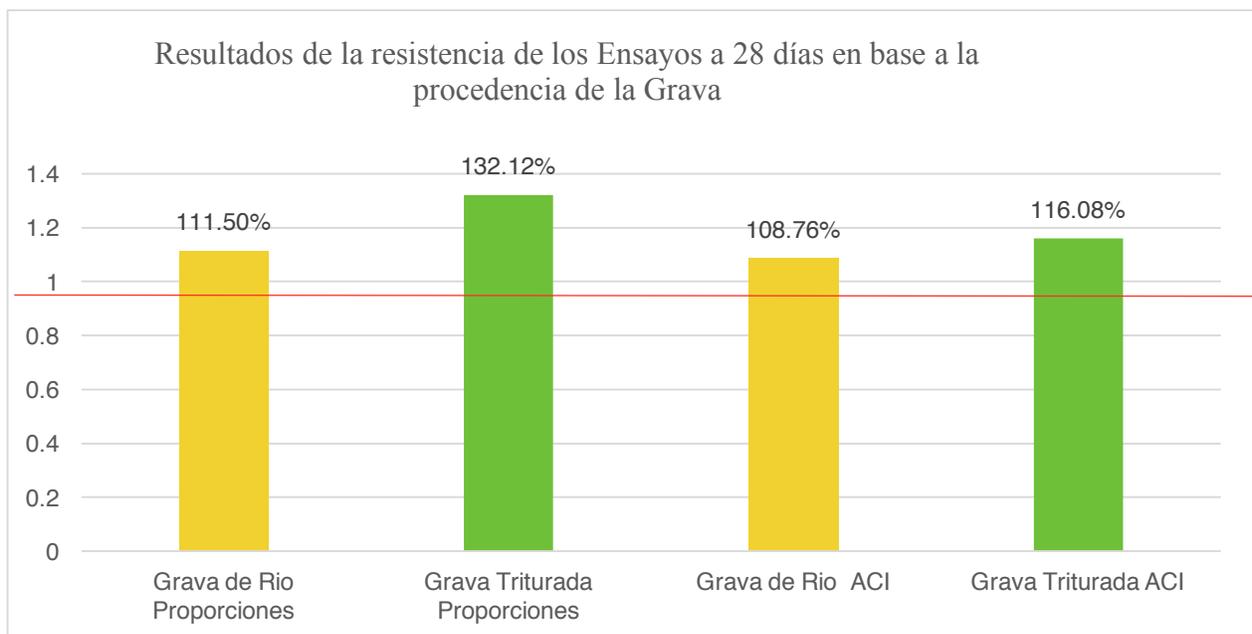


Figura 55. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 28 días, Grava.

4.6.15 Resultados de resistencia cilindros a 28 días en base a la limpieza de agregados

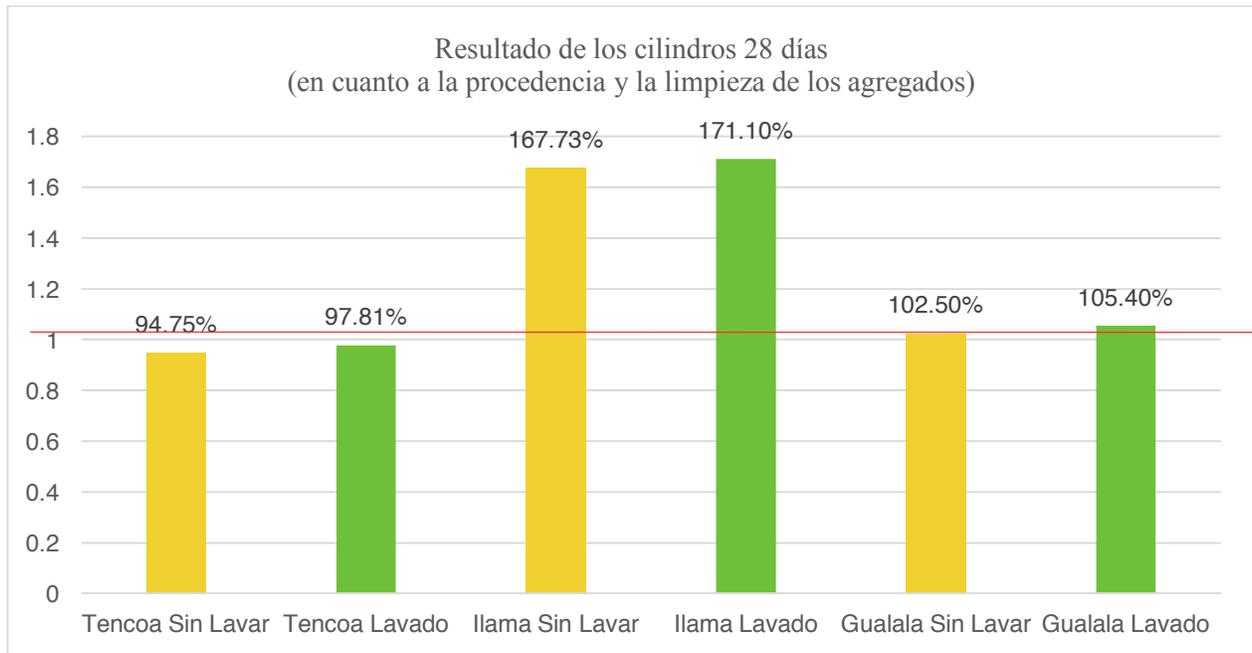


Figura 56. Gráfico resultados de la resistencia de los cilindros a 28 días, limpieza.

4.6.16 Resultados de la resistencia a 28 días en base a la relación agua-cemento

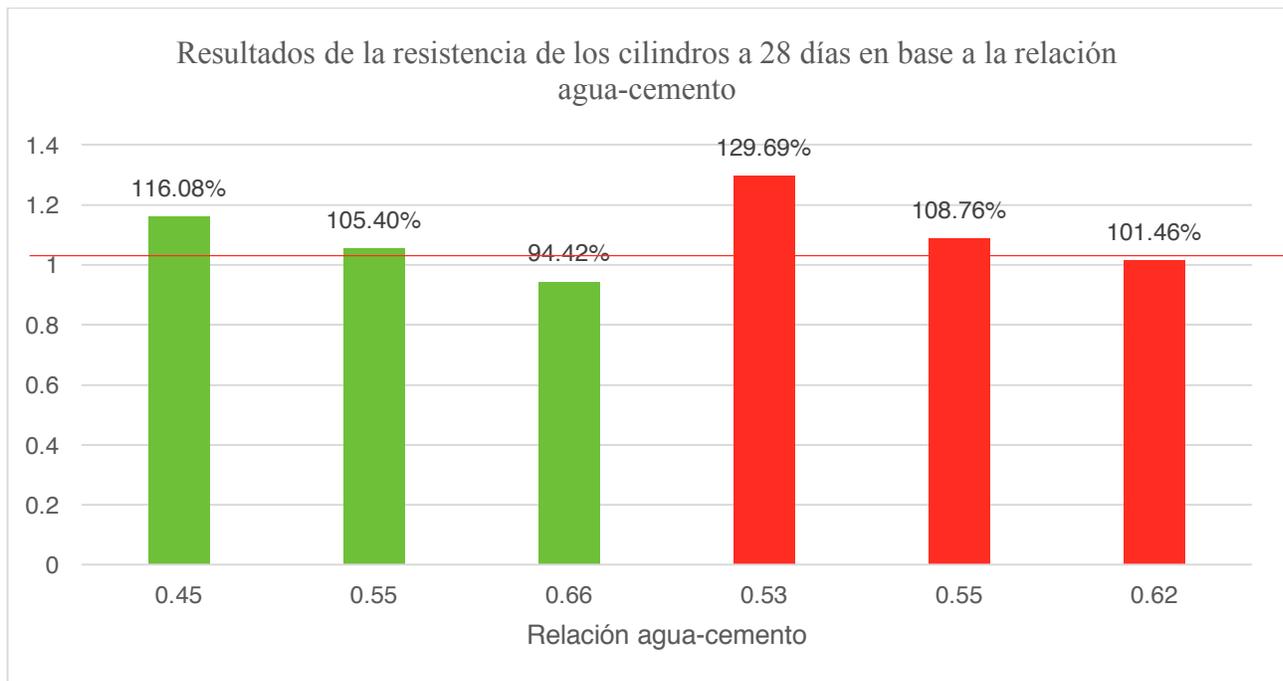


Figura 57. Comparativo en base a relación agua-cemento, 28 días.

4.7 Análisis estadístico de los resultados de los ensayos de laboratorio

Tabla 44. Análisis estadístico, de los resultados en cuanto a proporciones a 28 días.

Procedencia de los Agregados	Resistencia a los 28 días (PSI)
Agregados Tencoá	3,789.97
Agregados Ilama	6,709.28
Agregados Gualala	4,286.00

Descripción	Valor
Media	4,928.42
Moda	6,709.28
Mediana	4,286.00
Desviación estándar	1,562.09
Varianza	2,440,117.10
Coefficiente de variación	31.70%

Tabla 45. Análisis estadístico, de los resultados en cuanto a Diseño ACI a 28 días.

Procedencia de los Agregados	Resistencia a los 28 días (PSI)
Agregados Tencoá	4,643.33
Agregados Ilama	4,215.90
Agregados Gualala	4,087.32

Descripción	Valor
Media	4,315.52
Moda	4,643.33
Mediana	4,215.90
Desviación estándar	291.08
Varianza	84,729.39
Coefficiente de variación	6.75%

Tabla 46. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la procedencia de Arena.

Procedencia de los Agregados	Resistencia a los 28 días (PSI)
Tenoca Proporción	3,789.97
Tenoca ACI	4,243.20
Ilama Proporción	6,709.28
Ilama ACI	4,215.90
Gualala Proporción	3,890.76
Gualala ACI	3,043.89

Descripción	Valor
Media	4,315.50
Moda	6,709.28
Mediana	4,053.33
Desviación estándar	1,250.51
Varianza	1,563,781.60
Coefficiente de variación	28.98%

Tabla 47. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la procedencia de Grava.

Procedencia de los Agregados	Resistencia a los 28 días (PSI)
Grava de Rio Proporciones	4,459.89
Grava Triturada Proporciones	5,284.68
Grava de Rio ACI	4,350.36
Grava Triturada ACI	4,643.33

Descripción	Valor
Media	4,684.57
Moda	5,284.68
Mediana	4,551.61
Desviación estándar	417.94
Varianza	174,670.06
Coefficiente de variación	8.92%

Tabla 48. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la limpieza de los agregados.

Procedencia de los Agregados	Resistencia a los 28 días (PSI)
Tenchoa Proporción	3,789.97
Tenchoa ACI	3,912.30
Ilama Proporción	6,709.28
Ilama ACI	6,843.80
Gualala Proporción	4,099.88
Gualala ACI	4,215.90

Descripción	Valor
Media	4,928.52
Moda	6,843.80
Mediana	4,157.89
Desviación estándar	1,439.64
Varianza	2,072,574.87
Coefficiente de variación	29.21%

Tabla 49. Análisis estadístico, de los resultados de la resistencia a 28 días en base a la relación agua-cemento.

Relación agua-cemento	Resistencia a los 28 días (PSI)
Relación de 0.45	4,643.33
Relación de 0.55	4,215.90
Relación de 0.66	3,776.97
Relación de 0.53	5,187.68
Relación de 0.55	4,350.36
Relación de 0.62	4,058.52

Descripción	Valor
Media	4,372.13
Moda	5,187.68
Mediana	4,283.13
Desviación estándar	493.18
Varianza	243,223.93
Coefficiente de variación	11.28%

4.8 Propuesta

4.8.1 Plan de acción para facilitar el conocimiento de las propiedades de los agregados

4.8.2 Introducción

4.8.3 Descripción de la propuesta

4.8.3.1 Conocimiento del tipo de obra a ejecutar y las resistencias especificadas

4.8.3.2 Proceso de selección de los agregados finos y gruesos

4.8.3.3 Análisis por medio de ensayos de laboratorio

4.8.3.4 Escogencia de la relación agua-cemento a utilizar

4.8.3.5 Diseño de mezclas de hormigón

4.8.3.6 Fabricación del hormigón diseñado

4.8.3.7 Pruebas de verificación de la calidad

4.8.4 Presupuesto

4.8.5 Cronograma de ejecución

4.8.2 Introducción

La propuesta que se presentó como solución pretende establecer un plan de acción como documento técnico, que le ayude a los ingenieros civiles a poder tomar una mejor decisión, cuando dependa de Él, al momento de realizar hormigón, con el objetivo de que se obtengan las resistencias diseñadas por los ingenieros y que la calidad en las obras se cumpla.

Dicho documento técnico contiene la descripción de los pasos a seguir al momento de elaborar hormigón, desde la selección de los agregados que se necesitan para fabricar el hormigón, hasta la dosificación necesaria para obtener un diseño de mezcla del hormigón que cumpla con los

requerimientos especificados para una obra en particular. Este documento describe los tipos de ensayos necesarios en base a normas ASTM para caracterizar los agregados y lograr las propiedades adecuadas para potencializar el diseño del hormigón. Establece también el método para diseñar las mezclas de hormigón con el método ACI.

Este documento técnico como plan de acción a realizar pretende otorgar a los lectores, los siguientes beneficios, cuando es aplicado:

- a. Argumentos válidos para tomar las mejores decisiones al momento de seleccionar los agregados a utilizar para la elaboración de hormigón, desde cualquier zona del país.
- b. Generar un ambiente de confiabilidad, en los resultados que se obtendrán de los ensayos o pruebas de la resistencia a la compresión del hormigón.
- c. Minimizar los costos de los materiales al momento de fabricar el hormigón, eficientando el uso de los materiales y evitar los sobre diseños innecesarios que generan mayores costos.
- d. Garantizar caracteres de competencia de los ingenieros civiles en la ejecución de obras de construcción de calidad, con el cumplimiento de las resistencias diseñadas previamente para cada proyecto.
- e. Contribuir con el país en la formación y especialización de los ingenieros civiles, dando un paso en el tema de la fabricación del hormigón.
- f. Reducir las demandas o reclamos en obras y administrativos por la falta de calidad en las obras en cuanto a las resistencias esperadas.

- g. Generar un ambiente de mejora continua entre el personal que corresponde a las obras, para lograr una conciencia generalizada en la calidad que se debe de mantener al momento de fabricar hormigón.

4.8.3 Descripción de la propuesta

4.8.3.1 Conocimiento del tipo de obra a ejecutar y las resistencias especificadas

Al momento de realizar una obra de construcción con hormigón debemos definir y tener claro el tipo de obra a realizar, el tipo de hormigón especificado, en la mayoría de las obras que se realizan en el país, se utiliza concreto con resistencia a la compresión de 3,000 y 4,000 PSI, por lo que dependiendo del tipo de obra, es necesario tener claro cuál resistencia a la compresión se nos solicita.

Otro aspecto que debemos definir y tener claro es la ubicación donde se realizaran las obras, considerando las inclemencias del clima, la distancia de la adquisición de los agregados, el acceso o no de hormigón premezclado o la fabricación por medio de mezcladoras, además de la disponibilidad a agua limpia y libre de contaminantes químicos.

Otro de los aspectos fundamentales para este plan de acción, es considerar en el tipo de obra a ejecutar, el revenimiento necesario para poder colar el concreto en los encofrados que se necesitaran en el transcurso de las obras.

4.8.3.2 Proceso de selección de los agregados finos y gruesos

Listos los datos del tipo de obra a ejecutar, conociendo la ubicación de la obra, la distancia hasta los bancos de material de agregados finos y gruesos, las opciones que se tienen. Podemos analizar la resistencia especificada, 3,000 o 4,000 PSI como ejemplo, podremos revisar la procedencia de los agregados que podremos utilizar, dependiendo de las opciones que tenemos cercanas a las obras.

Es importante también ver las dimensiones de los encofrados que se van a colar para poder evaluar el tamaño máximo de los agregados que deberemos utilizar, y así solicitar a nuestros proveedores de agregados puedan brindarnos el tamaño del agregado adecuado para la obra en estudio. Para el caso, cuando queremos colar encofrados para castillos, columnas, soleras, etc. de dimensiones pequeñas, sabremos que agregado grueso de dimensiones superiores a 2” provocará problemas al momento del colado y en el confinamiento del hormigón. Ya cuando hablamos de colar fundiciones macizas como losas de cimentación de espesores considerablemente grandes, podemos tener las ventajas de poder utilizar agregados de tamaño mayor, con los cuales podremos diseñar el hormigón especificado.

4.8.3.3 Análisis por medio de ensayos de laboratorio

Una vez seleccionados los agregados a utilizar para nuestra obra y conociendo los requerimientos del tipo y la calidad del proyecto, podremos proceder a realizar los exámenes de los ensayos en laboratorio, para determinar las características y propiedades de dichos agregados, y así poder realizar los diseños respectivos. Para determinar estas propiedades físico-mecánicas se recomienda realizar, en base a normas ASTM, los siguientes ensayos:

- a. Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos
- b. Peso específico y absorción de los agregados finos y gruesos
- c. Peso volumétrico de los agregados finos y gruesos
- d. Resistencia al desgaste por medio de la máquina de Los Ángeles del agregado grueso
- e. Cantidad de Materia orgánica (colorimetría) de los agregados finos y gruesos

Cabe señalar que los ensayos anteriormente mencionados, su procedimiento se encuentra detallado en este documento técnico en la sección de procedimiento del capítulo de Metodología.

4.8.3.4 Escogencia de la relación agua-cemento a utilizar

Ya conociendo las propiedades físico-mecánicas de los agregados y antes de realizar los diseños de mezclas para el hormigón necesario, será importante escoger la relación agua-cemento que se requiera tanto para cumplir con el revenimiento solicitado para la construcción, como la posibilidad de potencializar el hormigón con dicha relación agua-cemento.

A continuación se presenta un cuadro de relación agua-cemento diseñada dependiendo de la resistencia necesaria:

Tabla 50. Relación agua-cemento para uso en diseño del hormigón.

Resistencias a los 28 días		Relación Agua-Cemento
Kg/cm ²	Psi	W/C
420	6000	0.36
350	5000	0.45
280	4000	0.53
225	3000	0.62
175	2500	0.71
140	2000	0.8
100	1500	0.89

Fuente: ACI, (2011).

Tabla 51. Relación agua-cemento, límite superior para uso en diseño del hormigón.

Resistencias a los 28 días		Relación Agua-Cemento
Kg/cm ²	Psi	W/C
		Límite superior
140	2000	0.82
175	2500	0.75
210	3000	0.68
245	3500	0.63
280	4000	0.57
315	4500	0.53
350	5000	0.48
400	5500	0.44
450	6000	0.39

Fuente: ACI, (2011).

4.8.3.5 Diseño de mezclas de hormigón

Se procede a realizar los diseños de hormigón mediante alguno de los métodos que se conoce actualmente en la rama de la ingeniería, para este trabajo se ha recomendado utilizar el método ACI, para el diseño de mezclas de hormigón, en este trabajo se ha detallado los procedimientos a seguir para aplicar este método, en la sección de procedimiento para realizar diseño de mezclas de hormigón con normas ACI, p.67.

Es importante recordar que es vital para un correcto diseño de la mezcla del hormigón, utilizar una relación agua-cemento adecuada, tal como se explicó en el proceso anterior y de igual manera considerar un correcto análisis de la granulometría correspondiente de los agregados finos y gruesos, ya que de no tomar muestras representativas, sin segregar, no obtendremos resultados representativos de los agregados de los bancos a utilizar.

4.8.3.6 Fabricación del hormigón diseñado

Una vez todo listo para la fabricación del hormigón, es importante reconocer que los diseños no tendrán los resultados esperados, sino consideramos la utilización de los agregados finos y gruesos usados para realizar las granulometrías correspondientes, que no se haya hecho segregación de los agregados , y que se utilicen los mismos de la manera más limpia posible.

Otro aspecto a considerar es que los agregados deben estar con su humedad natural, no deben estar saturados o empapados de humedad antes de fabricar el hormigón, ya que esto generaría un aumento de la cantidad de agua en la mezcla, estropeando nuestra relación agua-cemento.

Considerar una supervisión estricta en la obra, al momento de fabricar el hormigón revisando que el personal no cambie las directrices del diseño de mezcla, que se ha definido. De igual manera supervisar que la mezcladora no este sucia, llena de agua, llena de material segregado de otras fundiciones, etc. Proveer de agua limpia, libre de contaminantes físicos o químicos y que el cemento se encuentre fresco sin humedad, y libre de agentes químicos.

4.8.3.7 Pruebas de verificación de la calidad

Para el hormigón, generalmente se le realizan ensayos o pruebas de calidad, para este caso, resistencia a la compresión, la cual generalmente se evalúa a los 7, 14 y 28 días, a través de ensayos sobre cilindros de concreto que se funden en la obra, los cuales se explican en este trabajo, y donde debemos de tener especial cuidado de que los cilindros sean fundidos con el hormigón representativo de la mezcla preparada y colada en obra, sin segregar.

Se realiza una curva de evaluación en las diferentes edades desde la fabricación del hormigón, para tener una conclusión correcta de cuanta resistencia adquirió nuestro hormigón elaborado.

4.8.4 Presupuesto

Tabla 52. Presupuesto para la ejecución de plan de acción.

Ítem	Descripción de Actividad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Recolección de diferentes agregados de bancos de material	1.00	1,000.00	1,000.00
2	Compra del material aglomerante (cemento) para los análisis	4.00	200.00	800.00
3	Análisis granulométrico de los agregados en laboratorio	1.00	2,000.00	2,000.00
4	Diseño de mezclas de hormigón, método ACI	1.00	3,000.00	3,000.00
5	Preparación de Informes y certificación por el profesional encargado	1.00	1,500.00	1,500.00
			Total (Lps)	8,300.00*

* Los precios del presupuesto son estimados en base a cotizaciones telefónicas a algunos laboratorios privados de la ciudad de Tegucigalpa, los precios pueden variar.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se da conclusión a las preguntas de investigación en relación a los objetivos trazados, se plasman ciertas recomendaciones que el investigador considera importantes, por el análisis realizado en la investigación.

5.1 Conclusiones generales

1. Como factores que potencian la calidad del hormigón, se tiene la relación agua-cemento, la limpieza de los agregados y una buena granulometría. Y como factores que limitan la calidad del hormigón, se tiene la suciedad de los agregados, y una inadecuada relación agua-cemento. Esto en base a los análisis que se realizaron en laboratorio para los materiales que se utilizan en la Ciudad de Santa Bárbara.
2. Se demostró mediante los ensayos de laboratorio que los agregados de la ciudad de Santa Bárbara son aptos para la elaboración del hormigón, ya que cumplen las normas ASTM.
3. De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio se pudo determinar que el agregado triturado terminó con mejores resultados que el agregado sin triturar, además los materiales provenientes de Ilama, Santa Bárbara son los que poseen mejores propiedades hablando de los agregados finos y gruesos.

4. Se logró determinar que los agregados gruesos triturados de la ciudad de Santa Bárbara, tienen un 2.10% de desgates más que los agregados de río, aportando similares características.
5. Se logró definir los diseños de mezclas de hormigón para concreto 4,000 y 3,000 PSI, como se explicó en este informe, se trabajó y desarrolló diseños adecuados a los agregados finos de Tenco, Gualala e Ilama, con los agregados gruesos de Gualala e Ilama, Santa Bárbara. Y se realizaron las distintas pruebas de resistencia a compresión del hormigón, a 7, 14 y 28 días de edad, verificando el cumplimiento de la resistencia diseñada.
6. Se logró determinar con los ensayos de laboratorio, que los cilindros fundidos con agregados triturados resultan 13.78% con mejores resultados que los fundidos con agregados de río.
7. Se logró establecer un plan de acción con este documento técnico que servirá con su aplicación, para mejorar la calidad del hormigón y la calidad de las obras a construir.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda continuar con estos estudios para especializarlos, y reproducir estos estudios para otras ciudades del país.
2. Se le recomienda a los profesionales de la ingeniería civil, que al momento de requerir el uso del hormigón en los proyectos, realizar los respectivos diseños de mezclas para cada

característica de los agregados a utilizar, ya que dependiendo de las propiedades de los agregados dependerá del diseño requerido, y así eficientar los proyectos.

3. Es recomendable para la ciudad de Santa Bárbara que las construcciones que se realicen prefieran el uso del agregado grueso triturado, ya que con este, se pueden lograr las resistencias esperadas, ya que este tipo de agregado tiene tamaño regular y simetría en su forma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANCHAYHUA SEGOVIA, G. (2005). *Tesis: Uso del Hormigón clasificado de río en la fabricación de concreto de mediana a baja resistencia y su explotación como agregado global* (Única ed.). Cajamarca, Perú.
- ASOGRAVAS. (2012). Asociación Colombiana de Productores de Agregados Petreos de Colombia
- BERNAL, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (3ra ed.). (O. FERNANDEZ PALMA, Ed.) La Sabana, Colombia: PEARSON.
- CASTAÑEDA, A. (1992). *Estudio Concreto de Traductología*. West Virginia University, College of Arts and Sciences. Morgantown: Proquest.
- CASTILLO, I., & GUIJARRO, M. (2006). *Estadística descriptiva y cálculo de probabilidades*. México: Pearson.
- CEMENTOS ARGOS. (2017). Comayagua, Comayagua, Honduras, C.A.: página web.
- CONHSA PAYHSA, S.A. (2016). *Concreto Premezclado y Agregados*. San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.: página web.
- CHACALIAZA QUISPE, L. (2011). *Tesis: Características de los agregados (finos y gruesos) de la cantera de Tucsipampa-Lircay* (Única ed.). Huancavelica, Perú.
- CHOC. (2008). *Código Hondureño de La Construcción*. Tegucigalpa, Francisco Morazán, Honduras.
- CUSTODIO RUIZ, A. (5 de Agosto de 2008). *Métodos y Técnicas de Investigación*. (W. Ltda, Editor) Recuperado el 18 de Mayo de 2017, de gestiopolis:
<https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/>

- GERE, J. M. (2002). *Mecánica de Materiales* (5ta ed.). (E. ESTRADA MORGA, Ed., J. DE LA CERA, V. GONZÁLES, & S. DURÁN, Trans.) Distrito Federal, México: Thomson Learning.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C., & PILAR BAPTISTA, L. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). (M. Á. TOLEDO CASTELLANOS, Ed.) Distrito Federal, México: Mc Graw Hill.
- INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM. (1994). *Manual de Tecnología del Concreto (Sección 3)* (1ra ed., Vol. 3). Distrito Federal, México: LIMUSA, S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- LECA, N. (2015). *Concreto Simple*.
- LEZAMA, J. (2006). *Tecnología del Concreto* (4ta ed.). (Bhandar, Ed.) Bogotá, Colombia.
- LOPERA ECHAVARRÍA, J. D., & RAMÍREZ GÓMEZ, C. A. (Enero de 2010). El Método Analítico como Método Natural. *Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, I(25), 10.
- LÓPEZ CANO, J. L. (1984). *Métodos e Hipótesis científicas* (1ra ed.). Distrito Federal, México.
- MARTÍNEZ, H. (2012). *Metodología de la Investigación con enfoque en competencias* (1ra ed.). (H. MARTÍNEZ, Ed.) Cengage Learning Editores.
- MORATAYA CORDOBA, C. E. (2005). *Tesis: Concreto de Alta Resistencia (Experimentación en Guatemala)* (Única edición ed.). Guatemala, Guatemala.
- MUÑOZ MARTIALAY, R. (1975). *Contribución al estudio de la permeabilidad del Hormigón al aire*. Universidad Complutense, Facultad de Ciencias Químicas. Madrid: Proquest.
- NEVILLE. (1999). *Tecnología del Concreto* (1a edición ed.). Distrito Federal, México.
- NILSON, A. H. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto* (12va ed.). (E. ARIZA H., Ed., & L. E. YAMÍN L., Trad.) Santa Fé, Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL Interamericana, S.A.

- ORTEGA CASTRO, A. R. (2013). *La Calidad de los agregados en la Resistencia del Hormigón*. Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato.
- RAMIREZ F., L. M. (2009). *Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes*.
- RIVAS TOVAR, L. A. (2015). *Elaboración de una Matriz Metodológica* (3ra ed.). México, México.
- RODRIGUEZ VILLALBA, L. M. (2013). *Tesis: Propuesta de Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de Agregados para el Concreto* (Única ed.). Colombia.
- SÁNCHEZ. (2006). *Tecnología del Concreto* (4ta ed.). (Bhandar, Ed.) Bogotá, Colombia.
- THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. (2011). *Standard Practice for Concrete Design* (ACI 613-54 ed.). Farmington Hills, Michigan, USA.
- THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (1991). *Standards* (Vol. 4). West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- UNITEC. (2017). *Manual de Laboratorio de Concreto*. Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería Civil, Tegucigalpa.
- WADDELL, J., & DOBROWOLSKI, J. (2001). *Manual de la Construcción con Concreto* (3ra ed.). (J. RUIZ GONZALES, Ed., ED, & H. C.C., Trads.) Distrito Federal, México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

ANEXOS

Anexo I. Instrumento de investigación: Encuesta

Encuesta

A continuación se presenta una serie de preguntas acerca de las características de los agregados y su uso en el hormigón, conteste de acuerdo a su experiencia y conocimiento.

***Obligatorio**

1. **Cuando realiza una construcción con hormigón, ¿de qué manera lo fabrica comúnmente?** *

Marca solo un óvalo.

- En base a volumen
 En base a peso
 En base a proporciones

2. **Cuando realiza una construcción con hormigón, ¿qué aspecto tiene mayor importancia, además de la resistencia? ***

Marca solo un óvalo.

- Acabado o apariencia final
 Trabajabilidad
 Rapidez en la construcción
 Economía
 Medio ambiente

3. **Cuando realiza construcciones con hormigón, ¿qué aspecto domina al momento de seleccionar los agregados (arena y grava)? ***

Marca solo un óvalo.

- La cercanía del banco
 La limpieza del agregado
 El costo
 Las propiedades fisico-mecánicas

4. **En relación a la procedencia de los agregados (arena y grava), ¿cuál tiene mejores propiedades para el uso en el hormigón? ***

Marca solo un óvalo.

- Agregado de río
 Agregado triturado
 Agregado de cantera
 Es indiferente el tipo del agregado

5. **En relación a la caracterización de los agregados (arena y grava) a utilizar en hormigón, ¿cuál característica le interesaría conocer sus resultados? ***

Marca solo un óvalo.

- Análisis granulométrico mecánico
- Peso específico y volumétrico
- Humedad y capacidad de absorción
- Resistencia al desgaste de los agregados
- Tamaño máximo del agregado
- Contenido de materia orgánica (colorimetría)

6. **Según su criterio, ¿cuál de los siguientes factores considera más importante, para que el hormigón alcance su máxima resistencia y durabilidad? ***

Marca solo un óvalo.

- La limpieza de los agregados
- La rugosidad del agregado
- El cemento utilizado
- La relación agua-cemento
- La granulometría de los agregados
- El fraguado y/o curado

7. **En relación al trabajo con hormigón, ¿con qué frecuencia realiza diseño de mezcla en un laboratorio? ***

Marca solo un óvalo.

- Realizo mis propios diseños
- Lo hago cuando me lo exige el contrato
- Nunca lo hago
- Pocas veces lo hago
- Siempre lo hago

8. **En relación a diseños de mezclas para hormigón, ¿qué tipo de diseño conoce mejor? ***

Marca solo un óvalo.

- En base a proporciones (ejemplo 1:2:2)
- En base a diseño del ACI
- En base a volúmenes
- En base a tablas
- No conozco de este tema

9. **Cuando necesita el análisis de los agregados para el diseño de una mezcla para su hormigón, ¿qué aspecto provoca más dificultad? ***

Marca solo un óvalo.

- Costo
- Tiempo
- Congruencia de los resultados
- Acceso a laboratorios
- Prefiero no realizarlo

10. **En relación a los laboratorios para este tipo de ensayos, existentes en el país, ¿qué nivel de confianza tiene sobre ellos? ***

Marca solo un óvalo.

- Mucha
- Mediana
- Poca
- Ninguna

11. **¿Qué tan interesado estaría en contar con un documento técnico o plan de acción para mejorar los diseños de mezclas de hormigón y así garantizar la calidad de las obras de sus proyectos? ***

Marca solo un óvalo.

- Muy interesado
- Medianamente interesado
- No me interesa

Entrevista a experto

A continuación se presentan unas preguntas acerca de las características de los agregados y su uso en el hormigón, conteste de acuerdo a su experiencia y conocimiento.

*Obligatorio

1. **En base a su experiencia y en relación a la resistencia y durabilidad del hormigón, ¿qué características de su fabricación, considera las más importante? ¿Por qué? ***

2. **En base a su experiencia y en relación a las propiedades físico-mecánicas de los agregados (arena y grava), ¿cuáles tienen mayor influencia, para potencializar la resistencia del hormigón? ¿Por qué? ***

3. **Considerando su experiencia, ¿cómo calificaría el hormigón que se está fabricando comúnmente en el país, en relación a los requerimientos especificados? ¿Por qué? ***

4. ¿Qué recomendaría al momento de fabricar hormigón, en zonas del país, como la ciudad de Santa Bárbara, donde no se tiene muchas opciones de agregados, poco acceso a laboratorios especializados, y limitado acceso a concreto premezclado, para cumplir con los requerimientos de diseño para ejecutar una obra en específico? ¿Por qué? *

5. Nombre: *

6. Empresa donde labora y cargo: *

Anexo III. Memoria fotográfica de los ensayos de laboratorio



Recolección de Agregados en los bancos de Material



Selección e Identificación de los agregados a utilizar



Ubicación de los bancos de material seleccionados





Cuarteo de las muestras a utilizar



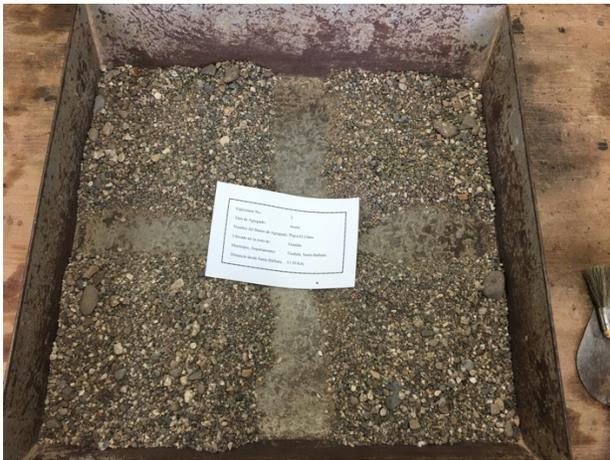
Identificación y rotulación de las muestras cuarteadas



Escogencia y cuarteo de muestras



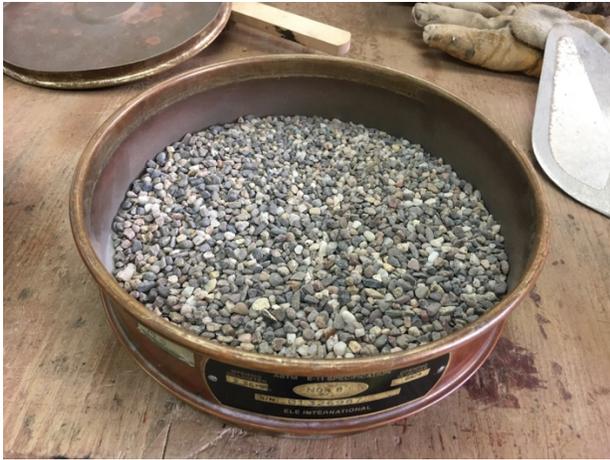
Lavado y secado de las muestras



Nuevo cuarteo y secado de las muestras



Granulometría por medio de tamices mecánicos



Granulometría por medio de tamices mecánicos



Pesado de muestras y secado al horno



Pesos de los retenidos de los tamices y volumen compactado



Pesado de volumen compactado y mezclado de hormigón



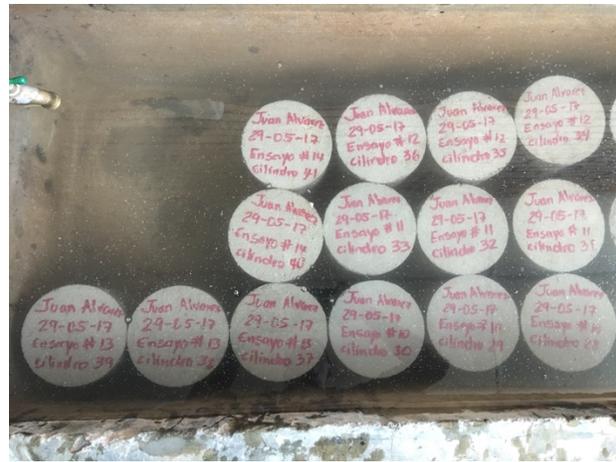
Elaboración de cilindros y pruebas de revenimiento



Cilindros de hormigón fabricados



Desmolde y rotulación de cilindros



rotulación y sumergimiento de cilindros en pila de curado



Retiro y secado natural de cilindros curados



Pruebas de compresión y colocación de material de cabeceo



cilindros después de rotura por medio de máquina de compresión



Cilindros listos para pruebas de compresión y máquina de pruebas

Anexo IV. Tablas de resultados de ensayos realizados en laboratorio

Tabla 54. Resultados de ensayos realizados en laboratorio

Resistencia de los ensayos de laboratorio																							
Ensayo No.	Procedencia de Arena	Procedencia de Grava	Condición del agregado	Relación agua-cemento (A/C)	Diseño utilizado	Cilindro No.	Fecha de Fundición	Revoluciones resultante (p/g)	Masa Saturada superficie seca (lb)	Área de Contacto del cilindro (p/g)	Resistencia de Diseño (PSI)	Fecha de Ruptura (7 días)	Carga aplicada (lb)	Resistencia Obtenida 7 días (PSI)	% de la resistencia esperada (7 días)	Fecha de Ruptura (14 días)	Carga aplicada (lb)	Resistencia Obtenida 14 días (PSI)	% de la resistencia esperada (14 días)	Fecha de Ruptura (28 días)	Carga aplicada (lb)	Resistencia Obtenida 28 días (PSI)	% de la resistencia esperada (28 días)
1	Teneco	Ilima	Sin lavar	0.55	Proporción 1:2:2	1	27/5/17	8	28.05	29.1267	4,000	10/6/17	51.150	1,756.12	43.90%	10/6/17	78.170	2,699.82	67.30%	24/6/17	109.620	3,789.97	94.73%
						2	28.30		28.9538														
						3	28.28		28.9237														
2	Teneco	Ilima	Lavado	0.66	Proporción 1:2:2	4	27/5/17	8	27.55	28.1928	4,000	10/6/17	52.340	1,856.50	46.41%	10/6/17	73.500	2,599.87	65.00%	24/6/17	111.870	3,912.30	97.81%
						5	28.31		28.2707														
						6	28.13		28.5944														
3	Ilima	Guadala	Sin lavar	0.45	Proporción 1:2:2	7	27/5/17	2/12	29.51	29.2361	4,000	10/6/17	123.980	4,240.65	106.02%	10/6/17	104.350	3,588.76	89.22%	24/6/17	192.700	6,709.28	167.73%
						8	28.63		29.2398														
						9	29.12		28.7214														
4	Ilima	Guadala	Lavado	0.45	Proporción 1:2:2	10	27/5/17	1/12	29.37	29.0853	4,000	10/6/17	155.970	5,362.50	134.06%	10/6/17	194.590	6,692.91	167.32%	24/6/17	199.000	6,843.80	171.00%
						11	29.31		29.0740														
						12	29.94		29.0891														
5	Ilima	Ilima	Sin lavar	0.55	Proporción 1:2:3	13	27/5/17	7	27.82	29.2361	3,000	10/6/17	59.140	2,022.84	67.45%	10/6/17	108.910	3,693.87	120.13%	24/6/17	112.950	3,963.51	132.12%
						14	28.25		28.0065														
						15	29.34		28.4975														
6	Ilima	Guadala	Lavado	0.55	Proporción 1:2:3	16	27/5/17	6	29.25	29.2549	3,000	10/6/17	68.810	2,327.08	78.40%	10/6/17	116.360	3,988.76	132.96%	24/6/17	97.830	3,344.92	111.50%
						17	29.57		29.1719														
						18	29.66		29.2474														
7	Guadala	Guadala	Sin lavar	0.55	Proporción 1:2:3	19	27/5/17	6/12	27.96	27.9562	3,000	10/6/17	59.520	2,139.05	70.97%	10/6/17	98.620	3,343.08	118.00%	24/6/17	108.140	3,590.76	129.69%
						20	28.01		27.8346														
						21	29.39		27.7941														
8	Teneco	Guadala	Sin lavar	0.55	Proporción 1:2:3	22	27/5/17	6/12	27.77	27.8993	3,000	10/6/17	43.160	1,549.77	51.66%	10/6/17	71.010	2,442.39	81.41%	24/6/17	82.850	2,832.73	94.42%
						23	29.06		29.0740														
						24	29.20		29.2474														
9	Ilima	Ilima	Sin lavar	0.53	ACI 4,000 PSI	25	29/5/17	6/14	28.53	28.0226	4,000	12/6/17	35.990	2,711.74	67.99%	12/6/17	104.580	3,609.16	90.23%	26/6/17	119.860	4,215.90	105.40%
						26	29.79		28.9763														
						27	29.18		28.4505														
10	Guadala	Ilima	Sin lavar	0.53	ACI 4,000 PSI	28	29/5/17	3	29.69	29.2511	4,000	12/6/17	73.600	2,516.14	62.90%	12/6/17	103.900	3,636.90	90.92%	26/6/17	118.830	4,099.88	102.50%
						29	28.27		28.5863														
						30	29.21		28.9838														
11	Teneco	Ilima	Sin lavar	0.53	ACI 4,000 PSI	31	29/5/17	4	28.90	29.0289	4,000	12/6/17	79.870	2,751.40	68.79%	12/6/17	123.740	4,392.32	109.81%	26/6/17	133.120	4,643.33	116.08%
						32	28.12		28.1706														
						33	29.24		28.6691														
12	Guadala	Guadala	Sin lavar	0.62	ACI 3,000 PSI	34	29/5/17	4/12	29.23	29.0627	3,000	12/6/17	66.870	2,300.88	76.70%	12/6/17	85.720	2,954.45	98.48%	26/6/17	86.970	3,043.89	101.46%
						35	29.49		29.0139														
						36	29.10		28.5720														
13	Ilima	Guadala	Sin lavar	0.62	ACI 3,000 PSI	37	29/5/17	7	26.46	29.2021	3,000	12/6/17	61.540	2,107.38	70.25%	12/6/17	71.540	2,467.00	82.23%	26/6/17	94.960	3,262.77	108.76%
						38	28.77		28.9988														
						39	29.18		29.1041														
14	Teneco	Guadala	Sin lavar	0.62	ACI 3,000 PSI	40	29/5/17	3	29.17	29.0966	3,000	12/6/17	63.830	2,193.73	73.12%	12/6/17	91.200	3,258.81	108.63%	26/6/17	98.350	3,386.25	112.88%
						41	27.88		27.9857														
						42	29.25		29.0439														

Anexo V. Norma ASTM para granulometría de los agregados



Designation: C 136 – 01

Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates¹

This standard is issued under the fixed designation C 136; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers the determination of the particle size distribution of fine and coarse aggregates by sieving.

1.2 Some specifications for aggregates which reference this method contain grading requirements including both coarse and fine fractions. Instructions are included for sieve analysis of such aggregates.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values in parentheses are provided for information purposes only. Specification E 11 designates the size of sieve frames with inch units as standard, but in this test method the frame size is designated in SI units exactly equivalent to the inch units.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 117 Test Method for Materials Finer Than 75- μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing²

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates²

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials²

C 702 Practice for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size²

D 75 Practice for Sampling Aggregates³

E 11 Specification for Wire-Cloth and Sieves for Testing Purposes⁴

2.2 AASHTO Standard:

AASHTO No. T 27 Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates⁵

3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology C 125.

4. Summary of Test Method

4.1 A sample of dry aggregate of known mass is separated through a series of sieves of progressively smaller openings for determination of particle size distribution.

5. Significance and Use

5.1 This test method is used primarily to determine the grading of materials proposed for use as aggregates or being used as aggregates. The results are used to determine compliance of the particle size distribution with applicable specification requirements and to provide necessary data for control of the production of various aggregate products and mixtures containing aggregates. The data may also be useful in developing relationships concerning porosity and packing.

5.2 Accurate determination of material finer than the 75- μm (No. 200) sieve cannot be achieved by use of this method alone. Test Method C 117 for material finer than 75- μm sieve by washing should be employed.

6. Apparatus

6.1 *Balances*—Balances or scales used in testing fine and coarse aggregate shall have readability and accuracy as follows:

6.1.1 For fine aggregate, readable to 0.1 g and accurate to 0.1 g or 0.1 % of the test load, whichever is greater, at any point within the range of use.

6.1.2 For coarse aggregate, or mixtures of fine and coarse aggregate, readable and accurate to 0.5 g or 0.1 % of the test load, whichever is greater, at any point within the range of use.

6.2 *Sieves*—The sieve cloth shall be mounted on substantial frames constructed in a manner that will prevent loss of material during sieving. The sieve cloth and standard sieve

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved June 10, 2001. Published August 2001. Originally published as C 136 – 38 T. Last previous edition C 136 – 96a.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.03.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

⁵ Available from American Association of State Highway and Transportation Officials, 444 North Capitol St. N.W., Suite 225, Washington, DC 20001.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

frames shall conform to the requirements of Specification E 11. Nonstandard sieve frames shall conform to the requirements of Specification E 11 as applicable.

Note 1—It is recommended that sieves mounted in frames larger than standard 203.2-mm (8 in.) diameter be used for testing coarse aggregate to reduce the possibility of overloading the sieves. See 8.3.

6.3 Mechanical Sieve Shaker—A mechanical sieving device, if used, shall create motion of the sieves to cause the particles to bounce, tumble, or otherwise tum so as to present different orientations to the sieving surface. The sieving action shall be such that the criterion for adequacy of sieving described in 8.4 is met in a reasonable time period.

Note 2—Use of a mechanical sieve shaker is recommended when the size of the sample is 20 kg or greater, and may be used for smaller samples, including fine aggregate. Excessive time (more than approximately 10 min) to achieve adequate sieving may result in degradation of the sample. The same mechanical sieve shaker may not be practical for all sizes of samples, since the large sieving area needed for practical sieving of a large nominal size coarse aggregate very likely could result in loss of a portion of the sample if used for a small sample of coarse aggregate or fine aggregate.

6.4 Oven—An oven of appropriate size capable of maintaining a uniform temperature of $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$).

7. Sampling

7.1 Sample the aggregate in accordance with Practice D 75. The size of the field sample shall be the quantity shown in Practice D 75 or four times the quantity required in 7.4 and 7.5 (except as modified in 7.6), whichever is greater.

7.2 Thoroughly mix the sample and reduce it to an amount suitable for testing using the applicable procedures described in Practice C 702. The sample for test shall be approximately the quantity desired when dry and shall be the end result of the reduction. Reduction to an exact predetermined quantity shall not be permitted.

Note 3—Where sieve analysis, including determination of material finer than the 75- μm sieve, is the only testing proposed, the size of the sample may be reduced in the field to avoid shipping excessive quantities of extra material to the laboratory.

7.3 Fine Aggregate—The size of the test sample, after drying, shall be 300 g minimum.

7.4 Coarse Aggregate—The size of the test sample of coarse aggregate shall conform with the following:

Nominal Maximum Size, Square Openings, mm (in.)	Test Sample Size, min, kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
60 (2 1/4)	35 (77)
75 (3)	60 (132)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

7.5 Coarse and Fine Aggregate Mixtures—The size of the test sample of coarse and fine aggregate mixtures shall be the same as for coarse aggregate in 7.4.

7.6 Samples of Large Size Coarse Aggregate—The size of sample required for aggregate with 50-mm nominal maximum

size or larger is such as to preclude convenient sample reduction and testing as a unit except with large mechanical splitters and sieve shakers. As an option when such equipment is not available, instead of combining and mixing sample increments and then reducing the field sample to testing size, conduct the sieve analysis on a number of approximately equal sample increments such that the total mass tested conforms to the requirement of 7.4.

7.7 In the event that the amount of material finer than the 75- μm (No. 200) sieve is to be determined by Test Method C 117, proceed as follows:

7.7.1 For aggregates with a nominal maximum size of 12.5 mm (1/2 in.) or less, use the same test sample for testing by Test Method C 117 and this method. First test the sample in accordance with Test Method C 117 through the final drying operation, then dry sieve the sample as stipulated in 8.2-8.7 of this method.

7.7.2 For aggregates with a nominal maximum size greater than 12.5 mm (1/2 in.), a single test sample may be used as described in 7.7.1, or separate test samples may be used for Test Method C 117 and this method.

7.7.3 Where the specifications require determination of the total amount of material finer than the 75- μm sieve by washing and dry sieving, use the procedure described in 7.7.1.

8. Procedure

8.1 Dry the sample to constant mass at a temperature of $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$).

Note 4—For control purposes, particularly where rapid results are desired, it is generally not necessary to dry coarse aggregate for the sieve analysis test. The results are little affected by the moisture content unless: (1) the nominal maximum size is smaller than about 12.5 mm (1/2 in.); (2) the coarse aggregate contains appreciable material finer than 4.75 mm (No. 4); or (3) the coarse aggregate is highly absorptive (a lightweight aggregate, for example). Also, samples may be dried at the higher temperatures associated with the use of hot plates without affecting results, provided steam escapes without generating pressures sufficient to fracture the particles, and temperatures are not so great as to cause chemical breakdowns of the aggregate.

8.2 Select sieves with suitable openings to furnish the information required by the specifications covering the material to be tested. Use additional sieves as desired or necessary to provide other information, such as fineness modulus, or to regulate the amount of material on a sieve. Nest the sieves in order of decreasing size of opening from top to bottom and place the sample on the top sieve. Agitate the sieves by hand or by mechanical apparatus for a sufficient period, established by trial or checked by measurement on the actual test sample, to meet the criterion for adequacy or sieving described in 8.4.

8.3 Limit the quantity of material on a given sieve so that all particles have opportunity to reach sieve openings a number of times during the sieving operation. For sieves with openings smaller than 4.75-mm (No. 4), the quantity retained on any sieve at the completion of the sieving operation shall not exceed 7 kg/m^2 of sieving surface area (Note 5). For sieves with openings 4.75 mm (No. 4) and larger, the quantity retained in kg shall not exceed the product of $2.5 \times$ (sieve opening, mm \times (effective sieving area, m^2)). This quantity is shown in Table 1 for five sieve-frame dimensions in common

TABLE 1 Maximum Allowable Quantity of Material Retained on a Sieve, kg

Sieve Opening Size, mm	Nominal Dimensions of Sieve ^a				
	203.2-mm dia ^b	254-mm dia ^b	304.8-mm dia ^b	350 by 375 by 500 mm	375 by 500 mm
	Sieving Area, m ²				
	0.0385	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
125	c	c	c	c	67.4
100	c	c	c	30.8	53.9
90	c	c	15.1	37.6	48.5
75	c	8.6	12.6	23.0	40.5
60	c	7.2	10.6	19.3	34.6
50	9.6	5.7	8.4	15.3	27.0
37.5	2.7	4.3	6.3	11.5	20.2
35.0	1.8	2.9	4.2	7.7	13.5
19.0	1.4	2.2	3.2	5.8	10.2
12.5	0.89	1.4	2.1	3.8	6.7
9.5	0.67	1.1	1.6	2.9	5.1
4.75	0.33	0.54	0.80	1.5	2.6

^a Sieve frame dimensions in inch units: 8.0-in. diameter; 10.0-in. diameter; 12.0-in. diameter; 13.0 by 13.0 in. (14 by 14 in. nominal); 14.0 by 22.0 in. (16 by 24 in. nominal).

^b The sieve area for round sieve frames is based on an effective diameter 12.7 mm (½ in.) less than the nominal frame diameter, because Specification E 11 permits the seal between the sieve cloth and the frame to extend 0.35 mm (¼ in.) over the sieve cloth. Thus the effective sieving diameter for a 203.2-mm (8.0-in.) diameter sieve frame is 190.5 mm (7.5 in.). Some manufacturers of sieves may not intrude on the sieve cloth by the full 0.35 mm (¼ in.).

^c Sieves indicated have less than five full openings and should not be used for sieve testing except as provided in 8.6.

use. In no case shall the quantity retained be so great as to cause permanent deformation of the sieve cloth.

8.3.1 Prevent an overload of material on an individual sieve by one of the following methods:

8.3.1.1 Insert an additional sieve with opening size intermediate between the sieve that may be overloaded and the sieve immediately above that sieve in the original set of sieves.

8.3.1.2 Split the sample into two or more portions, sieving each portion individually. Combine the masses of the several portions retained on a specific sieve before calculating the percentage of the sample on the sieve.

8.3.1.3 Use sieves having a larger frame size and providing greater sieving area.

Note: 5—The 7 kg/m² amounts to 200 g for the usual 203.2-mm (8-in.) diameter sieve (with effective sieving surface diameter of 190.5 mm (7.5 in.)).

8.4 Continue sieving for a sufficient period and in such manner that, after completion, not more than 1 % by mass of the material retained on any individual sieve will pass that sieve during 1 min of continuous hand sieving performed as follows: Hold the individual sieve, provided with a snug-fitting pan and cover, in a slightly inclined position in one hand. Strike the side of the sieve sharply and with an upward motion against the heel of the other hand at the rate of about 150 times per minute, turn the sieve about one sixth of a revolution at intervals of about 25 strokes. In determining sufficiency of sieving for sizes larger than the 4.75-mm (No. 4) sieve, limit the material on the sieve to a single layer of particles. If the size of the mounted testing sieves makes the described sieving motion impractical, use 203-mm (8 in.) diameter sieves to verify the sufficiency of sieving.

8.5 In the case of coarse and fine aggregate mixtures, the portion of the sample finer than the 4.75-mm (No. 4) sieve may be distributed among two or more sets of sieves to prevent overloading of individual sieves.

8.5.1 Alternatively, the portion finer than the 4.75-mm (No. 4) sieve may be reduced in size using a mechanical splitter according to Practice C 702. If this procedure is followed, compute the mass of each size increment of the original sample as follows:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (1)$$

where:

- A = mass of size increment on total sample basis,
- W₁ = mass of fraction finer than 4.75-mm (No. 4) sieve in total sample,
- W₂ = mass of reduced portion of material finer than 4.75-mm (No. 4) sieve actually sieved, and
- B = mass of size increment in reduced portion sieved.

8.6 Unless a mechanical sieve shaker is used, hand sieve particles larger than 75 mm (3 in.) by determining the smallest sieve opening through which each particle will pass. Start the test on the smallest sieve to be used. Rotate the particles, if necessary, in order to determine whether they will pass through a particular opening; however, do not force particles to pass through an opening.

8.7 Determine the mass of each size increment on a scale or balance conforming to the requirements specified in 5.1 to the nearest 0.1 % of the total original dry sample mass. The total mass of the material after sieving should check closely with original mass of sample placed on the sieves. If the amounts differ by more than 0.3 %, based on the original dry sample mass, the results should not be used for acceptance purposes.

8.8 If the sample has previously been tested by Test Method C 117, add the mass finer than the 75-µm (No. 200) sieve determined by that method to the mass passing the 75-µm (No. 200) sieve by dry sieving of the same sample in this method.

9. Calculation

9.1 Calculate percentages passing, total percentages retained, or percentages in various size fractions to the nearest 0.1 % on the basis of the total mass of the initial dry sample. If the same test sample was first tested by Test Method C 117, include the mass of material finer than the 75-µm (No. 200) size by washing in the sieve analysis calculation; and use the total dry sample mass prior to washing in Test Method C 117 as the basis for calculating all the percentages.

9.1.1 When sample increments are tested as provided in 7.6, total the masses of the portion of the increments retained on each sieve, and use these masses to calculate the percentages as in 9.1.

9.2 Calculate the fineness modulus, when required, by adding the total percentages of material in the sample that is coarser than each of the following sieves (cumulative percentages retained), and dividing the sum by 100: 150-µm (No. 100), 300-µm (No. 50), 600-µm (No. 30), 1.18-mm (No. 16), 2.36-mm (No. 8), 4.75-mm (No. 4), 9.5-mm (¾-in.), 19.0-mm (¾-in.), 37.5-mm (1½-in.), and larger, increasing in the ratio of 2 to 1.

10. Report

10.1 Depending upon the form of the specifications for use of the material under test, the report shall include the following:

- 10.1.1 Total percentage of material passing each sieve, or
- 10.1.2 Total percentage of material retained on each sieve, or

10.1.3 Percentage of material retained between consecutive sieves.

10.2 Report percentages to the nearest whole number, except if the percentage passing the 75- μ m (No. 200) sieve is less than 10 %, it shall be reported to the nearest 0.1 %.

10.3 Report the fineness modulus, when required, to the nearest 0.01.

11. Precision and Bias

11.1 *Precision*—The estimates of precision for this test method are listed in Table 2. The estimates are based on the results from the AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, with testing conducted by Test Method C 136 and AASHTO Test Method T 27. The data are based on the analyses of the test results from 65 to 233 laboratories that tested 18 pairs of coarse aggregate proficiency test samples and test results from 74 to 222 laboratories that tested 17 pairs of fine aggregate proficiency test samples (Samples No. 21 through 90). The values in the table are given for different ranges of total percentage of aggregate passing a sieve.

11.1.1 The precision values for fine aggregate in Table 2 are based on nominal 500-g test samples. Revision of this test method in 1994 permits the fine aggregate test sample size to be 300 g minimum. Analysis of results of testing of 300-g and 500-g test samples from Aggregate Proficiency Test Samples 99 and 100 (Samples 99 and 100 were essentially identical) produced the precision values in Table 3, which indicate only minor differences due to test sample size.

Note 6—The values for fine aggregate in Table 2 will be revised to reflect the 300-g test sample size when a sufficient number of Aggregate Proficiency Tests have been conducted using that sample size to provide reliable data.

TABLE 2 Precision

	Total Percentage of Material Passing		Standard Deviation (1 σ), % ^a	Acceptable Range of Two Results ($\pm 2\sigma$), % ^a
Coarse Aggregate^b				
Single-operator precision	<100	≥ 95	0.92	0.9
	≤ 95	≥ 85	0.81	2.3
	≤ 85	≥ 80	1.34	3.8
	≤ 80	≥ 80	2.25	6.4
	≤ 80	≥ 70	1.52	3.7
	≤ 70	≥ 15	0.96	2.7
	≤ 15	≥ 10	1.00	2.8
	≤ 10	≥ 5	0.75	2.1
	≤ 5	≥ 2	0.53	1.5
	≤ 2	≥ 0	0.27	0.8
Multilaboratory precision	<100	≥ 95	0.95	1.0
	≤ 95	≥ 85	1.37	3.9
	≤ 85	≥ 80	1.92	5.4
	≤ 80	≥ 80	3.82	8.0
	≤ 80	≥ 70	1.97	5.6
	≤ 70	≥ 15	1.60	4.5
	≤ 15	≥ 10	1.48	4.2
	≤ 10	≥ 5	1.22	3.4
	≤ 5	≥ 2	1.04	3.0
	≤ 2	≥ 0	0.45	1.3
Fine Aggregate				
Single-operator precision	<100	≥ 95	0.28	0.7
	≤ 95	≥ 80	0.55	1.6
	≤ 80	≥ 70	0.83	2.4
	≤ 70	≥ 15	0.54	1.5
	≤ 15	≥ 10	0.36	1.0
	≤ 10	≥ 2	0.37	1.1
	≤ 2	≥ 0	0.14	0.4
	Multilaboratory precision	<100	≥ 95	0.29
≤ 95		≥ 80	0.77	2.2
≤ 80		≥ 70	1.41	4.0
≤ 70		≥ 15	1.10	3.1
≤ 15		≥ 10	0.73	2.1
≤ 10		≥ 2	0.65	1.8
≤ 2		≥ 0	0.31	0.9

^a These numbers represent, respectively, the (1 σ) and ($\pm 2\sigma$) limits described in Practice C 670.

^b The precision estimates are based on aggregates with nominal maximum size of 19.0 mm (¾ in.).

11.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material suitable for determining the bias in this test method, no statement on bias is made.

12. Keywords

12.1 aggregate; coarse aggregate; fine aggregate; gradation; grading; sieve analysis; size analysis


C 136 – 01
TABLE 3 Precision Data for 300-g and 500-g Test Samples

Test Result	Fine Aggregate Proficiency Sample			Within Laboratory		Between Laboratory	
	Sample Size	Number Labs	Average	1s	d2s	1s	d2s
ASTM C 136/AASHTO T 27							
Total material passing the No. 4 sieve (%)	500 g	285	99.992	0.027	0.066	0.027	0.104
	300 g	276	99.990	0.021	0.060	0.042	0.117
Total material passing the No. 8 sieve (%)	500 g	281	84.10	0.43	1.21	0.63	1.70
	300 g	274	84.32	0.39	1.09	0.69	1.92
Total material passing the No. 16 sieve (%)	500 g	286	70.11	0.53	1.49	0.75	2.10
	300 g	272	70.00	0.62	1.74	0.70	2.12
Total material passing the No. 30 sieve (%)	500 g	287	48.54	0.75	2.10	1.33	3.73
	300 g	276	48.44	0.67	2.44	1.26	3.79
Total material passing the No. 50 sieve (%)	500 g	286	13.52	0.42	1.17	0.66	2.73
	300 g	275	13.51	0.45	1.35	0.66	2.70
Total material passing the No. 100 sieve (%)	500 g	287	2.55	0.15	0.42	0.37	1.03
	300 g	270	2.52	0.18	0.52	0.32	0.89
Total Material passing the No. 200 sieve (%)	500 g	278	1.32	0.11	0.32	0.31	0.85
	300 g	266	1.30	0.14	0.39	0.31	0.85

SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of changes to this test method that have been incorporated since the last issue.

- (1) Paragraph 8.4 was revised.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either approved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-5858, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9885 (phone), 610-832-9855 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Anexo VI. Visto bueno para el uso de los laboratorios para los ensayos



RIGOBERTO MONCADA LOPEZ

lun 15/05, 14:39

JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO; KARLA ANTONIA UCLES BREVE



Responder a todos



Buenas Tardes:

De nuestra parte estamos a la orden para apoyarle en sus actividades de laboratorio para Maestría.

Lo único que necesitaremos es que nos presente de forma obligatoria lo siguiente:

1. Un plan y cronograma de los ensayos para realizar en los laboratorios (antes de empezar)
2. Un informe sobre los ensayos de laboratorio con fotografías, resultados, etc. para entregar al finalizar.

A la espera de su plan quedamos al pendiente.

Saludos Cordiales,

Rigoberto Moncada López
Jefe Académico Ingeniería Civil

TEL: 2268-1000, ext. 1108

Cel: +504 9648-0616



unitec[®]
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES



Tegucigalpa, M.D.C.

20 de Junio de 2017

Autoridades de Posgrado

Universidad Tecnológica Centroamericana Tegucigalpa

Presente

Por medio de la presente yo **JUAN EMETERIO ALVAREZ SOLÓRZANO**, con tarjeta de identidad No. 0714-1950-00024, extiendo constancia de haber leído y brindado mis observaciones sobre redacción y ortografía, al documento de Tesis con tema: **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA POR LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS**, sustentada por **JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO**, con tarjeta de Identidad No. 0801-1984-07521. Y para los fines que los interesados estimen convenientes se les extiende Constancia de lectura y revisión ortográfica.

Sin otro particular, me despido atentamente.



Msc. Lic. Juan Emeterio Alvarez Solórzano

ID. 0714-1950-00024

Cel. 9985-8986

Cc. Archivo

Visto Bueno trabajos para Tesis de Posgrado



KARLA ANTONIA UCLES BREVE

Hoy, 12:29

JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO

Responder a todos

Tegucigalpa, M.D.C.

Señores

Autoridades de Posgrado

Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC.

Campus Tegucigalpa

Presente

Yo, **KARLA ANTONIA UCLÉS BREVE**, con tarjeta de identidad N° 0801-1960-02652, extiendo el presente visto bueno por haber asesorado de manera temática, brindado mis observaciones y supervisado los trabajos en el Laboratorio de Ingeniería Civil de UNITEC, en lo relacionado a los procedimientos y técnicas aplicadas para los diferentes ensayos realizados, necesarios para desarrollar el trabajo de Tesis con tema: "**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL HORMIGÓN Y SU INFLUENCIA POR LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS**", sustentada por **JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO**, con tarjeta de Identidad No. 0801-1984-07521, matrícula 11523026.

Y para los fines que los interesados estimen convenientes, se extiende constancia a los veintidós días del mes de junio de dos mil diez y siete, doy fe.

Atentamente.

Ing. Karla Uclés

Coordinadora Técnica de Ingeniería Civil, UNITEC

Talento Humano N° 11969



Ing. Karla Uclés

Coordinadora Técnica Ingeniería Civil

Tel: 2268-1000, Ext. 1388





Oscar Sanchez <osanchezr1966@gmail.com>

Hoy, 12:00

JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO ▾

 [Responder a todos](#) | ▾

Para ayudar a proteger tu privacidad, parte del contenido de este mensaje se ha bloqueado. Para volver a habilitar las características bloqueadas, [haga clic aquí](#).

Para mostrar siempre el contenido de este remitente, [haga clic aquí](#).

Estimados ingenieros

Por este medio les informo que leído y revisado su tesis, por lo tanto le estoy dando visto bueno para su respectivo tramite .

Sin otro particular.

...

El 22 de junio de 2017, 11:51, JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO <juanalvarez@unitec.edu> escribió:

JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO ha compartido archivos de OneDrive para la Empresa con su usuario. Para visualizarlos, haga clic en los vínculos siguientes.

 [Tesis Final Juan Alvarez al 22-06-17.pdf](#)  [Tesis Final Juan Alvarez al 22-06-17.docx](#)

Ingeniero le adjunto la tesis final, para su visto bueno.

--

Oscar Sanchez
MIE, Ingeniero Civil
CICH 1882
Cel. 99980497



ZELAYA OVIEDO CARLOS AUGUSTO

mié 28/06, 12:08

JUAN MANUEL ALVAREZ SOTO; PG Postgrado

Responder a todos



2 archivos adjuntos (33 MB) Descargar todo Guardar todo en OneDrive - Universidad Tecnologica Centroamericana

Estimado Maestrante Álvarez Soto.

He revisado su documento de tesis y valoro el cumplimiento de los requerimientos según manuales, por tanto, le doy el **Vo Bo** que corresponde para que continúe y proceda a imprimir tres ejemplares siempre a doble cara y los entregue en las oficinas de postgrado a partir del 30 de junio hasta 10 de julio (dándole seguimiento a lo establecido en el cronograma de actividades - ver información general en la plataforma). La impresión debe hacerla del último documento revisado y que aquí se adjunta.

Recuerde anexar al final del documento de tesis impreso lo siguiente:

- el **Vo Bo del asesor temático**,
- la **constancia de lectura**,
- el **Vo Bo de asesor metodológico**

Le recomiendo imprimir la síntesis y entregarla a cada miembro de terna al momento de la defensa.

Saludos y muchos éxitos.

Carlos A. Zelaya Oviedo
Asesor metodológico PG