



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“HORMIGÓN LIVIANO DE ALTO
DESEMPEÑO CON ARCILLA EXPANDIDA”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

DIANA GABRIELA YAGUAL VERA

DANIEL WILFRIDO VILLACÍS APOLINARIO

Tutor:

ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, Mg.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“HORMIGÓN LIVIANO DE ALTO
DESEMPEÑO CON ARCILLA EXPANDIDA”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

DIANA GABRIELA YAGUAL VERA

DANIEL WILFRIDO VILLACÍS APOLINARIO

Tutor:

ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, Mg.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

La Libertad, 29 de Junio del 2015

DECLARACIÓN EXPRESA

Declaramos que la responsabilidad de este trabajo de titulación corresponde exclusivamente a DIANA GABRIELA YAGUAL VERA y DANIEL WILFRIDO VILLACÍS APOLINARIO, expresamos bajo juramento que el trabajo ha sido consultado bajo referencias bibliográficas, además expresamos que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

Por medio de la presente cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Diana Yagual Vera

Daniel Villacís Apolinario

La Libertad, 29 Junio del 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación **“HORMIGÓN LIVIANO DE ALTO DESEMPEÑO CON ARCILLA EXPANDIDA”** elaborado por los estudiantes Diana Gabriela Yagual Vera y Daniel Wilfrido Villacís Apolinario, egresados de la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO(A) CIVIL, me permito declarar que luego de haberlo orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes.

Atentamente



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.

Gabriel Cabezas Lavayen

GRAMÁTICO, LITERATO, POETA, PENSADOR Y ENSAYISTA

Calles Manglaralto y Julio Moreno – Teléfonos 2 940 829 0989592101

Santa Elena Ecuador

CERTIFICACIÓN

Como profesional de las Letras Universales y en mi calidad de autor de dos volúmenes fundamentales en la enseñanza de las galas lingüísticas,

**ESBOZO DE ESTRUCTURA SINTÁCTICA
DE LA LENGUA HISPANOAMERICANA**

y

LA ORACIÓN SUBORDINANTE MÁS LARGA DEL MUNDO,

me permito felicitar a los distinguidos estudiantes universitarios,

DIANA GABRIELA YAGUAL VERA

y

DANIEL WILFRIDO VILLACÍS APOLINARIO,

autores del proyecto de tesis de grado

**HORMIGÓN LIVIANO
DE ALTO DESEMPEÑO
CON ARCILLA EXPANDIDA**

y certificar que he tenido el honor de realizar el examen gramatical básico a este digno trabajo de investigación.



GABRIEL CABEZAS LAVAYEN

**Primer candidato al Premio Nacional Eugenio Espejo
en la historia de la península de Santa Elena**

y

**Aspirante al Record Guinness
por su oración de 8.909 palabras.**

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos sabiduría para culminar el presente proyecto de tesis, que va dirigido con gratitud a nuestras familias, por su esfuerzo, confianza y apoyo incondicional, gracias a ellos hemos logrado concluir con satisfacción una etapa de nuestra formación académica. Para nuestros distinguidos docentes a quienes les debemos nuestros conocimientos.

A la Ing. Lucrecia Moreno Alcívar por su orientación, consejos y apoyo incondicional durante el desarrollo del presente trabajo de titulación. También agradecemos a las instituciones como: Centro Técnico del Hormigón - HOLCIM, Lafarge Cementos S.A., Laboratorio de Suelos y Hormigón INGEOTOP, EMUVIAL E.P., Universidad de Guayaquil y personas que de alguna manera fueron un aporte para culminar este proyecto.

Diana Gabriela Yagual Vera

Daniel Villacís Apolinario

DEDICATORIA

A Dios por darme fuerzas, sabiduría y perseverancia para concluir con satisfacción este trabajo de titulación.

A mi madre, Fatima Yagual Vera por su apoyo constante, quien ha sido un gran ejemplo para mí, convirtiéndose en la motivación de cumplir grandes objetivos y metas trazadas.

A mi familia en general por creer en mí, y día a día haberme formado con valores y principios haciendo de mí una mujer de bien.

A mi enamorado, docentes y amigos que de manera desinteresada aportaron con una palabra de aliento, consejos y conocimientos para culminar mi trabajo de titulación.

Diana Gabriela Yagual Vera

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, fuerzas y perseverancia para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi amada madre Victoria Apolinario Reyes por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sobre todo por su amor, comprensión y ternura que ha sido la motivación constante para ser una persona de bien.

A mi padre Merbil Villacís Menéndez por su ejemplo de constancia y firmeza que lo caracterizan, por sus buenos valores y principios que me ha infundado siempre y por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanos y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron conmigo su conocimiento, alegrías y tristezas y aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome para que este sueño se haga realidad.

Daniel Villacís Apolinario

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Alamir Álvarez, Mg.
DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Ing. Freddy Huamán Marcillo, Esp.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.
DOCENTE TUTOR

Ing. Richard Ramírez Palma, Mg.
DOCENTE DE ÁREA

Ab. Joe Espinoza Ayala
SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

El concreto es uno de los materiales de gran importancia en la industria de la construcción. Las propiedades dependerán de la trabajabilidad en estado fresco y su resistencia cuando se endurece. Se deberá seleccionar el cemento y los agregados adecuados para producir un hormigón que tenga las propiedades físicas requeridas. Los agregados ocupan un alto porcentaje del volumen y del peso del hormigón, elementos que influyen en la resistencia mecánica y la densidad final de la mezcla. Es importante mencionar que, en nuestra provincia, no existen agregados livianos con buenas características y, por esto, fue necesario realizar este proyecto de investigación para buscar una alternativa de materiales livianos en nuestro medio, pues existe abundante materia prima para fabricar este tipo de agregado, disminuyendo así el costo global de una estructura y, a su vez, garantizando una adecuada seguridad.

ABSTRACT

Concrete is one of the materials of great importance in the construction industry, the properties depend on fresh workability and resistance when hardened, the cement must be selected and appropriate aggregate to produce a concrete which has the physical properties required. Aggregates occupy a high percentage of volume and weight of the concrete elements which influence the strength and the final density of the mixture. It is noteworthy that in our province no aggregate with good characteristics and therefore it was necessary to carry out this research project to use lightweight materials in our environment because there is plenty of raw material for manufacturing this type of lightweight aggregate, thus reducing the overall cost of a structure and in turn ensuring adequate security.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ABREVIATURAS	XVI
UNIDADES	XVI
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5. OBJETIVOS	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6. HIPÓTESIS.....	5
1.6.1 Formulación de la hipótesis.....	5
1.6.2 Variables.....	5
1.7. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO	5
CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 HORMIGÓN LIVIANO DE ALTO DESEMPEÑO	9
2.2. AGREGADOS LIVIANOS.....	10
2.2.1. Clasificación de los agregados livianos	10
2.3 ARCILLA EXPANDIDA	15
2.3.1 Requisitos químicos para que una arcilla sea capaz de expandirse	15
2.3.2 Proceso de fabricación industrial de las arcillas expandidas.....	16
2.3.3 Aplicaciones de la arcilla expandida	18
2.4 TIPOS DE HORMIGÓN CON AGREGADOS LIVIANOS.....	18

2.5 MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN.....	20
2.5.1 Cemento portland.....	20
2.5.2 Áridos	22
2.5.3 Agua.....	24
2.5.4 Aditivo.....	24
CAPITULO III.....	26
ESTUDIO EXPERIMENTAL.....	26
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	26
3.2 MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGÓN	28
3.2.1 Árido fino.....	28
3.2.2 Árido Grueso	28
3.2.3 Cemento	29
3.2.4 Agua.....	29
3.2.5 Aditivo.....	29
3.3 MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS ÁRIDOS	30
3.3.1. Análisis Granulométrico	30
3.3.2. Material más fino que pasa el tamiz 75 μm	31
3.3.3. Terrones de arcilla y partículas desmenuzables.....	32
3.3.4. Partículas livianas	32
3.3.5. Determinación del porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación.....	33
3.3.6. Impurezas orgánicas	34
3.3.7. Resistencia a la abrasión	35
3.3.8 Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.....	36
3.3.9 Determinación del índice de aplanamiento y de alargamiento de una muestra de agregado grueso	37
3.3.10 Determinación de la densidad saturada superficialmente seca (DSSS)	38
3.3.11 Determinación de la Masa Unitaria y el Porcentaje de Vacíos (NTE INEN 858).....	38
3.4. DISEÑO DEL HORMIGÓN LIVIANO CON ARCILLA EXPANDIDA	39
3.4.1. Sugerencias para la dosificación.....	41

3.4.2	Diseño de hormigón liviano. Método ACI 211.2	42
3.4.3	Diseño de hormigón liviano y patrón por el método ACI 211.1.....	47
3.5	RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN LIVIANO	51
3.6	PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR HORMIGÓN LIVIANO	53
3.7	ELABORACIÓN DE PROBETAS.....	53
3.8	PROPIEDADES DE HORMIGÓN ENDURECIDO.....	55
3.8.1	Determinación de la reactividad alcalina potencial de combinaciones árido-cemento (método de la barra del mortero).....	55
3.8.2	Densidad del Hormigón Endurecido	56
3.8.3	Resistencia a la compresión.....	56
3.8.4	Módulo de elasticidad y relación de Poisson	57
3.8.5	Permeabilidad al aire del hormigón liviano con arcilla expandida por el método Torrent.	58
3.8.6	Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del hormigón.....	59
CAPITULO IV.....		61
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....		61
4.1	DISEÑOS Y DOSIFICACIONES.....	61
4.2.	RESULTADOS DE ENSAYOS AL HORMIGÓN ENDURECIDO	63
4.2.1	Determinación de la reactividad alcalina potencial de combinaciones árido-cemento (método de la barra del mortero).....	63
4.2.2	Densidad del hormigón endurecido.....	63
4.2.3	Resistencia a la compresión.....	68
4.2.4	Módulo de Elasticidad y relación de Poisson.....	76
4.3	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA CON HORMIGÓN DE PESO NORMAL CON UNA ESTRUCTURA CON HORMIGÓN LIVIANO DE ARCILLA EXPANDIDA APLICANDO UN ESPECTRO DE DISEÑO.....	80
4.4	ANÁLISIS DE PRECIO	83

CAPITULO V	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1 CONCLUSIONES	84
5.2. RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades típicas de los hormigones livianos	20
Tabla 2. Dosificaciones del hormigón liviano	27
Tabla 3. Masa mínima para la muestra de ensayo de material más fino que pasa el tamiz 75 µm.	31
Tabla 4. Resultados de material más fino que pasa el tamiz 75µm.....	31
Tabla 5. Tamaño mínimo de la muestra para ensayo de partículas livianas.....	32
Tabla 6. Resultado de ensayo de partículas livianas.....	33
Tabla 7. Porcentaje de partículas finas	34
Tabla 8. Resultado de ensayo impurezas orgánicas.....	35
Tabla 9. Porcentaje de desgaste	35
Tabla 10. Fracciones de la muestra de árido grueso según su composición.....	36
Tabla 11. Tamices para determinar la perdida según las fracciones del árido grueso.....	37
Tabla 12. Porcentaje de desgaste de la solidez de los áridos.....	37
Tabla 13. Índice de aplanamiento y alargamiento	38
Tabla 14. Proporciones, datos de laboratorio, cantidad de agua.....	43
Tabla 15. Relación aproximada entre la resistencia del concreto del agregado ligero y su contenido de cemento.....	44
Tabla 16. Peso en kg de los materiales por m ³ de hormigón liviano.....	44
Tabla 17. Volumen de los materiales por m ³ de hormigón liviano	45
Tabla 18. Peso en kg de los materiales por m ³ de hormigón liviano.....	46
Tabla 19. Volumen de los materiales por m ³ de hormigón liviano	46
Tabla 20. Cantidad de materiales en kg para un volumen determinado	47
Tabla 21. Revenimiento de acuerdo al tipo de estructura.....	47
Tabla 22. Cantidad de agua de mezclado en lts según el revenimiento, tamaño del agregado grueso y aire incluido.	48
Tabla 23. Determinación de la cantidad de agua de mezclado.....	48
Tabla 24. Relación a/c según la resistencia	49
Tabla 25. Volumen de los materiales por dm ³ de hormigón	50
Tabla 26. Corrección de ACI según porcentaje de agregado	50
Tabla 27. Peso en kg de los materiales por m ³ de hormigón liviano.....	51

Tabla 28. Cantidad de materiales en kg para un volumen determinado	51
Tabla 29. Requisitos de Graduación	55
Tabla 30. Clasificación de la permeabilidad del concreto.	59
Tabla 31. Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica.....	60
Tabla 32. Diseños y dosificaciones por método de diseño ACI 211.1 y 211.2 usando proporciones entre 40 y 60% de agregado fino.	61
Tabla 33. Diseños y dosificaciones por sustituto parcial de la arcilla expandida	62
Tabla 34. Diseño y dosificación por el método de la ACI 211.1 y ACI 211.2 con cemento tipo HE, Agregado fino de San Vicente	62
Tabla 35. Diseño y dosificación por el método de ACI 211.2 con cemento tipo HE, agregado fino El Triunfo	62
Tabla 36. Densidad del Hormigón Endurecido. HL con arcilla expandida vs Hormigón Convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	64
Tabla 37. Densidades del hormigón endurecido reemplazo parcial. Método de diseño ACI 211.1 con cemento Selvalegre	65
Tabla 38. Densidades de hormigón endurecido por proporciones, método de diseño ACI 211.2 con cemento Selvalegre	65
Tabla 39. Densidades de hormigón por método de diseño ACI 211.2 por cantidad de cemento Selvalegre.....	66
Tabla 40. Densidades de con variedad de agregados y tipos de cemento, método de diseño ACI 211.2	67
Tabla 41. Resistencias a la compresión $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, método ACI 211.2	69
Tabla 42. Resistencias a la compresión con método de diseño ACI 211.2 $P=60\% \text{ AF} - 40\% \text{ AG}$ $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y cemento Selvalegre.....	70
Tabla 43. Resistencias a la compresión con sustituto parcial de A.E. por el A.G. con cemento Selvalegre	71
Tabla 44. Tabla comparativa de resistencias a la compresión Hormigones livianos $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	72
Tabla 45. Resistencias a la compresión Hormigón liviano con A.E. con A. Fino: El Triunfo	74
Tabla 46. Resistencias a la compresión de Hormigón patrón.....	75
Tabla 47. Resistencia a la compresión de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida- cemento: tipo HE.....	75
Tabla 48. Módulo de elasticidad teórico del Hormigón	76

Tabla 49. Módulo de elasticidad teórico del hormigón	77
Tabla 50. Permeabilidad al aire a través del hormigón.....	79
Tabla 51. Velocidad de pulso ultrasónico del hormigón	79
Tabla 52. Control de deriva de pisos de edificio de hormigón convencional.....	82
Tabla 53. Control de deriva de pisos de edificio de hormigón liviano con arcilla expandida.....	83
Tabla 54. Costo del m ³ de hormigón	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de fabricación industrial de Arcilla Expandida	17
Figura 2. Muestreo de árido fino – EMUVIAL E.P.	23
Figura 3. Arcilla expandida - Agregado grueso.....	24
Figura 4. Granulometría del agregado fino y grueso	30
Figura 5. Saturación de la muestra de agregado fino y grueso en agua destilada	32
Figura 6. Decantación de partículas livianas	33
Figura 7. Sedimentación de partículas en suspensión después de 1 hora.....	34
Figura 8. Ensayo de partículas livianas.	34
Figura 9. Máquina de los ángeles	35
Figura 10. Muestra seca después de los 5 ciclos	36
Figura 11. Calibrador de longitudes y de espesores	37
Figura 12. DSSS de la Arcilla Expandida	38
Figura 13. Peso Volumétrico Varillado	39
Figura 14. Revenimiento	52
Figura 15. Preparación de Hormigón liviano con Arcilla Expandida	53
Figura 16. Probetas cilíndricas	54
Figura 17. Probetas cubiertas durante el fraguado.....	55
Figura 18. Álcali – agregado (método barras de mortero).....	56
Figura 19. Esquema de los modelos de fractura típicos	57
Figura 20. Ensayo de modulo elástico	58
Figura 21. Ensayo de permeabilidad al aire en hormigón	59
Figura 22. Determinación de la velocidad de pulso ultrasónico a través del hormigón.....	60
Figura 23. Barras de mortero- Gráfica Reacción Álcali-Sílice.....	63
Figura 24. Densidad de Hormigón convencional vs Hormigón liviano	64
Figura 25. Densidades del hormigón endurecido reemplazo parcial. Método de diseño	65
Figura 26. Densidades de hormigón endurecido por proporciones, método de diseño ACI 211.2	66

Figura 27. Densidades de hormigón por método de diseño ACI 211.2 por cantidad de cemento	67
Figura 28. Densidades de con variedad de agregados y tipos de cemento, método de diseño ACI 211.2	68
Figura 29. Gráfica Resistencia vs. Edad con Contenido de cemento=280 Kg.....	69
Figura 30. Gráfica Resistencia vs Edad con Contenido de cemento=300 kg.....	69
Figura 31. Gráfica Resistencia vs. Edad con Contenido de cemento=350 kg.....	70
Figura 32. Gráfica Resistencia a la compresión vs. Edad $f'c=210$ kg/cm.....	71
Figura 33. Resistencia a la compresión vs. Edad $f'c=210$ kg/cm ²	72
Figura 34. Gráfica de Resistencias a la compresión de Hormigón liviano con arcilla expandida con diferentes agregados y cementos	73
Figura 35. Gráfica de la Resistencia a la Compresión Hormigón Liviano con A.E. con A. Fino El Triunfo	74
Figura 36. Gráfica resistencia a la compresión vs. Edad de hormigón patrón	75
Figura 37. Gráfica resistencia a la compresión de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida- cemento: tipo HE.....	76
Figura 38. Curva esfuerzo – deformación de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida y cemento Selvalegre.....	78
Figura 39. Curva esfuerzo – deformación de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida y cemento HE.	78
Figura 40. Tipos de Fractura en Probetas Ensayadas. Tipo 4, 5 y 6.....	80
Figura 41. Diseño de estructura de hormigón con el software ETABS.....	81
Figura 42. Desplazamiento máximo en la estructura con hormigón de peso normal.....	82
Figura 43. Desplazamiento máximo en la estructura de hormigón liviano con arcilla expandida	83

INDICE DE ANEXOS

Anexo 2.1 Ficha técnica arcilla expandida Arlita Leca	90
Anexo 2.2 Ficha técnica cemento Selvalegre	92
Anexo 2.3 Ficha técnica cemento Holcim Premium HE	93
Anexo 2.4 Ficha técnica Sikament - 100	94
Anexo 3.1 Ensayo Granulométrico del Agregado fino (El Triunfo)	96
Anexo 3.2 Análisis Granulométrico Agregado fino (San Vicente)	97
Anexo 3.3 Análisis Granulométrico del Agregado grueso (Arcilla Expandida)	98
Anexo 3.4 Análisis Granulométrico del Agregado grueso (San Vicente)	99
Anexo 3.5 Determinación de partículas más finas que 75 μm	100
Anexo 3.6 Determinación del contenido de arcilla y partículas desmenuzables	101
Anexo 3.7 Partículas livianas	102
Anexo 3.8 Determinación del porcentaje de partículas en suspensión - 1 hora de sedimentación	103
Anexo 3.9 Determinación de impurezas orgánicas en el árido fino para el hormigón	104
Anexo 3.10 Abrasión de los ángeles	105
Anexo 3.11 Determinación de la resistencia al desgaste mediante el uso de sulfato de magnesio	106
Anexo 3.12 Determinación de partículas planas y alargadas	107
Anexo 3.13 Características de los Agregados – Agregado San Vicente de Colonche	108
Anexo 3.14 Características de los Agregados – A. Grueso San Vicente de Colonche (Caliza) – A. Fino El Triunfo	109
Anexo 3.15 Características de los Agregados – A. Grueso Arcilla Expandida	110
Anexo 4.1 Determinación del Potencial de reactividad Álcali – Sílice de la Arcilla Expandida	111
Anexo 4.2 Diseño de Hormigón Patrón (San Vicente) - Proporción 60 A. Fino - 40 A. Grueso	112
Anexo 4.3 Diseño de Hormigón Patrón (San Vicente) - Proporción 50 A. Fino - 50 A. Grueso	113

Anexo 4.4 Diseño de Hormigón Patrón (San Vicente) - Proporción 40 A. Fino - 60 A. Grueso	114
Anexo 4.5 Esfuerzo a la compresión de hormigón patrón – Proporciones	115
Anexo 4.6 Resumen de resultados de resistencia a la compresión de hormigón patrón – Proporciones	116
Anexo 4.7 Diseño de Hormigón patrón $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$ - 60 A. Fino -40 A. Grueso.....	117
Anexo 4.9 Esfuerzo de resistencia a la compresión hormigón patrón $f'c=180$ y 210 kg/cm^2 - 60 A.Fino - 40A. Grueso.....	119
Anexo 4.10 Resumen de ensayo resistencia a la compresión $f'c=180$ y 210 kg/cm^2 - 60 A. Fino - 40A. Grueso.....	120
Anexo 4.11 Diseño de Hormigón patrón- $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ - 60 A. Fino - 40 A. Grueso.....	121
Anexo 4.12 Diseño de Hormigón patrón - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ - 60 A. Fino - 40 A. Grueso.....	122
Anexo 4.13 Esfuerzo a la compresión $f'c=250$ y 280 kg/cm^2 - 60 A. Fino - 40 A. Grueso.....	123
Anexo 4.14 Resumen de Resistencia a la compresión $f'c=250$ y 280 kg/cm^2 - 60 A. Fino - 40 A. Grueso.....	124
Anexo 4.16 Diseño de hormigón con reemplazo parcial 50% del A. Grueso $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$	126
Anexo 4.17 Diseño de hormigón con reemplazo parcial 75% del A. Grueso $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$	127
Anexo 4.18 Esfuerzo a la compresión hormigón con reemplazo parcial A. Grueso.....	128
Anexo 4.19 Resumen de ensayo resistencia a la compresión - hormigón con reemplazo parcial A. grueso	129
Anexo 4.20 Diseño de hormigón liviano $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ 40A.Fino – 60 A. Grueso.....	130
Anexo 4.21 Diseño de hormigón liviano $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ 50A.Fino - 50A.Grueso.....	131
Anexo 4.22 Diseño de hormigón liviano $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ 60A. Fino - 40A.Grueso.....	132
Anexo 4.23 Esfuerzo a la compresión -Hormigón liviano - A/C- Proporciones $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$	133
Anexo 4.24 Resumen de resistencia a la compresión -Hormigón liviano - A/C- Proporciones $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$	134

Anexo 4.25 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -40A.Fino - 60A.grueso- cemento HE.....	135
Anexo 4.26 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -50A.Fino - 50A.grueso- cemento HE.....	136
Anexo 4.27 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -60A.Fino - 40A.grueso- cemento HE.....	137
Anexo 4.28 Esfuerzo a la compresión $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ Proporciones cemento HE	138
Anexo 4.29 Esfuerzo a la compresión $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ Proporciones cemento HE	139
Anexo 4.30 Diseño de Hormigón liviano - Cantidad de cemento 40 A. Fino - 60 A. Grueso	140
Anexo 4.31 Diseño de Hormigón liviano - Cantidad de cemento- 50 A. fino -50 A. Grueso	142
Anexo 4.32 Diseño de Hormigón liviano - Cantidad de cemento - 50 A. fino - 50 A. Grueso	144
Anexo 4.33 Esfuerzo a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 40 A.fino - 60 A. grueso	146
Anexo 4.34 Resumen de resistencias a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 40 A. fino - 60 A. grueso	147
Anexo 4.35 Esfuerzo a la compresión Hormigón liviano -Cantidad de cemento- 50 A.fino-50A. Grueso	148
Anexo 4.36 Resumen de resistencias a la compresión Hormigón liviano - Cantidad de cemento- 50 A.fino-50A. Grueso	149
Anexo 4.37 Esfuerzo a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 60 A.fino - 40 A. grueso	150
Anexo 4.38 Resumen de resistencia a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 60 A. fino - 40 A. grueso.....	151
Anexo 4.39 Diseño de Hormigón liviano -Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso (Arena triturada)	152
Anexo 4.40 Esfuerzo a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino- 40A. Grueso (Arena triturada).....	154
Anexo 4.41 Resumen de resistencias a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso (Arena triturada)	155
Anexo 4.42 Diseño de Hormigón patrón Arena de Río $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	156
Anexo 4.43 Diseño de Hormigón patrón con Cemento HE $f_c=210$ kg/cm^2	157

Anexo 4.44 Esfuerzo a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso cemento HE	158
Anexo 4.45 Resumen de resistencia a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso cemento HE	159
Anexo 4.46 Diseño de Hormigón liviano con cemento HE	160
Anexo 4.47 Esfuerzo a la compresión- Contenido de cemento - Cemento HE	162
Anexo 4.48 Resumen de resistencia a la compresión- Contenido de cemento - Cemento HE.....	163
Anexo 4.49 Diseño de Hormigón liviano con Arena de río	164
Anexo 4.50 Esfuerzo a la compresión Cantidad de cemento- 60 A. fino – 40 A. Grueso (Arena de río)	166
Anexo 4.51 Resumen de ensayo a la compresión Cantidad de cemento	167
Anexo 4.52 Modulo de elasticidad y coeficiente de Poisson	168
Anexo 4.53 Permeabilidad al aire del hormigón liviano con arcilla expandida por el método Torrent.....	169
Anexo 4.54 Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del hormigón.....	170
Anexo 4.55 Análisis de costo para 1m ³ de hormigón convencional.....	171
Anexo 4.56 Análisis de costo para 1m ³ de hormigón liviano con arcilla expandida.....	172

ABREVIATURAS

A.C.: Antes de Cristo

ACI: American Concrete Institute

AG: Agregado grueso

AF: Agregado fino

AE: Arcilla expandida

ASTM: American Society for Testing and Materials

D.C.: Después de Cristo

DSSS: Densidad Saturada Superficialmente Seca

EMUVIAL E.P.: Empresa Pública Municipal de Construcción Vial

HLDA: Hormigón liviano de alto desempeño

HLE: Hormigón liviano estructural

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

MF: Módulo de finura

MPa: Mega Pascales

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción

PVS: Peso Volumétrico Suelto

PVV: Peso Volumétrico Varillado

UNIDADES

δ : kg/m³

DSSS: kg/m³

F'c: kg/cm²

PVS: kg/m³

PVV: kg/m³

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años atrás, ha sido empleado el hormigón liviano. En Europa fue aplicado por los romanos (300 A.C.), con agregado liviano natural, en las obras de ingeniería más relevantes de todos los tiempos, como es el Panteón y el Coliseo Romano. A pesar de esto, su desarrollo no se impulsó hasta el año 1824, cuando se dio lugar a la patente del hasta hoy denominado Cemento Portland que a su vez, permitió la fabricación del hormigón. Esto hizo posible que el estudio para obtener hormigón con mejores propiedades tenga un gran desarrollo dentro de la construcción.

En consecuencia al gran progreso que han tenido las obras civiles, actualmente nos encontramos en construcciones con hormigones de diferentes propiedades. Por eso, este proyecto de investigación ha considerado la gran influencia del peso de las estructuras. Desde hace varias décadas el Concreto Liviano Estructural se ha usado en otros países de manera exitosa y ha expuesto numerosos beneficios respecto a los concretos convencionales.

Hemos encaminado nuestro proyecto hacia los hormigones con agregado liviano con iguales o mejores resistencias que un hormigón convencional; que garanticen adecuadas propiedades mecánicas y, sobre todo, seguridad. Cabe mencionar que las propiedades del hormigón dependen en gran parte de las propiedades del árido que se esté utilizando. La disminución del peso propio de las estructuras, el menor tamaño de las fundaciones y un mejor comportamiento térmico hacen, de esta tecnología, una alternativa interesante como material de construcción. En este estudio, fue necesario investigar y poner en práctica los procedimientos utilizados para la caracterización de los agregados, buscar las dosificaciones adecuadas para la fabricación del hormigón liviano, determinar el método preciso diseño del hormigón liviano y las técnicas de elaboración de este hormigón.

1.2. ANTECEDENTES

En el Imperio Romano (25 A.C.), la piedra pómez en una mezcla con cemento puzolánico dio como resultado el primer hormigón liviano. De aquella época, las obras que se destaca con este hormigón son: los arcos del Coliseo Romano (70 D.C.) y la Cúpula del Panteón de Agripa (25 A.C.).

Stephen J. Hayde, en Kansas City, en 1917, desarrolló, por medio de un horno tubular rotatorio, un proceso para expandir arcillas y pizarras, obteniendo un agregado de baja densidad. El primer buque de hormigón armado fue el S.S. Selma, de 7.500 toneladas, construido en 1919, donde se dio lugar a la primera aplicación de hormigón liviano que fue en el casco de este buque.

El primer edificio elaborado con hormigón liviano estructural, se construyó en 1922, en Kansas. Fue la ampliación de las instalaciones del Gimnasio de la Escuela de Deportes Acuáticos. Se decidió utilizar hormigón liviano debido a la baja capacidad portante del suelo donde se cimentó este edificio.

El edificio de 14 pisos de la compañía Southwestern Bell Telephone Company, en Kansas, efectuó un análisis en la cimentación para verificar la posibilidad de aumentar el número de pisos. Se llegó a la conclusión que la estructura podría soportar 8 pisos más con hormigón convencional, pero se pudo aumentar 14 pisos más gracias al uso del hormigón liviano con arcilla expandida.

En 1969, se instala una planta en Venezuela llamada Agregados Livianos c.a. en un yacimiento de arcilla de 50 Has. Actualmente, la empresa está dedicada a la venta de arcilla expandida bajo el nombre de “Aliven”.

En la actualidad, en el mercado ecuatoriano, existen varios productos con propiedades de alivianamiento, como son: el poliestireno expandido (EPS), es un material plástico espumado, el uso más común en Ecuador son las losas de bovedillas y los paneles que son empleados en reemplazo de los bloques de mampostería en paredes. La piedra pómez la encontramos en los denominados bloques de pómez y desechos vegetales como la fibra de coco y la cascarilla de arroz, los cuales no son de gran aplicación en nuestro país.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, por falta de investigación en este tema y por desinformación, escasamente se ha producido de forma industrial el hormigón liviano. Existen motivos para justificar su uso en obras civiles ya que un alto porcentaje de las cargas estructurales está constituido por el peso propio del hormigón. Al utilizar hormigón elaborado con agregados de baja densidad, se reducirá el peso de la estructura y puede ser considerado como un hormigón que posee características de liviano. En nuestra provincia, no existe un agregado que cumpla con los requisitos para un hormigón liviano de calidad, por este motivo el agregado que usamos en el hormigón liviano es arcilla expandida.

Cabe mencionar que, según el código ACI-318, para que un hormigón entre en el grupo de los hormigones livianos estructurales, éste debe poseer, como máximo, una densidad de 1.840 kg/m^3 y una resistencia mínima a la compresión de 17 MPa a los 28 días.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El gran desarrollo, la importancia del hormigón en la industria de la construcción, la demanda creciente dentro de la tecnología del hormigón y la ausencia de agregados con características adecuadas dentro de nuestra provincia originan que se indague nuevos materiales que posean cualidades que mejoren las propiedades mecánicas del hormigón. Esto nos conduce a hallar elementos que tengan las características físico-mecánicas necesarias para comportarse como agregado de baja densidad para hormigones de peso ligero debido a que un alto porcentaje del peso y volumen del hormigón está constituido por los agregados.

El propósito de este trabajo de investigación es hacer uso de la arcilla expandida, que es un material de origen cerámico con una estructura altamente porosa, lo que convierte en un material ligero. Su resistencia y dureza la hace ideal para el uso de hormigón ligero, dando buenos resultados para la

aplicabilidad en la construcción, ya que existen en el país hormigones livianos elaborados con agregados de baja densidad que no cumplen con los requisitos mecánicos para ser usados como hormigones estructurales livianos y de alto desempeño.

Por tal motivo, en este trabajo de investigación, tratamos el uso de la arcilla expandida como una alternativa de material liviano en el hormigón, debido a que, en nuestra provincia, no existe un agregado que cumpla con los requisitos para un hormigón liviano de calidad.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

➤ Elaborar hormigón liviano con arcilla expandida y definir sus propiedades.

1.5.2 Objetivos Específicos

➤ Dar a conocer los fundamentos teóricos de la elaboración de hormigón liviano con arcilla expandida.

➤ Identificar, mediante el estudio experimental en el laboratorio las propiedades mecánicas de los materiales constituyentes del hormigón.

➤ Establecer una dosificación apropiada del hormigón liviano con arcilla expandida.

➤ Establecer el costo de la elaboración del hormigón convencional y del hormigón liviano con arcilla expandida.

➤ Analizar y comparar los resultados obtenidos del hormigón liviano con arcilla expandida.

➤ Exponer su aplicación y empleo para fomentar futuras investigaciones de hormigón liviano con arcilla expandida.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1 Formulación de la hipótesis

➤ La utilización de la arcilla expandida en el hormigón reducirá el peso del hormigón y tendrá igual o mejor resistencia en relación al hormigón convencional.

1.6.2 Variables

1.6.2.1 Variable independiente:

- Cemento Tipo HE Holcim Premium (NTE INEN 2380)
- Cemento Tipo 1P Lafarge SELVALEGRE PLUS (NTE INEN 490)
- Agregado fino “arena triturada” (Cantera San Vicente de Colonche)
- Agregado fino “arena de río” (Cantera El Triunfo)
- Agregado grueso 3/8” (Cantera San Vicente de Colonche)
- Arcilla expandida (Arlita Leca)
- Agua potable.

1.6.2.2 Variable dependiente:

- Cantidad de cemento, agregados y agua en la mezcla de hormigón.

1.7. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Este trabajo de titulación será experimental y descriptivo debido a la elaboración de hormigón liviano con arcilla expandida empleando cemento 1P y HE. Será experimental ya que nos acercaremos de manera más directa a los resultados, mediante los ensayos y estudio comparativo de las propiedades mecánicas de este hormigón versus el hormigón convencional. Será descriptivo porque se puntualizará la evaluación de los resultados obtenidos de cada ensayo a realizarse, tanto a los agregados como a las probetas. A continuación, se especifica la metodología propuesta:

Recopilación de datos: Se recopiló bibliografía referente a hormigón liviano, agregados livianos, arcillas expandidas, normas para realización de los respectivos ensayos, elaboración y curado de probetas, normas para el diseño de hormigón liviano y fichas técnicas de los dos tipos de cementos utilizados y aditivos.

Materiales e instrumentos de investigación: Los siguientes materiales fueron usados para desarrollar este proyecto:

- Cemento Tipo HE Holcim Premium (NTE INEN 2380)
- Cemento Tipo 1P Lafarge SELVALEGRE PLUS (NTE INEN 490)
- Agregado fino “arena triturada” (Cantera San Vicente de Colonche)
- Agregado fino “arena de río” (Cantera El Triunfo)
- Agregado grueso 3/8” (Cantera San Vicente de Colonche)
- Arcilla expandida (Arlita Leca)
- Agua potable.

Para ensayar los agregados y para fabricar las probetas, utilizamos los siguientes equipos y herramientas:

- Juego de tamices normalizados para realizar el análisis granulométrico.
- Balanzas 1 g de precisión.
- Recipiente volumétrico y varilla lisa redondeada de acero para determinar pesos volumétricos.
- Canastilla y recipiente para determinar la densidad del agregado.
- Máquina de los ángeles, determinación de abrasión del árido grueso.
- Barras de mortero, determinación de la reactividad alcalina de combinaciones árido-cemento.
- Juego de calibradores metálicos, para determinar índice de lajosis y elongación.
- Cono de Abrams, para determinar el asentamiento.
- Moldes metálicos para la fabricación de probetas de hormigón.
- Prensa hidráulica y almohadillas no adherentes de neopreno para rotura de probetas.

- Piscina para el respectivo curado de las probetas.

Instrumentos usados para desarrollo del proyecto de tesis:

- Se emplearon modelos estadísticos y matemáticos para valorar el comportamiento entre el hormigón convencional y el hormigón con arcilla expandida.
- Uso de software MICROSOFT EXCEL y WORD para la elaboración del cronograma, presupuesto, análisis de resultados y redacción del proyecto de tesis.
- Uso de normas American Society for Testing Materials (ASTM), American Concrete Institute (ACI) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) para la realización de los ensayos a los agregados, hormigón fresco y probetas de hormigón.

Toma de muestra y caracterización de los agregados: Se realizó los ensayos de caracterización de los agregados en el laboratorio bajo las normas actuales, cumpliendo los requisitos de la NTE INEN 872/ASTM C33, que son: porcentaje de absorción, peso volumétrico suelto (PVS), peso volumétrico varillado (PVV), densidad saturada superficialmente seca (DSSS), granulometría, elongación y lajosidad, abrasión de los ángeles y reactividad alcalina.

Diseño de hormigón: Se realizó varios diseños de hormigón con la finalidad de encontrar las dosificaciones óptimas para obtener un mejor comportamiento del hormigón, usando dos tipos de cementos, HE y 1P, y realizando reemplazos parciales y totales del agregado liviano. Se siguió las normas ACI 211.1., y el método de diseño de la ACI 211.2 para hormigón liviano por contenido de cemento recomendado por el Instituto Mexicano de Cemento y Hormigón.

Elaboración de probetas de hormigón: Se utilizó probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro (100mmx200mm), según la ASTM C 470. Las probetas deben prepararse y curarse de acuerdo con lo indicado en la ASTM C 31M. Estas deben estar en sitios seguros, alejadas de golpes o vibraciones. Los

moldes deben estar cubiertos con una lámina plástica para evitar la pérdida de humedad. Luego de 48 horas de su elaboración, las probetas pueden ser sacadas de los moldes para iniciar el curado.

Análisis de resultados y conclusiones: Se analizó, detalladamente, las características de los agregados, ensayos realizados, dosificaciones y resultados obtenidos en general para realizar las respectivas conclusiones y recomendaciones con criterio técnico; en consecuencia, proporcionando un aporte para la aplicación de esta alternativa de hormigón liviano en las obras civiles que lo ameriten.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 HORMIGÓN LIVIANO DE ALTO DESEMPEÑO

El hormigón liviano de alto desempeño se puede definir como una combinación entre el “Hormigón liviano” y el “Hormigón de alto desempeño”,

Según la definición del ACI, un hormigón de alto desempeño, es el que cumple con una combinación de desempeño especial y uniformidad, que no siempre pueden ser obtenidos por los componentes tradicionales y las prácticas normales de mezcla y colocación. Un hormigón de alto desempeño es un hormigón en cual ciertas características son desarrolladas para una aplicación y medioambiente particular.

(Pedreros Parra, s.f.)[1] menciona: Dada la gran generalidad de todas las definiciones que existen acerca de este hormigón, se afirma que no existe un sólo tipo de hormigón de alto desempeño, sino que el concepto abarca a la familia de todos los hormigones que pertenecen a la categoría de no convencional. Dentro de este grupo están:

- Hormigón Autocompactante
- Hormigón de alta y muy alta resistencia
- Hormigón ligero
- Hormigón pesado
- Hormigón proyectado
- Hormigón poroso

Existe una falsa afirmación que un hormigón de alto desempeño es sólo aquel que posee la característica de alta resistencia y mejorada durabilidad. Sin embargo, la definición de hormigón de alto desempeño es mucho más amplia y alcanza a gran variedad de hormigones. Un hormigón de alto desempeño será el

hormigón más eficiente y eficaz que se puede elaborar según los requerimientos exigidos en un proyecto. (Pedreros Parra, s.f.)

2.2. AGREGADOS LIVIANOS

(Sánchez de Guzmán, 2011) [2], describe a los agregados como “aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia del agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón”

La norma (ASTM C330) [3] establece al agregado liviano como aquel que tiene un peso volumétrico seco suelto como máximo de 880 kg/m^3 , mientras que para el agregado normal, las densidades oscilan entre 1440 a 1769 kg/m^3 . Los agregados livianos se caracterizan por su alta porosidad y bajo peso específico, es por esto que se diferencian del agregado de peso normal, lo que contribuye directamente en el peso final del concreto, así aportando a la disminución de secciones estructurales, ya que existe una diferencia amplia de densidades.

2.2.1. Clasificación de los agregados livianos

Según investigaciones antes efectuadas, existen varios tipos de este material, donde sus características son de gran importancia para la resistencia y densidad del concreto. Los agregados livianos por su origen se clasifican en tres categorías: naturales, artificiales y orgánicos.

2.2.1.1. Agregados livianos naturales

Pertenecen a aquellos que proceden de la explotación de fuentes naturales. Generalmente, durante su formación, en estos agregados, ha existido aire. Estos han sufrido procesos de abrasión e intemperismo, o son sometidos a trituración mecánica. Por esto, sus propiedades y características no son alteradas. Por lo tanto, su uso puede darse tal como se halla en la naturaleza.

Algunos ejemplos de áridos livianos de esta clasificación se los menciona a continuación (M.S. Shetty, 2005) [4]:

➤ **Piedra pómez**

Son rocas de origen volcánico, las cuales se encuentran en muchas partes del mundo. Son lo suficientemente ligeras y resistentes para ser usadas como agregados livianos. Su ligereza es debida al gas que se escapa de la lava fundida cuando erupcionan desde las profundidades de la tierra. La piedra pómez se presenta usualmente de color clara o blanca y tienen una textura de celdas interconectadas.

➤ **Diatomita**

Esta es una roca silícica amorfa derivada de los restos de las plantas acuáticas microscópicas, que se forman cerca de la corteza profunda del océano. La diatomita en forma pura tiene una densidad promedio de 450 kg/m^3 , pero debido a las impurezas la diatomita es normalmente usada como un agente para dar mayor manejabilidad y también como un material puzolánico. La diatomita o tierra diatomácea también puede ser sinterizada en hornos rotatorios para hacer agregados livianos artificiales.

➤ **Escoria**

Es también un agregado de origen volcánico, cuyo color es usualmente oscuro y contiene celdas de formas largas e irregulares no conectadas entre sí. Además es ostensiblemente más débil que la pumicita.

2.1.1.2. Agregados livianos artificiales

Estos se obtienen mediante calor hasta su fusión debido a las altas temperaturas, produciendo el desprendimiento de gases de los materiales que lo constituyen por lo cual se expanden disminuyendo su densidad.

Por efecto el producir este tipo de material necesita de amplios estudios para examinar la característica de cada uno de estos y verificar si posee las propiedades para que la expansión pueda darse lugar.

La densidad de estos agregados esta entre los 300 y 1000 kg/m³. Pueden obtenerse gran cantidad de hormigones de densidades inferiores a un hormigón convencional.

Los agregados livianos más comunes son las arcillas expandidas, las pizarras o esquistos expandidos y las cenizas volantes calcinadas.

A continuación una breve descripción de los agregados ligeros artificiales (INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.) [5]:

➤ Arcilla, esquisto, y la pizarra expandida se obtienen calentando las materias primas adecuadas en un horno rotatorio hasta su fusión incipiente (a temperaturas de 1000 a 1200° C), cuando tiene lugar la expansión del material gracias a la generación de gases que quedan atrapados en una masa pirolástica viscosa. Esta estructura porosa queda retenida al enfriarse, por lo que la densidad relativa del material expandido es inferior a la del material original antes de calentarse. A veces la materia prima se reduce al tamaño deseado antes de calcinarse, pero también puede triturarse después de la expansión. Esta última también puede lograrse mediante el empleo de un cordón de sinterización. En este caso, el material humedecido es conducido por una rejilla móvil hacia los quemadores, de manera que todo el espesor de la cama del material se cose gradualmente. Su viscosidad es tal, que los gases quedan atrapados. Al igual que con el horno rotario la masa enfriada se tritura o se emplea el material peletizado inicialmente.

El empleo de material peletizado produce partículas con un cascaron o “cubiertas” lisa (de 50 a 100 μm de espesor) sobre un interior celular. Estas partículas casi esféricas con un satinado casi impermeable tienen menor absorción de agua que las partículas no cubiertas, cuya velocidad de absorción varía del 12 al 30%. Las partículas recubiertas se manejan más fácilmente, se mezclan mejor y producen concretos de elevada trabajabilidad, pero por lo general son más costosas que el agregado no angular no recubierto.

Los agregados de esquistos y arcillas expandidos hechos mediante el proceso de cordón de sinterización tienen una densidad de 650 a 900 kg/m³, y cuando se hace en horno rotatorio de 300 a 650 kg/m³. Producen concreto con una densidad entre 1400 y 1800 kg/m³. Aunque sea han obtenido valores de hasta 800 kg/m³. El concreto hecho con agregado de esquisto o arcilla expandida tienen por lo general más resistencia que cuando se emplea cualquier otro agregado ligero.

➤ La perlita es una roca vítrea volcánica que se encuentra en América, Ulster, Italia y otros lugares. Cuando se calienta rápidamente hasta el punto de fusión incipiente (de 900 a 1100 °C) se expande debido a la evolución de vapor y forma un material celular con un peso volumétrico hasta de 30 a 240 kg/m³. El concreto hecho con perlita tiene muy baja resistencia, contracción muy elevada y se emplea principalmente como aislante. Una ventaja de este tipo de concreto es que seca rápidamente y puede dársele también un acabado rápido.

➤ La vermiculita es un material de estructura laminada similar a la de la mica, que se encuentra en América y en África. Cuando se calienta a una temperatura de 650 a 1000 °C se expande varias veces su tamaño, hasta 30 veces, por exfoliación de sus delgadas láminas. Como resultado de esto, el peso volumétrico de la vermiculita exfoliada es de solo 60 a 130 kg/m³ y el concreto hecho con ella es de muy baja resistencia y exhibe contracción elevada; sin embargo, es un excelente aislante del calor.

➤ La escoria expandida de alto horno se produce de dos maneras. Una de ellas consiste en hacer una cantidad limitada de agua en forma de rocío entre en contacto con la escoria fundida al descargarla del horno (en la producción del hierro en lingotes). La generación de vapor infla la escoria que aún está en estado plástico, de manera que se endurece en forma porosa, bastante similar a la de la piedra pómez. Este es el proceso con chorro de agua. En el proceso mecánico la escoria fundida se agita rápidamente con una cantidad controlada de agua. El vapor queda atrapado, y se forman también algunos gases debido a la reacción química de ciertos componentes de la escoria con el vapor de agua.

En forma expandida o espumosa la escoria se ha empleado durante muchos años y se produce con un peso volumétrico que varía entre 300 y 1100 kg/m³, lo que depende de los detalles del proceso de enfriamiento y, hasta cierto punto, del tamaño y granulometría de la partícula. También se dispone de escoria peletizada, la cual se obtiene expandiendo la escoria fundida bajo el agua y rompiéndola en partículas que se impulsan a través del aire para formar bolitas uniformes.

➤ El agregado de Clinker, conocido como ceniza se hace con residuos bien quemados de horno industrial de alta temperatura, sintetizados o aglomerados en terrones. Es importante que este clinker esté libre de las variedades perjudiciales de carbón sin quemar, las cuales pueden expandirse en el concreto, causando así inestabilidad.

El hierro o las piritas en el clinker pueden causar manchas en la superficie y, por lo tanto, deben eliminarse. La inestabilidad debida a la cal muy quemada puede evitarse dejando que el clinker permanezca mojado durante un periodo de varias semanas; con esto la cal se apagará y no se expandirá en el concreto.

➤ Cisco es el nombre que se le da a un material similar a la escoria de cemento, pero de aglomeración más ligera y menor calidad de incineración. No existe una diferencia precisa entre cisco y clinker.

Cuando se emplean cenizas, ya sea como agregado fino o como agregado grueso, se obtiene un concreto con densidad de 1100 a 1400 kg/m³, pero a menudo se emplea arena natural para mejorar la trabajabilidad de la mezcla: la densidad del concreto resultante es, entonces, de 1750 a 1850 kg/m³.

➤ La ceniza volante o ceniza pulverizada de combustible (conocida como pfa) es un residuo finamente dividido de la combustión de carbón pulverizado en calderas de plantas modernas, tales como las plantas de energía eléctrica. La ceniza se humedece, se forman bolitas y, después, se aglomera en un horno adecuado: la pequeña cantidad de combustible no quemado presente en la ceniza, mantendrá por lo general este proceso de adición de combustible. Los nódulos aglomerados proporcionan un agregado redondeado muy bueno, conocido como

Lytag, con peso volumétrico de alrededor de 1000 kg/m³; la fracción fina puede alcanzar los 1200 kg/m³.

Cabe señalar que, generalmente las partículas más finas tienen un peso volumétrico mayor que las partículas gruesas. Esto está relacionado con el proceso de trituración: la fractura ocurre a través de los poros más grandes, por lo que mientras más pequeña sea las partículas menores serán sus poros y, por lo tanto, mayor será la densidad aparente.

2.2.1.3 Agregados livianos orgánicos

Su utilidad ha sido observada en paneles y bloques. Generalmente, los agregados de este tipo son los desechos de las cosechas, como: cáscara de arroz, fibra de coco, aserrín, viruta de madera y poliestireno expandido. Estos agregados poseen una baja densidad, en la fabricación del concreto tienen resistencias bajas, pero aportan a las estructuras que ameriten de aislamiento térmico.

2.3 ARCILLA EXPANDIDA

La arcilla expandida es un árido de origen cerámico. Se obtiene a partir de arcilla pura extraída de cantera a cielo abierto. Se caracteriza por sus esferas irregulares con una superficie externa cerrada. En su interior, posee gran porosidad y presenta un color negro calcinado. Esta se expande de forma natural debido a los gases de combustión internos, a una temperatura de 1.100°C y 1.300°C, incrementando su tamaño inicial en 20% y un 40%. Su granulometría está entre 10-16 mm. Cabe indicar que la arcilla expandida no contiene materia orgánica.

2.3.1 Requisitos químicos para que una arcilla sea capaz de expandirse

Al momento de escoger una arcilla para su producción, hay que tener en cuenta la capacidad que ésta debe tener para expandirse, vitrificar y sellar su superficie. (Parra Henao, 2000)[6], menciona: “la necesidad de crear una fase

fundida de viscosidad suficientemente elevada para encerrar un gas, conlleva ciertas restricciones en la elección de la arcilla. En efecto, los contenidos en sílice, alúmina y fundentes (cal, magnesia, óxido de hierro, álcalis) no deben sobrepasar ciertos límites, ya que, de lo contrario, la arcilla no fundiría a una temperatura suficientemente baja o fundiría en una masa insuficientemente viscosa”.

El aumento de tamaño de la arcilla se debe a la expansión de los minerales, que son: Esméctica y Vermiculita, y éstas, a su vez, se subdividen en: Saponita, Montmorillonita y las vermiculitas trioctoédrica y dioctoédrica. Lo importante de los minerales arcillosos para que se dé lugar a la expansión es que prevalezcan: la Montmorillonita, la saponita o la vermiculita.

2.3.2 Proceso de fabricación industrial de las arcillas expandidas

(Madrid Patente nº 2 222 248, 2005) [7]

Su técnica de fabricación no ha cambiado significativamente desde la aparición de los primeros hornos de cocción y de expansión. Esta fabricación se realiza aún, actualmente, por calentamiento a alta temperatura en hornos rotativos. La energía calorífica se crea por la combustión de combustibles fósiles.

Son necesarias varias etapas para la obtención de la arcilla expandida:

1. Preparación de la arcilla en unas condiciones precisas y perfectamente controladas (trituration, laminado, humidificación) al objeto de confeccionar gránulos (granulación);
2. Secado y almacenamiento de estos gránulos;
3. Cocción de estos dentro de un primer horno rotativo;
4. Transferencia de los gránulos de arcilla cocidos dentro de un segundo horno rotativo llevado a 1200 °C y cuidadosamente regulado; en medio de la masa arcillosa se habrá vuelto plástica por la alta temperatura, un desprendimiento gaseoso provoca el alveolado y por consiguiente la expansión de los gránulos arcillosos;

5. Enfriamiento de estos últimos después de transferirlos a un túnel de enfriamiento.



Figura 1. Proceso de fabricación industrial de Arcilla Expandida
Fuente: MAXIT, Proveedor de arcilla expandida

Estos gránulos cuya forma se ha vuelto sensiblemente esférica son, finalmente, cribados y, herméticamente, almacenados a fin de evitar las suciedades y las mezclas de diferentes calidades. Sin embargo, esta técnica de fabricación de los gránulos de arcilla expandida presenta varios inconvenientes:

➤ Las infraestructuras utilizadas son muy pesadas si se considera que comprenden dos o tres hornos en línea o en cascada entre la entrada de los gránulos de arcilla secos y la salida de los gránulos expandidos hacia un puesto de cribado y de almacenamiento; estas infraestructuras conllevan, por otra parte, gastos de explotación y de mantenimientos importantes, sobre todo. Debido al hecho, incluyen partes mecánicas sometidas a altas temperaturas;

➤ De rendimiento de las instalaciones es pobre. Al ser la arcilla un material de refractario, se pierde gran parte del en el día de calentamiento. Además, el procedimiento y las instalaciones de calentamiento actuales calientan el material desde el exterior hacia el interior. Esta mala distribución de la energía calorífica representa un sobreconsumo de energía y la creación de esfuerzos térmicos en el material que puede provocar la explosión de los gránulos o bolas de arcilla y, por consiguiente, una reducción de la productividad.

La arcilla al ser sometida a temperaturas altas, provoca el desprendimiento de gases que se producen por varias reacciones químicas:

➤ Descomposición de minerales gaseosos (sulfatos, sulfuros, etc.);

- Combustión de materias orgánicas (carbono, ácidos húmicos, añadidos hidrocarburos, etc.);
- Craqueo de estas materias orgánicas;
- Reacciones de óxido y reducción entre estas materias orgánicas y los óxidos de hierro.

2.3.3 Aplicaciones de la arcilla expandida

La utilización de arcillas expandidas puede darse en diferentes ámbitos, como por ejemplo:

- La construcción de bloques prefabricados livianos ya que reduce el peso y agiliza el trabajo, además de aportar con propiedades aislantes, térmica y acústica.
 - Jardinería, cultivos hidropónicos o, también llamados, cultivos sin tierra, por la propiedad de almacenar agua y aire en sus poros. Este es el único uso que se le da a la arcilla expandida en el Ecuador.
 - Por su ligereza y mayor volumen, puede ser la solución a problemas de suelos como el relleno en la instalación de tuberías ya que reducen las presiones laterales y cargas sobre las tuberías, la construcción de muros de contención más económicos o relleno sobre túneles.
 - Por su porosidad, puede servir como material filtrante en la depuración de aguas residuales, absorber aceites, pesticidas, etc.
- Y, por supuesto, hormigones ligeros reduciendo la carga muerta de las estructuras, permitiendo elementos estructurales de mayores longitudes.

2.4 TIPOS DE HORMIGÓN CON AGREGADOS LIVIANOS

Estos se clasifican por diversos principios, citados a continuación:

Por su densidad: La norma ACI 213R-03 nos indica que los concretos livianos son los que poseen en estado seco una densidad menor de 1920 kg/m³.

- *Densidad de 300 a 800 kg/m³:* Concretos livianos de alto poder de aislamiento térmico con moderadas resistencias.

➤ *Densidad de 800 a 1200 kg/m³*: Concretos livianos de mediano poder de aislamiento térmico con resistencias de tipo medio.

➤ *Densidad de 1200 a 1800 kg/m³*: Concretos livianos de mayor resistencia a la compresión con limitado poder aislante de calor.

Por sus componentes: Se divide en tres subgrupos, entre ellos se encuentran:

➤ *Concretos sin finos*: Consiste en agregado grueso, cemento y agua, El concreto sin finos contiene un mínimo o nada de agregado fino. Poseen una densidad entre 1600 y 2000 kg/m³, donde el tamaño de las partículas más comunes es de 10 y 20 mm, evitando que el grano sea inferior de 4,76 mm. La resistencia esta entre 14 y 141 kg/m².

➤ *Concretos de agregado liviano*: Mezcla constituida por agregado ligero. Puede ser fino o grueso; cemento y agua. Poseen densidades menores que la de un concreto convencional. La propiedad más significativa de este concreto es la densidad, que está entre 300 y 1.850 kg/m³, con resistencias que se encuentran desde 35 kg/cm² hasta 422 kg/cm². La mayoría de los agregados tiene absorción elevada de agua debido a la presencia de vacíos.

➤ *Concretos aireados*: También denominado concreto celular, se caracteriza por la cantidad de aire o burbujas de gas (oxígeno, aire, hidrógeno) que se incluye dentro del concreto, obteniendo una reacción química con el concreto fresco, que, en el momento del fraguado, contendría un gran número de burbujas de gas, lo cual es una mezcla de silicatos de calcio en granos finos con celdas de aire comunicadas entre sí. Éste se subdivide en dos: concreto con gas y concreto espumoso.

Los tipos de agregado antes mencionados son efectivos para fabricar hormigón liviano, pero hay que resaltar que, por sus propiedades, no todos sirven para fabricar un hormigón liviano estructural. Los agregados que cumplen con los requisitos para lograr concretos estructurales corresponden a los procesados

artificialmente, como puzolanas, escoria de alto horno y, especialmente, esquistos, pizarras o arcillas expandidas. La que mejor se comporta de los agregados descritos anteriormente es la arcilla expandida.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las propiedades de diferentes hormigones livianos, debe hacerse énfasis en que los valores incluidos son típicos, pero no necesariamente limite y son útiles para fines de comparación.

Tabla 1. Propiedades típicas de los hormigones livianos

PROPIEDADES DE LOS HORMIGONES LIVIANOS CON AGREGADO LIVIANO			
TIPO DE HORMIGON	PESO VOLUMETRICO DEL AGREGADO (kg/m ³)	DENSIDAD DEL CONCRETO EN SECO (kg/m ³)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)
HORMIGON AIREADO	N/A	750 - 900	3 - 6
HORMIGON CON VERMICULITA EXFOLIADA	65-130	300-500	2
HORMIGON CON PIEDRA POMEZ	300 -450	1200 - 1450	7 - 15
HORMIGON CON ARCILLA EXPANDIDA	350 - 550	1500 - 1750	17 - 25

Fuente: Instituto Mexicano del cemento y del concreto

2.5 MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

2.5.1 Cemento portland

El cemento Portland es un polvo químico finamente molido de carácter hidráulico, compuesto principalmente de silicato de calcio y en menor proporción de aluminato de calcio, los cuales fraguan y se endurecen al reaccionar químicamente con el agua, esta reacción química se denomina hidratación del hormigón (Mindiola Carrillo, 2011) [8]. Para emplear el cemento en el hormigón con arcilla expandida, no existen requisitos específicos, por lo que se puede usar aquellos que cumplan con la NTE INEN 152.

2.5.1.1 Proceso de fabricación del cemento (Holcim, 2015) [9]

➤ Extracción y trituración. Una vez se extraen las materias primas (calizas y arcillas) de la cantera, se transportan a la planta y se trituran.

- Prehomogenización. Una banda transporta el material; este es analizado por un equipo de rayos gamma; luego pasa al patio de prehomogenización.
- Almacenado y dosificación. El material es almacenado para recibir minerales de hierro y caliza correctiva alta; se dosifica dependiendo de qué tipo de cemento se necesita.
- Molienda. En el molino de crudo se pulveriza el material, luego pasa al silo de homogenización.
- Fabricación de Clinker. Con altas temperaturas, la harina se transforma en Clinker (especie de piedra cristalizada, redonda, gris, enfriada con rapidez). Se aprovecha para coprocesar residuos industriales.
- Premolienda. Tras ser almacenado, el Clinker pasa por un molino de rodillos.
- Molienda. El Clinker se muele con yeso, lo que determina el tipo de cemento.
- Empaque en bolsas.
- Empaque al granel.
- Despachos.

2.5.1.2 Clasificación del cemento portland

Los criterios a seguir para escoger el cemento y obtener un hormigón de buena calidad con arcilla expandida son similares a los realizados en un hormigón convencional. Según la NEC 11, en Ecuador se pueden fabricar los siguientes tipos de cementos hidráulicos:

- *Puros (NTE INEN 152/ASTM C150):*
 - Tipo I: Uso común
 - Tipo II: Moderada resistencias a los sulfatos
Moderado calor de hidratación
 - Tipo III: Elevada resistencia inicial
 - Tipo IV: Bajo calor de hidratación
 - Tipo V: Alta resistencia a la acción de los sulfatos
 - Tipo IA,IIA,IIIA: Incorporadores de aire

- *Compuestos (NTE INEN 490/ASTM 595):*
 - Tipo IS: Portland con escoria de altos hornos
 - Tipo IP: Portland Puzolánico
 - Tipo P: Portland puzolánico (resistencias iniciales no requeridas)
 - Tipo I(PM): Portland puzolánico modificado
 - Tipo I(SM): Portland con escoria modificada
 - Tipo S: Cemento de escoria

- *Por Desempeño (NTE INEN 2380/ASTM C1157)*
 - Tipo GU: Uso en construcción en general
 - Tipo HE: Elevada resistencia inicial
 - MS: Moderada resistencia a los sulfatos
 - HS: Alta resistencia a los sulfatos
 - MH: Moderado calor de hidratación
 - LH: Bajo calor de hidratación

- *Cementos para mampostería (NTE INEN 1806).*

Para obtener el hormigón liviano con arcilla expandida usaremos el cemento SELVALEGRE PLUS tipo IP de Lafarge y Cemento Holcim PREMIUM tipo HE.

2.5.2 Áridos

Material granular que constituye el mayor volumen en la mezcla. Sus propiedades físicas y mecánicas juegan un papel importante en las del hormigón. Debe estar constituido de partículas sanas, limpias, resistentes, libres de defectos ocultos, de adherencia como limo, arcilla, grasas o aceites y sobre todo, libre de materia orgánica. El material granular debe manejarse en por lo menos dos porciones de tamaños diferentes, llamados árido grueso y árido fino.

2.5.2.1 Árido fino

La NTE INEN 1762 lo define como: árido que pasa por el tamiz de 9,5 mm (3/8”) y que la mayor parte de sus partículas pasa por el tamiz de 4,75 mm (No. 4) y son retenidas en su mayoría en el tamiz 75 μ m (No.200).

Para realizar el hormigón liviano con arcilla expandida se pueden emplear todo material fino que cumpla con los requisitos de los áridos de la norma NTE INEN 872. El árido fino que se empleó es denominado “cisco”, arena triturada que es extraída de la cantera San Vicente de Colonche ubicada al norte de la Provincia de Santa Elena, a cargo de la empresa EMUVIAL E.P. Este tipo de arena fue escogido debido a sus aristas por su aportación en la adherencia para el hormigón con la arcilla expandida, debido a que el agregado grueso es redondeado y con poca rugosidad.



Figura 2. Muestreo de árido fino – EMUVIAL E.P.
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

2.5.2.2 Árido grueso

La NTE INEN 1762 lo define como: árido en que la mayor parte de sus partículas quedan retenidas en el tamiz 4,75 m (No.4.).

El tamaño nominal de las partículas más grandes del árido grueso no debe ser mayor a:

- 1/5 de la menor dimensión de la sección transversal del elemento a colar,
- 1/3 del espesor de la losa,
- $\frac{3}{4}$ del espaciamiento libre entre varillas de la armadura, o paquetes de varillas, cables de acero o ductos embebidos.
- El recubrimiento del acero

Para fabricar el hormigón liviano nuestro agregado grueso será la arcilla expandida y deberá cumplir con los requisitos de la norma ASTM 330 y para el hormigón patrón como agregado grueso usaremos la grava extraída de la cantera San Vicente de Colonche, la cual deberá cumplir con los requisitos de la norma ASTM 33.



Figura 3. Arcilla expandida - Agregado grueso
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

2.5.3 Agua

El agua desempeña uno de los papeles vitales en el hormigón. Es el componente que combina químicamente con el cemento para producir la pasta que aglutina las partículas del árido, las mantiene unidas y colabora en gran medida con la resistencia y todas las propiedades mecánicas del hormigón.

El agua empleada en la mezcla debe estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales materiales orgánicas u otras sustancias que puedan ser nocivas al hormigón.

2.5.4 Aditivo

El aditivo es un producto químico que se usa en la fabricación del hormigón para mejorar sus propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido o en ambos. Según la (NEC-11)[10]:

➤ Los aditivos reductores de agua y aquellos que modifican el tiempo de fraguado deben cumplir con la norma ASTM C 494 M “Especificación para aditivos químicos utilizados en la elaboración del hormigón”

➤ Los aditivos plastificantes, plastificantes retardadores de fraguado utilizados para elaborar hormigón fluido deben cumplir con la norma ASTM C 1017/ C 1017 M “Especificación para aditivos químicos utilizados en la elaboración de hormigón fluido”

➤ Los aditivos incorporadores de aire deben cumplir con la norma ASTM C 260 “Especificación para aditivos incorporadores de aire utilizados en la elaboración de hormigón”

➤ El cloruro de calcio o los aditivos que contengan cloruros que no provengan de impurezas de los componentes del aditivo, no deben utilizarse en: hormigón pre-esforzado, en el hormigón que contenga elementos de aluminio embebidos, ni en el hormigón elaborado sobre formaletas permanentes de acero galvanizado.

CAPITULO III

ESTUDIO EXPERIMENTAL

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Este proyecto está enfocado en la obtención del hormigón liviano de alto desempeño se seleccionó los materiales componentes de este hormigón, es muy importante la elección del agregado liviano, según el ACI 213R-03 uno de los agregados livianos con mejor comportamiento es la arcilla expandida, por este motivo fue elegido como agregado grueso, con el fin de obtener densidades inferiores a 1850 kg/m^3 , y superar valores de resistencias de 17 MPa, obteniendo como resultado un hormigón liviano con mejores propiedades mecánicas. Y logrando un alto desempeño al obtener mezclas superfluida y de alta trabajabilidad, gracias a las bondades del aditivo que se utilizó, el cual reduce la segregación; incrementa la eficiencia del cemento; reduce la permeabilidad y disminuye la tendencia a la fisuración, así como la contracción.

Se caracterizó los materiales destinados a ser empleados en el hormigón liviano (alto desempeño), como: el agregado grueso de peso normal y liviano (arcilla expandida), y el agregado fino de peso normal. Con el fin de reducir la densidad del concreto, manteniendo o mejorando su resistencia a la compresión. Los ensayos a los agregados fueron realizados tres veces para obtener valores más exactos, estos se los menciona a continuación:

- Análisis Granulométrico
- Material más fino que pasa el tamiz $75 \mu\text{m}$
- Terrones de arcilla y partículas desmenuzables
- Partículas livianas
- Determinación del porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación
- Impurezas orgánicas
- Resistencia a la abrasión

- Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfatos de sodio o sulfatos de magnesio
- Determinación de índice de aplanamiento y de alargamiento de una muestra de agregado grueso

Se eligió dos tipos de cemento para este proyecto de titulación cemento de elevada resistencia inicial tipo HE (Holcim Premium), por sus altas resistencias iniciales y finales, por la reducción de segregación de las mezclas, mejor Trabajabilidad y buen desempeño de fraguado. También se utilizó Portland puzolánico tipo 1P (Selvalegre), por su resistencia a agentes agresivos, durabilidad y debido a su menor calor de hidratación que los cementos puros. Para así poder concluir el comportamiento del hormigón con el uso de los diferentes cementos.

En este trabajo de investigación se utilizaron dos métodos de diseños para la elaboración del hormigón liviano, según la norma ACI 211.1, realizado bajo la norma del hormigón convencional y, según el método de diseño de hormigón liviano de la ACI 211.2, donde se elaboró el hormigón liviano con tres dosificaciones diferentes, usando entre el 40 y 60% de agregado fino, también se realizó mezclas con reemplazo parcial de agregado grueso, con el fin de comparar y determinar las causas de los resultados y hallar el método donde se obtengan densidades menores a 1850 kg/m^3 y mejores resistencias a la compresión. Se realizaron los siguientes diseños con el objetivo de encontrar la dosificación para obtener mejores resistencias a la compresión:

Tabla 2. Dosificaciones del hormigón liviano

DISEÑOS REALIZADOS				
NORMAS	DOSIFICACION	PROPORCIONES (%)		TIPO DE CEMENTO
		A. FINO	ARCILLA EXPANDIDA	TIPO 1P (SELVALEGRE)
ACI 211.1 A/C	100.1	40	60	x
	100.2	50	50	x
	100.3	60	40	x
ACI 211.2 C.C.	200.1	40	60	x
	200.2	50	50	x
	200.3	60	40	x
DISEÑOS REALIZADOS				
NORMAS	DOSIFICACION	SUSTITUTO PARCIAL DE LA ARCILLA EXPANDIDA (%)	TIPO DE CEMENTO	
			TIPO 1P (SELVALEGRE)	
ACI 211.1 A/C	100.4	25	X	
	100.5	50	X	
	100.6	75	X	

DISEÑOS REALIZADOS				
NORMAS	DOSIFICACION	PROPORCIONES (%)		TIPO HE (Holcim Premium)
		ARENA TRITURADA	ARCILLA EXPANDIDA	
ACI 211.1	100.7	60	40	X
ACI 211.2	200.4			

DISEÑOS REALIZADOS				
NORMAS	DOSIFICACION	PROPORCIONES (%)		Cemento tipo 1P (Selvalegre)
		ARENA DE RIO	ARCILLA EXPANDIDA	
ACI 211.2	200.5	60	40	X

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Los ensayos que se realizaron al hormigón, fueron realizados en estado fresco y endurecido para determinar sus propiedades, se mencionan a continuación:

- Revenimiento
- Determinación de la reactividad alcalina potencial de combinaciones árido – cemento
- Densidad del hormigón endurecido
- Resistencia a la compresión
- Módulo de elasticidad
- Permeabilidad al aire del hormigón
- Velocidad del pulso ultrasónico a través del hormigón

3.2 MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGÓN

3.2.1 Árido fino

Como agregado fino se empleó arena triturada, denominada como “cisco”, procedente de la cantera San Vicente de Colonche, el árido fue ensayado para obtener resultados de sus propiedades de acuerdo a las normas vigentes.

3.2.2 Árido Grueso

Se empleó piedra 3/8” siendo el tamaño máximo de este agregado 1/2” proveniente de la cantera San Vicente de Colonche para el hormigón patrón y

arcilla expandida (Anexo 2.1) de tamaño 3/8” de igual manera el tamaño máximo de la arcilla expandida es de 1/2” para el hormigón liviano. Los agregados fueron ensayados de acuerdo a la norma vigente, para obtener resultados de sus propiedades.

3.2.3 Cemento

Se usó dos tipos de cementos:

Portland puzolanico tipo 1P (Selvalegre): uso general en hormigones estructurales y morteros. Especial para fabricación de hormigones de medianas y altas resistencias mecánicas. Por su alta finura permite obtener hormigones más compactos. (Anexo 2.2)

Elevada resistencia inicial tipo HE (Holcim Premium): sirve para obtener altas resistencias iniciales y es ideal para edificaciones y sistemas industrializados; ya que su destacado desempeño cumple y excede los estándares de la norma NTE INEN 2380, donde establece los requisitos de desempeño para los cementos hidráulicos para aplicaciones generales y especiales. (Anexo 2.3)

3.2.4 Agua

El agua empleada en la mezcla de hormigón es potabilizada y distribuida por la empresa AGUAPEN E.P., la cual debe cumplir con las disposiciones de la ASTM C 1602, esta norma menciona que se permite el uso de agua potable para la realización de la mezcla de concreto, sin necesidad de ensayarla.

3.2.5 Aditivo

El aditivo que utilizamos para fabricar el hormigón liviano es reductor de agua de alto rango – superplastificante y acelerante (Sikament-100), que nos permitirá tener un concreto de consistencia superfluida y de alta trabajabilidad.

No contiene cloruros. Cumple con la norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1047 Tipo I. (Anexo 2.4)

3.3 MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS ÁRIDOS

3.3.1. Análisis Granulométrico

Este ensayo está determinado por la NTE INEN 696. Este método se utilizó para establecer el cumplimiento de distribución granulométrica de los materiales que serán utilizados como áridos en el hormigón desarrollado en este trabajo de titulación. La muestra del árido fino y grueso para el hormigón patrón fue previamente tomada en el lugar de almacenamiento de EMUVIAL E.P., según la NTE INEN 695, se redujo a una cantidad adecuada para el ensayo.

Se secó la muestra hasta llegar a masa constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se seleccionó los tamices necesarios, ordenándolos en forma decreciente para los tamaños de las partículas del agregado fino. Los tamices fueron agitados durante un periodo de tiempo adecuado, evitando una sobrecarga de material sobre cada tamiz.



Figura 4. Granulometría del agregado fino y grueso
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Se determinó las masas del material retenido en cada tamiz en una balanza de precisión de 0,1% y se procedió a calcular el porcentaje de material fino retenido, el pasante de cada tamiz y el módulo de finura mediante la suma de los porcentajes totales del material fino, dividido para 100. (Anexo 3.1-3.4)

3.3.2. Material más fino que pasa el tamiz 75 µm

Este ensayo está determinado por la NTE INEN 697. Mediante lavado del árido fino se determinó el porcentaje de material que pasa el tamiz 75 µm., se tomó la muestra del árido fino y grueso según la NTE INEN 695 y se procedió a reducir la muestra como lo indica la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Masa mínima para la muestra de ensayo de material más fino que pasa el tamiz 75 µm.

Tamaño máximo nominal	Masa mínima (g)
4,75 mm (No. 4) o menor	300
Mayor que 4,75 mm (No. 4) hasta 9,5 mm	1 000
Mayor que 9,5 mm hasta 19,0 mm	2 500
Mayor que 19,0 mm	5 000

Fuente: NTE INEN 697

Este ensayo se lo realizó por el procedimiento A, de lavado utilizando agua potable, con el juego de tamices según lo especificado. Después de haber secado la muestra al horno hasta conseguir masa constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, se colocó la muestra con suficiente agua en un recipiente hasta cubrirla, se agitó la muestra vigorosamente para llevar el material fino a suspensión, rápidamente se colocó la muestra en el juego de tamices, se añadió más agua y se agitó.

Se empleó un recipiente para colocar todo el material retenido en el arreglo de tamices y se puso la muestra al horno hasta conseguir masa constante. Finalmente se determinó la masa de la muestra. (Anexo 3.5)

Tabla 4. Resultados de material más fino que pasa el tamiz 75µm

ARCILLA EXPANDIDA	% mas fino de 75µm	0,000
ARIDO GRUESO (S.V.)	% mas fino de 75µm	1,21
*Parametro INEN 699: < 1%		
ARIDO FINO (S.V.)	% mas fino de 75µm	4,10
*Parametro INEN 699: < 5%		

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.3. Terrones de arcilla y partículas desmenuzables

Este ensayo está determinado por la NTE INEN 698. Con este procedimiento se estableció de manera próxima el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables. Este ensayo se realizó después de finalizar el ensayo de determinación de material más fino que pasa el tamiz 75 μm con la misma muestra.

Luego de preparar la muestra del agregado fino y grueso, según la disposición descrita en la NTE INEN 698, se realizó a la saturación con agua destilada durante un periodo de tiempo de 24 horas.



Figura 5. Saturación de la muestra de agregado fino y grueso en agua destilada
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Se trató de romper cada partícula con los dedos, clasificamos como terrones de arcilla o partículas desmenuzables a aquellas partículas que se lograron romper. Tamizamos la muestra en húmedo y determinamos el porcentaje de terrones de arcillas y partículas desmenuzables. (Anexo 3.6)

3.3.4. Partículas livianas

Este ensayo está determinado por la INEN 699. Se estableció la cantidad de material liviano contenido en el árido fino. Se tomó la muestra tal como es mencionado en la NTE INEN 699, y se la redujo como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 5. Tamaño mínimo de la muestra para ensayo de partículas livianas

Tamaño nominal máximo del árido (Tamices con aberturas cuadradas)	Masa mínima de la muestra (g)
4,75 mm o menores	200
9,5 mm	1 500
12,5 mm a 19,0 mm	3 000
25 mm a 37,5 mm	5 000
50 mm o mayores	10 000

Fuente: NTE INEN 699

Antes del ensayo secamos la muestra de agregado fino y grueso a ensayar a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta llegar a masa constante. Luego se tamizó sobre el tamiz con aberturas de $300\text{ }\mu\text{m}$ durante un minuto. Inmediatamente se llevó el material a condición saturada superficialmente seca como lo indica la NTE INEN 856. Sumergimos la muestra en una solución de Cloruro de zinc en agua destilada con una gravedad específica hasta 2,00. Se retiraron las partículas livianas que flotan, se las lavó y secó al horno para establecer el porcentaje de partículas livianas en el árido. (Anexo 3.7)

Tabla 6. Resultado de ensayo de partículas livianas

AGREGADO FINO: EL TRIUNFO			PARAMETRO (%)
P=	porcentaje en masa de partículas livianas	0,03	
AGREGADO FINO: SAN VICENTE DE COLONCHE			1
P=	porcentaje en masa de partículas livianas	0,01	
AGREGADO GRUESO: SAN VICENTE DE COLONCHE			
P=	porcentaje en masa de partículas livianas	0,005	

Fuente: D. Yagual – D. Villacís



Figura 6. Decantación de partículas livianas

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.5. Determinación del porcentaje de partículas en suspensión después de una hora de sedimentación

Este ensayo está determinado por la NTE INEN 864. La muestra de 500 gr se obtuvo por cuarteo y se usó sin ser secada al horno. Se colocó la muestra en la probeta graduada de 1000 cm^3 y se añadió agua hasta llegar a las tres cuartas partes de su capacidad.

Se agitó la probeta varias veces y se dejó en reposo por una hora para que procedan a sedimentarse las partículas del árido, se leyó la altura de la capa de partículas sedimentadas en la probeta graduada y se calcula el porcentaje de partículas en suspensión. (Anexo 3.8)

Tabla 7. Porcentaje de partículas finas

AGREGADO FINO: SAN VICENTE DE COLONCHE		
P=	porcentaje de partículas finas (%)	2,76

Fuente: D. Yagual – D. Villacís



Figura 7. Sedimentación de partículas en suspensión después de 1 hora.

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.6. Impurezas orgánicas

Este ensayo está determinado por la INEN 855. Se toma la muestra tal como es mencionado en la NTE INEN 855. Se tomó 130 cm³ de muestra de árido fino y se colocó en un recipiente de vidrio graduado e incoloro, con una capacidad de 240 cm³ a 470 cm³ que tengan tapas herméticas.

Se agregó la solución de hidróxido de sodio hasta completar los 200 ml en el frasco graduado, se agitó la muestra y luego de 24 horas se compara el color de la parte superior de la muestra, donde se encuentra la sustancia, se observó con el comparador de colores para determinar si la muestra contiene impurezas orgánicas inapropiadas. (Anexo 3.9)



Figura 8. Ensayo de partículas livianas.

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Tabla 8. Resultado de ensayo impurezas orgánicas

AGREGADO FINO: SAN VICENTE DE COLONCHE	
Número de orden en el comparador	1
Resultado	ACEPTABLE
NTE INEN 855 < 3	
AGREGADO FINO: EL TRIUNFO	
Número de orden en el comparador	1
Resultado	ACEPTABLE
NTE INEN 855 < 3	

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.7. Resistencia a la abrasión

Este ensayo está determinado por la INEN 860. Se estableció la pérdida de masa de los agregados. Se colocó la muestra en un tambor giratorio de acero con el número de esfera requerido según la gradación de la muestra (3/8”). A medida que el tambor gira, este crea una acción de impacto y trituración. Luego de un número específico de revoluciones (500), se retira el material contenido en el tambor y se tamizó la muestra para medir la degradación como porcentaje de pérdida. Este ensayo fue realizado para nuestro agregado grueso, la arcilla expandida y para el agregado patrón de San Vicente. (Anexo 3.10)

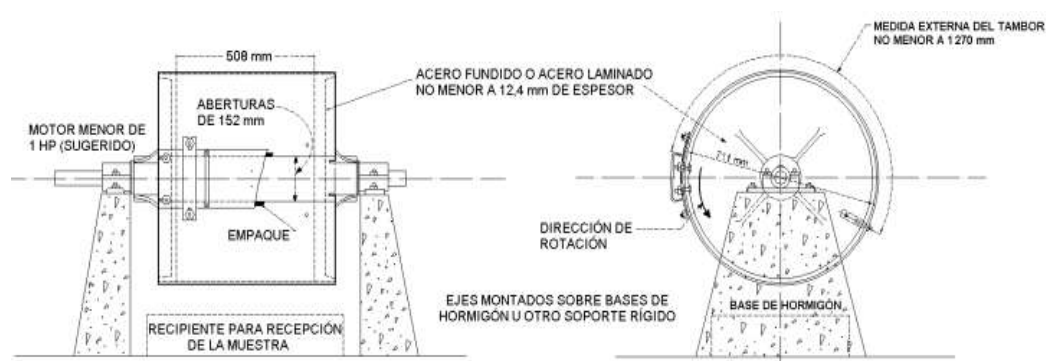


Figura 9. Máquina de los ángeles

Fuente. NTE INEN 860

Tabla 9. Porcentaje de desgaste

AGREGADO GRUESO: ARCILLA EXPANDIDA	
% Desgaste	47,0
*Parametro ASTM C131	>50%
AGREGADO GRUESO: SAN VICENTE DE COLONCHE	
% Desgaste	25,2
*Parametro ASTM C131	>50%

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.8 Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Este ensayo está determinado por la INEN 863. Se obtuvo la muestra de acuerdo a la NTE INEN 695. Luego se procedió reducir el tamaño de la muestra según la tabla 10.

Tabla 10. Fracciones de la muestra de árido grueso según su composición.

Fracción	Tamaño (Tamices con aberturas cuadradas)	Masa (g)
1	9,5 mm a 4,75 mm 19,0 mm a 9,5 mm	300 ± 5 1 000 ± 10
2	material consistente de: 12,5 mm a 9,5 mm 19,0 mm a 12,5 mm 37,5 mm a 19,0 mm	330 ± 5 670 ± 10 1 500 ± 50
3	material consistente de: 25,0 mm a 19,0 mm 37,5 mm a 25,0 mm 63 mm a 37,5 mm	500 ± 30 1 000 ± 50 5 000 ± 300
4	material consistente de: 50 mm a 37,5 mm 63 mm a 50 mm 75 mm a 63 mm 90 mm a 75 mm 100 mm a 90 mm	2 000 ± 200 3 000 ± 300 7 000 ± 1 000 7 000 ± 1 000 7 000 ± 1 000
5	material consistente de: 75 mm a 63 mm 90 mm a 75 mm 100 mm a 90 mm	7 000 ± 1 000 7 000 ± 1 000 7 000 ± 1 000

Fuente: NTE INEN 863

Se lavó la muestra y se secó al horno hasta masa constante, luego se lo separó por tamizado. Se sometió a la muestra a varios ciclos de exposición y secado (5 ciclos), en solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, en este caso utilizamos sulfato de magnesio con una gravedad específica no menor a 1,295 ni mayor a 1,308. Se sumergió en un periodo no menor a 16 horas ni mayor a 18. Se completó los ciclos requeridos, se dejó la muestra enfriar.



Figura 10. Muestra seca después de los 5 ciclos

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Para eliminar el sulfato magnesio se lavó la muestra con agua a $43\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después de que ha sido eliminado el sulfato de sodio se tamizó según la siguiente tabla:

Tabla 11. Tamices para determinar la pérdida según las fracciones del árido grueso

Tamaño del árido	Tamiz utilizado para determinar la pérdida
100 mm a 90 mm	75 mm
90 mm a 75 mm	63 mm
75 mm a 63 mm	50 mm
63 mm a 37,5 mm	31,5 mm
37,5 mm a 19,0 mm	16,0 mm
19,0 mm a 9,5 mm	8,0 mm
9,5 mm a 4,75 mm	4,0 mm

Fuente: NTE INEN 863

Se determinó la masa del material retenido en cada tamiz y la masa inicial de cada fracción, debe ser expresada como porcentaje de masa inicial. (Anexo 3.11)

Tabla 12. Porcentaje de desgaste de la solidez de los áridos

AGREGADO GRUESO: ARCILLA EXPANDIDA	
% DESGASTE TOTAL	5,85

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.9 Determinación del índice de aplanamiento y de alargamiento de una muestra de agregado grueso

Este ensayo está determinado por la norma ASTM 4791-99. Se separó la muestra por medio de tamizado. Después de obtener las fracciones de muestra se utilizó el calibrador de longitudes y el calibrador de espesores, verificando si cada partícula pasa o no pasa por estos con el fin de determinar el aplanamiento y alargamiento de las partículas. (Anexo 3.12)



Figura 11. Calibrador de longitudes y de espesores

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Tabla 13. Índice de aplanamiento y alargamiento

AGREGADO GRUESO: SAN VICENTE DE COLONCHE		
l. alargamiento	20,99	<30%
l. aplanamiento	27,24	<30%

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.10 Determinación de la densidad saturada superficialmente seca (DSSS)

Este ensayo está determinado por la norma NTE INEN 857 para el árido grueso y para el árido fino NTE INEN 856. Se introdujo en agua el agregado durante 24 horas con el fin de llenar sus vacíos con agua, se sacó la muestra de inmersión, se secó superficialmente el agregado y se determina su peso en sumergido en agua. Y procedemos a aplicar la fórmula para obtener el valor de la DSSS.

En este caso realizamos el ensayo a la arcilla expandida, pero no fue posible concluirlo, debido a la baja densidad de esta, logro flotar y salir de la canastilla. Por este motivo, optamos por realizarlo de manera diferente, en un recipiente calibrado colocamos el material superficialmente seco con agua hasta el borde del recipiente, procedimos a enrasarlo con un vidrio sin permitir el ingreso del aire, tomamos su peso y procedimos a calcular. (Anexo 3.13-3.14)



Figura 12. DSSS de la Arcilla Expandida
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.3.11 Determinación de la Masa Unitaria y el Porcentaje de Vacíos (NTE INEN 858)

(Anexo 3.13-3.14)

➤ Peso Volumétrico Varillado (PVV)

En este ensayo se utilizó una varilla de compactación, lisa de acero de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud. Se realizó tres capas con el agregado que sean aproximadamente iguales compactando con 25 golpes cada una, y finalmente enrasamos el recipiente con el agregado y procedemos a tomar el peso.



Figura 13. Peso Volumétrico Varillado
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

➤ **Peso Volumétrico Suelto (PVS)**

Los agregados fueron colocados en el balde por paladas en tres capas para el agregado grueso y dos capas para el agregado fino, hay que tener en cuenta que en este ensayo no hay que varillar el material, se enrasó y se procedió a tomar los pesos de cada uno.

3.4. DISEÑO DEL HORMIGÓN LIVIANO CON ARCILLA EXPANDIDA

Existen tres formas de producir hormigones livianos, el primero es reemplazando el agregado grueso por el agregado liviano, la segunda forma de obtener hormigones livianos es utilizando aditivos que incluyen aire en la mezcla provocando mucho vacíos dando como resultado un hormigón poroso y por último el diseños de hormigón sin finos.

El proceso para el diseño de hormigones livianos es usualmente más complejo que el diseño de hormigones normales por las siguientes causas:

- Por la porosidad de los agregados livianos el agua de la mezcla se almacenan los poros, disminuyendo así el agua necesaria para el fraguado.
- La resistencia de los agregados livianos son inferiores a la de los agregados usados normalmente.
- Durante el estado fresco del hormigón liviano debe tener una óptima trabajabilidad evitando que el agregado liviano flote o se segregue.

Por las causas descritas anteriormente, indicar una relación agua-cemento es casi imposible, por tal razón se diseñaron varias alternativas de hormigón liviano variando la cantidad de cemento y las proporciones de agregado fino y grueso, para obtener una resistencia deseada, utilizando aditivo plastificante para reducir la cantidad de agua en la mezcla.

El, (INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.)[5], nos indica:

La ley de la relación agua/cemento se aplica al concreto hecho con agregado ligero de la misma manera que al concreto de agregado normal, y es posible seguir el procedimiento usual de diseño de mezcla cuando se emplea agregado ligero. Es muy difícil, sin embargo, determinar qué cantidad de agua total de mezcla es absorbida por el agregado y en realidad cuanto espacio ocupa dentro del concreto, es decir, forma parte de la pasta de cemento. Esta dificultad la causa no solo el elevado valor de la absorción de agua de los agregados ligeros, sino también el hecho de que la absorción varía mucho entre la velocidad y, como algunos agregados, puede continuar a una velocidad apreciable durante varios días. Parece, entonces, extremadamente difícil determinar de manera confiable la densidad relativa bruta del agregado saturado y superficialmente seco.

Así pues, la relación neta agua/cemento dependería de la velocidad de absorción en el momento de hacer la mezcla, y no sólo del contenido de humedad del agregado. Por lo tanto, la consideración de la relación agua/cemento (ACI 211.1) en los cálculos para el diseño de mezclas es bastante difícil. Por esta razón, es preferible dosificar con base en el contenido del cemento (ACI 211.2), aunque en el caso del agregado ligero redondeado, con una superficie recubierta sellada y buena absorción relativamente baja es directamente aplicable el método estándar de diseño de mezclas. Hay que tener en cuenta que los agregados con absorción superior al 10 % se remojan previamente.

3.4.1. Sugerencias para la dosificación

Es importante saber antes de realizar el hormigón liviano ciertas recomendaciones teóricas que ayudarán cuando ya esté endurecido, entre los cuales tenemos: (Kosmatka & Panarese, 2012)[11]

➤ Hay una relación directa entre la resistencia y la densidad en los hormigones livianos, por tal razón si se aumenta la densidad aumentará la resistencia.

➤ La arcilla expandida es de menor resistencia que el agregado utilizado normalmente, por esta razón en la arcilla expandida se presenta la falla por compresión para evitar esto se debe elaborar una pasta de cemento que ayuden la resistencia del hormigón liviano para que los esfuerzos sean transmitidos en el mortero.

➤ Hay que tener en cuenta la absorción de la arcilla expandida que por ser elevada provoca una disminución en el contenido de agua de la pasta de cemento, para evitar este problema se sugiere hidratar los agregados antes de elaborar el hormigón liviano, se recomienda también que la inclusión de los aditivos se realice después de que los agregados se hayan hidratado.

➤ Se debe utilizar una cantidad de agua adecuada para que la mezcla se ha trabajable, no se recomiendan mezclas fluidas o líquidas para evitar que los agregados de baja densidad floten o se segreguen

➤ Se recomienda que el tiempo de amasado de los hormigones livianos sea mayor que en el hormigón con agregados normales.

➤ El agua almacenada en el interior de la arcilla expandida ayudara al hormigón liviano manteniendo un equilibrio entre la humedad interna y externa en la mezcla evitando fisuras por retracción.

➤ Se recomienda no superar los 500 kg de cemento por metro cubico de hormigón para evitar una sobredosificación, incremento de retracciones.

Por lo antes indicado en este estudio de hormigones livianos con arcilla expandida, se han experimentado varios diseños, realizados bajo las normas ACI 211.1, el Instituto Mexicano de Cemento y Hormigón indica que es casi imposible determinar una relación de agua-cemento, pero de igual manera puede ser aplicado, es recomendable según este el procedimiento de la ACI 211.2 en el que se sugiere usar entre 40% a 60% de agregado fino en la mezcla, y la resistencia es obtenida según el contenido de cemento como se muestra en la Tabla 13, por estos motivos antes mencionados, se realizó los diseños bajo estas dos normas para conocer con cuál de estos métodos obtenemos mejores resultados.

3.4.2 Diseño de hormigón liviano. Método ACI 211.2

El método diseño de mezclas del American Concrete Institute puede aplicarse a agregados en cualquier condición de humedad. El método no requiere la determinación de la absorción o la densidad relativa del agregado ligero, ya que las mezclas de prueba forman la base del diseño.

Después de determinar el contenido de humedad del agregado y la densidad del concreto, puede deducirse las proporciones de la mezcla, se acostumbra hacer tres mezclas de prueba, cada una con diferente contenido de cemento, pero con la trabajabilidad requerida, así puede obtenerse una relación entre el contenido de cemento y la resistencia, para una consistencia dada.

Este método de diseño es recomendado para hormigones livianos y cuyo procedimiento se describe a continuación:

1. Previo al diseño el hormigón liviano se debe obtener los pesos volumétricos sueltos (PVS) y porcentajes de absorción de los agregados, en este método de diseño no sugiere cantidades de agua para el mezclado por tal razón se empleó las cantidades recomendadas por el método del ACI 221.1. Según el tamaño del agregado grueso y el revenimiento a esta cantidad de agua se la corregirá según los porcentajes de absorción de los agregados tal como se lo realiza con el método de diseño anteriormente descrito, en la Tabla 14 se muestran como ejemplo los resultados de los agregados ensayados en el laboratorio y la corrección del volumen de agua necesario para la mezcla del hormigón liviano.
2. El porcentaje del volumen del agregado fino según este método puede variar entre un 60 y 40% este diseño se lo realizó con un 40% de agregado fino y 60% de agregado grueso (arcilla expandida).

Tabla 14. Proporciones, datos de laboratorio, cantidad de agua

PROPORCION DE LOS AGREGADOS								
ARCILLA EXPANDIDA			60%	AGREGADO FINO			40%	
DATOS DE LABORATORIO								
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			DENSIDADES		
TAMAÑO	Nº 7	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950	Kg/m ³
P.V.S.	375,00	Kg/m ³	P.V.S.	1245,00	Kg/m ³	δ AGUA	1000	Kg/m ³
% de absorcion		13,08%	% de absorcion		7,32%	δ ARENA	1245	Kg/m ³
δ relativa		1,05	δ relativa		1,55	δ PIEDRA	375	Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA								
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO			VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
5	cm	Nº 7			217,30	lts	261,63	lts

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3. La resistencia del hormigón liviano dependerá de la cantidad de cemento que se utilice en la mezcla, este método recomienda escoger tres cantidades de cemento para la resistencia que se diseñara el hormigón liviano como se describe en la tabla N° 15 en la que la resistencia varía según la cantidad de cemento que se emplee en la mezcla. Para este ejemplo se tomó 400 kg de cemento para 1 m³ de hormigón.

Tabla 15. Relación aproximada entre la resistencia del concreto del agregado ligero y su contenido de cemento

Resistencia a la compresión de cilindros estándar		Contenido de cemento
kg/cm ²	Mpa	kg/m ³
176	17	de 250 a 420
211	21	de 280 a 450
281	28	de 330 a 510
352	34	de 390 a 560

Fuente: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

Para obtener el volumen de los agregados necesarios para el hormigón liviano se asumió un volumen total de 1.2 m³ entre agregado grueso liviano y agregado fino necesarios para 1m³, el porcentaje de cada agregado puede variar entre 40 y 60% como se explicó anteriormente, con estos datos y el peso volumétrico suelto mediante la siguiente formula se calculó el peso en kg por m³ de los agregados para el diseño del hormigón liviano, con la sumatoria de estos pesos se puede tener una idea del peso total de 1 m³ de hormigón liviano como se muestra en la Tabla 16.

$$Peso = Vol\ total * Proporción\ de\ agregado * PVS$$

Tabla 16. Peso en kg de los materiales por m³ de hormigón liviano

PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON		
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia	400,00 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =	180,00 Kg
AGREGADO FINO	Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =	896,40 Kg
AGUA	Vol. de agua + porcentajes de absorcion	261,63 Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON		1738,03 Kg

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

- Una vez calculados los pesos de los materiales que se utilizaran para producir el hormigón liviano se procedió a calcular el volumen de los materiales que se emplearan en producir este hormigón, para el caso del cemento y el agua con a siguiente formula se divide el peso de estos materiales entre su densidad respectivamente.

$$Volumen = \frac{peso}{densidad}$$

5. Para obtener el volumen de los agregados se realizó la siguiente operación :

De 1 m³ se resta el volumen del cemento y el volumen del agua, esta diferencia será el volumen que ocuparan el agregado liviano y el agregado fino de la cual según la proporción de cada agregado se obtuvieron los volúmenes de cada material que se emplearan el hormigón liviano. Para este ejemplo la proporción de agregado fino es 40% y agregado grueso 60%, los resultados se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Volumen de los materiales por m³ de hormigón liviano

VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON			
CEMENTO	Peso / Densidad =	0,136	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua)) *proporcion =	0,241	m ³
AGREGADO FINO	(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua))*proporcion =	0,362	m ³
AGUA	Peso / Densidad =	0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON		1,000	m³

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

6. En el mismo diseño de hormigón liviano se puede hacer el cálculo para las otras cantidades de cemento que escogieron previamente, se utilizó el factor de δ relativa que se lo obtuvo de la división del peso y volumen de los agregados necesarios en 1 m³ que para este ejemplo fueron 180.00 kg y 0.241 m³ respectivamente para el agregado grueso y para el agregado fino 896.40 kg y 0.362 m³ dando como resultado la densidad relativa de 0.75 para el agregado grueso y 2.48 para el agregado fino.

Se utilizó la siguiente fórmula para la obtención del peso de los agregados tomando el volumen de agregado que se calculó en el paso anterior, los resultados de dicha operación se muestra en la Tabla 18.

$$Peso = volumen\ del\ agregado * \delta\ relativa * 1000$$

Tabla 18. Peso en kg de los materiales por m³ de hormigón liviano

PESO EN KG POR M ³ DE HORMIGON		
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia	450,00 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000	180,00 Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000	854,39 Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad	261,63 Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON		1746,02 Kg

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

7. En vista que se aumentó la cantidad de cemento aumentara el volumen de los materiales que se emplearan en el hormigón liviano por tal razón a medida que aumente la cantidad de cemento se reducirá el agregado fino para mantener el mismo volumen de diseño, el volumen de agregado grueso liviano se mantendrá, con la siguiente formula se realiza la operación para el agregado fino.

$$Vol. de AF = 1 - (Vol de cemento + Vol de agua + Vol de AG)$$

De 1 m³ se restara el volumen del cemento, el volumen del agua y el volumen del agregado grueso liviano dando como resultado el volumen del agregado fino como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Volumen de los materiales por m³ de hormigón liviano

VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON		
CEMENTO	Peso / Densidad =	0,153 m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior	0,241 m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =	0,345 m ³
AGUA	Peso / Densidad =	0,262 m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON		1,000 m³

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

8. Finalmente, con los pesos antes calculados se puede determinar los pesos de los materiales para un volumen requerido, para este ejemplo se tomó un volumen de 0.024 m³ que corresponden a 12 probetas de 0.2 m de altura y 0.1 m de diámetro, los pesos de los materiales para este volumen se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Cantidad de materiales en kg para un volumen determinado

CANTIDAD EN KG PARA		12		CILINDROS	
VOL. DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS	0,0188	m ³
CEMENTO	400,00	Kg	*	0,0188	= 7,540 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*	0,0188	= 3,393 Kg
AGREGADO FINO	896,40	Kg	*	0,0188	= 16,897 Kg
AGUA	261,63	Kg	*	0,0188	= 4,932 Kg

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.4.3 Diseño de hormigón liviano y patrón por el método ACI 211.1

Para el diseño de hormigón se tomó como base la metodología del diseño de mezclas de hormigones según ACI 211.1 tal procedimiento se describe a continuación:

1. El revenimiento fue seleccionado de acuerdo al tipo de estructura en la que se pretende emplear el hormigón. Para este ejemplo se optó por columnas de edificios, vigas y muros reforzados, (revenimiento entre 10.0 y 2.5 cm). En la Tabla 21 se muestran los diferentes tipos de elementos y el revenimiento respectivamente.

Tabla 21. Revenimiento de acuerdo al tipo de estructura

ELEMENTO	REVENIMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7,50	2,50
Muros de subestructuras, cajones y zapatas sin refuerzo	7,50	2,50
Vigas y muros reforzados	10,00	2,50
Columnas de edificios	10,00	2,50
Losas y pavimentos	7,50	2,50
Hormigón masivo	7,50	2,50

Fuente: ACI 211.1. Selección de revenimiento

2. En el ensayo granulométrico que previamente se realizaron a los agregados se determinó el tamaño máximo del agregado grueso, si el hormigón tendrá o no aire incluido dependiendo si el nivel de exposición ante agentes agresivos sea bajo, alto o extremo. Con estos parámetros en la Tabla 22 se procede a seleccionar la cantidad de agua que ocupará la mezcla. Para este ejemplo tenemos un tamaño máximo de agregado de 13 mm (1/2") y se consideró un hormigón sin aire

incluido de revenimiento 2 a 10 cm que previamente se determinó por lo tanto el agua de mezclado será 217.3 lts.

Tabla 22. Cantidad de agua de mezclado en lts según el revenimiento, tamaño del agregado grueso y aire incluido.

TAMAÑO DEL AGREGADO								
REVENIMIENTO	9,5 mm	13 mm	19 mm	25 mm	38 mm	51 mm	76 mm	152 mm
CMS	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
HORMIGON SIN AIRE INCLUIDO								
2,5 A 5	207,5	197,6	182,8	177,8	163,0	153,1	143,3	123,5
5 A 10	227,2	217,3	202,5	192,6	177,8	168,0	158,0	138,3
15 A 20	242,0	227,2	212,4	202,5	187,7	177,8	168,0	148,2
HORMIGON CON AIRE INCLUIDO								
2,5 A 5	102,8	177,8	163,0	153,1	143,3	133,4	123,5	108,7
5 A 10	202,5	192,6	177,8	168,0	158,0	148,2	138,3	118,6
15 A 20	212,4	202,5	187,7	177,6	168,0	158,0	148,2	128,4

Fuente: ACI 211.1. Cantidad de agua de mezclado

- Luego de seleccionar la cantidad de agua de mezclado se procedió a corregir dicha cantidad con los valores de porcentajes de absorción del agregado grueso y agregado fino con la siguiente formula:

$$Vol. \text{ corregido} = Vol. \text{ tabulado} (\% \text{ absorción } AG + \% \text{ absorción } AF)$$

Tabla 23. Determinación de la cantidad de agua de mezclado

VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
217,30	lts	248,85	lts

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

- Para la selección de la relación agua-cemento (a/c) previamente se determinó la resistencia a la compresión para la cual se diseñara el hormigón, se conoce como relación a/c a la razón existente entre el peso del agua con respecto al peso del cemento, para este ejemplo se tomó de la Tabla 24 la relación a/c de 0.65 que corresponde a una resistencia a la compresión es de 190 kg/cm².

Tabla 24. Relación a/c según la resistencia

A / C	Kg / cm ²
0,70	140
0,65	190
0,60	210
0,55	250
0,50	290
0,45	310
0,40	350
0,35	390
0,30	410

Fuente: ACI 211.1. Diseño de hormigón

- Después de haber determinado la relación agua/cemento se procede al cálculo del contenido de cemento como se muestra en la Tabla 23, que será igual al contenido estimado de agua de mezclado dividido entre la relación a/c.

$$C = \frac{A}{a/c} = 382,84$$

Dónde:

C= Cantidad de cemento por m³ de hormigón.

A= Cantidad de agua por m³ de hormigón.

a/c = Relación agua-cemento seleccionada.

- Para el cálculo del volumen de los materiales que se emplearan para producir el hormigón patrón o liviano, en el caso del agua y cemento se dividió el peso de estos materiales entre su densidad respectivamente.

$$Volumen = \frac{peso}{densidad}$$

- Para obtener el volumen del agregado grueso será necesario conocer los resultados de los ensayos de laboratorio de peso volumétrico varillado (PVV), peso volumétrico suelto (PVS), densidad saturada superficialmente seca (DSSS) que previamente se realizaron al

agregado grueso, posteriormente se resta del volumen unitario (1 m³) del hormigón el volumen total desplazado por los componentes conocidos que son; agua, cemento y agregado grueso para obtener el volumen requerido de agregado fino. Los volúmenes de los materiales para este ejemplo se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Volumen de los materiales por dm³ de hormigón

CALCULO DE AGREGADOS POR M ³ DE HORMIGON (V= P/δ)			
CEMENTO	477	Kg	0,164 m ³
	2900	Kg/m ³	
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,218 m ³
AGUA	286	lts	0,286 m ³
	1000	Kg/m ³	
ARENA	$1000 - V_{cemento} - V_{piedra} - V_{agua} - V_{aire}$		0,317 m ³

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

- El ACI 211.1 recomienda que el volumen del agregado fino puede variar entre un 40 y 60% del volumen total de los agregados, el diseño del hormigón patrón de este estudio se lo realizo con un 60 % de agregado fino y el hormigón liviano con arcilla expandida se lo realizo con 40%, 50% y 60% de agregado fino. Por tal razón se realizó la corrección recomendada por el ACI que para este ejemplo del volumen total del agregado el 60% corresponde al agregado fino como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26. Corrección de ACI según porcentaje de agregado

CORRECCION ACI			
	PIEDRA	ARENA	TOTAL
VOLUMEN CALCULADO	218 dm ³	389 dm ³	606 dm ³
VOLUMEN CORREGIDO	243 dm ³	364 dm ³	606 dm ³

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

- Con los volúmenes calculados de los materiales que se utilizaran para 1 m³ de hormigón sea patrón o liviano se aplica la siguiente fórmula para obtener el peso en kg de cada material necesario para 1 m³ de hormigón y cuyos resultado se ilustran en la Tabla 27.

$$Peso = densidad * volumen$$

Tabla 27. Peso en kg de los materiales por m³ de hormigón liviano

PESO EN KG POR M ³ DE HORMIGON.							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,130	m ³	=	383 Kg	
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,243	m ³	=	572 Kg	
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,364	m ³	=	686 Kg	
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,249	m ³	=	249 lts.	
PESO POR M³ DE HORMIGON						1890	Kg

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

10. Con los pesos antes calculados se puede determinar los pesos de los materiales para un volumen requerido, para este ejemplo se tomó un volumen de 0.024 m³ que corresponden a 12 probetas de 0.2 m de altura y 0.1 m de diámetro, los pesos de los materiales para este volumen se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Cantidad de materiales en kg para un volumen determinado

PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO =		0,024	No. De cilindros =	12
CEMENTO	383 Kg	*	0,024	m ³	=	9,02	Kg
AGUA	249 lts	*	0,024	m ³	=	5,86	Lts
ARENA	686 Kg	*	0,024	m ³	=	16,17	Kg
PIEDRA	572 Kg	*	0,024	m ³	=	13,48	Kg

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.5 RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN LIVIANO

Estas recomendaciones que serán muy útiles al momento de fabricar el hormigón liviano con arcilla expandida:

Mezclado

En general, los procedimientos para mezclar un concreto ligero son similares a los usados para los concretos de densidad normal; no obstante, algunos de los agregados de mayor absorción podrían necesitar humedecerse antes de usarse. En este caso la arcilla expandida antes de ser utilizada fue humedecida superficialmente.

Trabajabilidad y capacidad de acabado

Las mezclas de concreto ligero pueden ser proporcionadas para tener la misma trabajabilidad, capacidad de acabado y apariencia general que las mezclas de concreto de densidad normal con buen proporcionamiento. Debe existir suficiente pasta de cemento para cubrir cada partícula, y las partículas de agregado grueso no se deberán separar del mortero. Se necesita una cantidad suficiente de agregado fino para mantener cohesivo al concreto fresco. Si el material es deficiente en cuanto a la cantidad de material menor que la malla de 0.63mm (Nº. 30), la capacidad de acabado se puede mejorar con el uso de una porción de arena natural, con unos aumentos en el contenido de cemento o con el uso de finos minerales satisfactorios. Como la inclusión de aire mejora la trabajabilidad, debería utilizarse sin importar el grado de exposición. Se usó en este hormigón súper-plastificante, dándole la trabajabilidad deseada, consiguiendo una mezcla de consistencia superfluida y de alta trabajabilidad.

Revenimiento

Debido a la menor densidad de los agregados, el concreto ligero estructural no se desploma tanto como un concreto de peso normal de igual trabajabilidad. Se recomienda que tenga un revenimiento de 5 a 7.5 cm se puede colocar en condiciones que requerirían un revenimiento de 7.5 a 12.5 cm para concretos de peso normal. Con revenimientos mayores, las partículas grandes de agregado presentan la tendencia a flotar hacia la superficie, dificultando con ello las operaciones de acabado. Por esta razón se realizó diseños con revenimientos dentro de este rango.



Figura 14. Revenimiento
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.6 PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR HORMIGÓN LIVIANO

Tomando en cuenta las sugerencias anteriores, el procedimiento para elaborar un hormigón liviano se describe a continuación:

1. Hidratar con parte del agua del mezclado la arcilla expandida que previamente ha sido pesada.
2. Mezclar la arcilla expandida y el agregado fino utilizando la mitad del agua requerida para la mezcla.
3. Añadir el cemento y mezclar hasta obtener una apariencia homogénea
4. Añadir el aditivo en el agua restante y luego en la mezcla, se realiza esto para evitar que los agregados absorba el aditivo y no pierdan su efectividad.
5. El tiempo de mezclado es superior que en los hormigones normales por lo que se recomienda mezclar de entre tres a cuatro minutos.



Figura 15. Preparación de Hormigón liviano con Arcilla Expandida
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.7 ELABORACIÓN DE PROBETAS

La elaboración de probetas de hormigón está basado en la norma ASTM C192-07//NTE INEN 1855-1 [12] que indica el procedimiento para elaborar los especímenes que se ensayaron, cabe indicar que se debe seguir de manera correcta los pasos indicados en esta norma, para realizar una correcta elaboración.

Entre los equipos necesarios están los moldes para especímenes que deben ser hechos de acero, hierro fundido, u otro material no absorbente ni deformable y no reactivo con el concreto que contenga cemento portland. Los moldes deben cumplir con dimensiones, formas y tolerancias especificadas en la norma ASTM

C 470 / C 470M. Se utilizó probetas de 10mm de diámetro por 15mm de alto, y probetas de 5mm de diámetro por 10 mm de altura.



Figura 16. Probetas cilíndricas
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

La varilla compactadora de 3/8" de diámetro que se utilizó, debe ser de acero, cilíndrica y en un extremo con las puntas en este del mismo radio de la varilla. Las medidas están descritas en la norma. Se necesitó también un mazo de hule para una vibración externa, bailejo, llanas y cucharón. Y equipos para medir asentamiento y temperatura.

Se realizaron tres probetas para cada edad de ensayo. Las edades de ensayo usadas a menudo son 7 y 28 días para ensayos de resistencia a la compresión, o 14 y 28 días para ensayos de resistencia a la flexión. En este caso se ensayó los cilindros a los 3,7 y 28 días.

Se moldeó los especímenes cerca del lugar donde se almacenaron durante las primeras 24 horas, en un sitio de superficie de rígida libre de vibraciones y otras perturbaciones. Se Colocó el concreto en los moldes usando el cucharón o bailejo y se distribuyó el concreto usando la varilla compactadora antes del inicio de la consolidación.

La norma indica que en los moldes utilizados deben llenarse en dos capas, y a cada capa aplicar 25 varillas, con el mazo de goma golpear alrededor de los moldes entre 10 a 15 veces. Luego de la consolidación se enrasó la superficie del concreto, se le dio el acabado con la llana y se procedió a dar lugar al curado inicial cubriéndolo con una capa delgada de plástico para evitar la pérdida de humedad durante el fraguado.



Figura 17. Probetas cubiertas durante el fraguado
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Se retiraron los moldes 24 ± 8 horas después de moldeados, luego se procedió al curado final, donde los especímenes estuvieron sumergidos en agua libre en todo momento hasta alcanzar la resistencia requerida (ASTM C 192).

3.8 PROPIEDADES DE HORMIGÓN ENDURECIDO

3.8.1 Determinación de la reactividad alcalina potencial de combinaciones árido-cemento (método de la barra del mortero)

Este ensayo está determinado por la NTE INEN 867/ASTM C1.567. Mediante este ensayo, podemos establecer si las combinaciones de árido-cemento pueden producir, por los álcalis, reacciones expansivas. Se realizó esta mezcla con base en lo que indica la norma antes mencionada, respetando las condiciones de temperatura y humedad. Las barras de mortero realizadas con la arcilla triturada fueron sumergidas en solución de hidróxido de sodio 1N por 14 días. Se midió el cambio de longitudes en las barras después de seguir el procedimiento indicado en la INEN 867. (Anexo 4.1)

Tabla 29. Requisitos de Graduación

Tamaño de abertura de tamiz		Masa (%)
Pasante	Retenido en	
4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	10
2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	25
1,18 mm (No. 16)	600 μm (No. 30)	25
600 μm (No. 30)	300 μm (No. 50)	25
300 μm (No. 50)	150 μm (No. 100)	15

Fuente: NTE INEN 867



Figura 18. Álcali – agregado (método barras de mortero)
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.8.2 Densidad del Hormigón Endurecido

Está determinado por la NTE INEN 1573/ASTM C 39-96, mediante métodos geométricos se establece la densidad del hormigón, debido a que contamos con la masa (M) y volumen de las probetas (V). Mediante esta fórmula obtenemos:

$$Densidad = \frac{M}{V}$$

3.8.3 Resistencia a la compresión

Está determinado por la norma NTE INEN 1573/ASTM C39-96, se determinó la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.

Este ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros a una velocidad que se encuentra dentro de un rango descrito hasta que ocurra la falla. El equipo que se usó para este ensayo debe tener la suficiente capacidad y proveer las velocidades de carga prescritas en la norma además debe estar calibrado para evitar errores.

Los especímenes que serán ensayados no deberán tener diferencias de diámetros con respecto a otros cilindros en más del 2 %. Antes del ensayo se verifica que los especímenes tengan sus caras perpendiculares a su eje pero se puede tolerar 0.5° (aproximadamente a 1 mm en 100 mm), si la perpendicularidad de los especímenes excede los 0.5° deben ser aserrados o esmerilados para cumplir aquella tolerancia o nivelados de acuerdo con la norma ASTM C617.

Si la resistencia medida es menor de lo esperado, examinar el concreto fracturado y ganó ante la presencia de vacíos de aire grandes, evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de agregado grueso, y verifique si las preparaciones de los extremos fueron de acuerdo con lo establecido en las normas. Para calcular la resistencia a la compresión del espécimen se divide la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el promedio del área de la sección transversal. Se realizó este ensayo a las probetas a los 3,7 y 28 días.

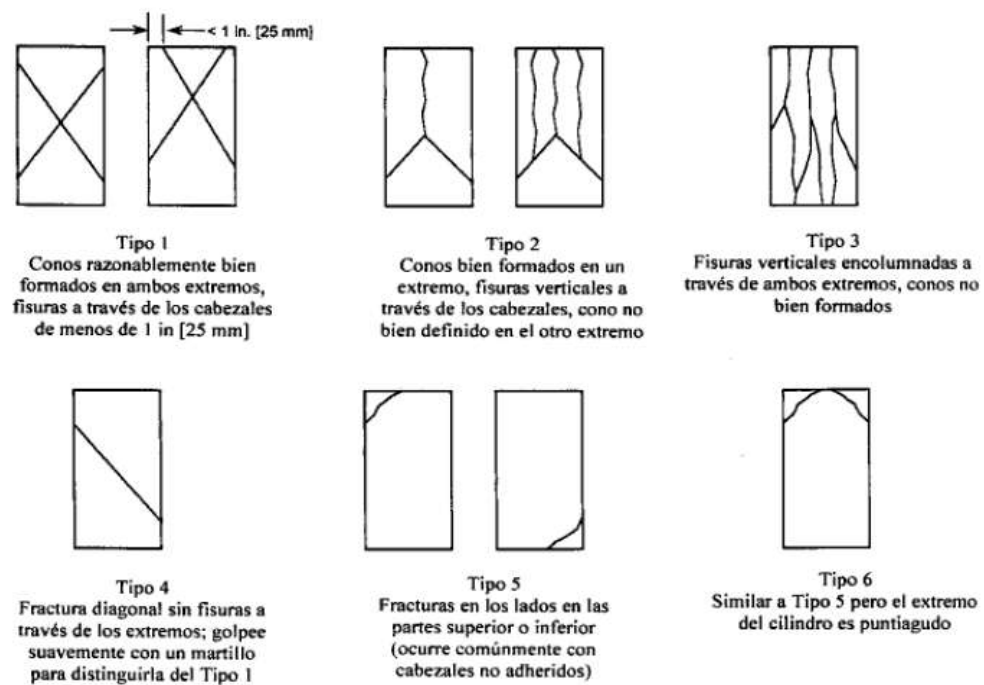


Figura 19. Esquema de los modelos de fractura típicos
Fuente: ASTM C39

3.8.4 Módulo de elasticidad y relación de Poisson

Está determinado por la norma ASTM 469-94. Este método puede ser realizado para el concreto endurecido a cualquier edad y en condiciones de curado establecidas. El módulo de elasticidad y la relación de Poisson, aplicables dentro de los rangos de esfuerzos de trabajo acostumbrados (0 a 40% de la resistencia última del concreto), son usados para el dimensionamiento de elementos reforzados o no reforzados, para establecer la cantidad de refuerzo y para calcular los esfuerzos para

las deformaciones unitarias observadas. La probeta con el equipo de medición de deformación e coloca a los bloques de apoyo inferior de la máquina de ensayo, es sometida a una carga axial en incrementos uniformes. (Anexo 4.52)



Figura 20. Ensayo de modulo elástico
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.8.5 Permeabilidad al aire del hormigón liviano con arcilla expandida por el método Torrent.

La medida de la permeabilidad al aire del hormigón de recubrimiento admite diferentes técnicas, y en ese sentido, se han desarrollado diferentes equipos específicos. En este trabajo, nos referiremos específicamente al empleo del permeabilímetro de aire de doble cámara, conocido como método “Torrent”.

Este equipo, que se describe en detalle en el apartado siguiente, se emplea principalmente para la medición de la permeabilidad intrínseca al aire del hormigón de recubrimiento (kT) y, de acuerdo con los resultados obtenidos, se establece una valoración de la calidad del recubrimiento.

La permeabilidad al aire kT es muy sensible a la microestructura del hormigón de recubrimiento, abarcando unos 6 órdenes de magnitud (0,001 a 100 10^{-16} m²). La siguiente tabla muestra la clasificación de la permeabilidad del hormigón (con edades entre 28 y 180 días) en función de kT . (Anexo 4.53)

Tabla 30. Clasificación de la permeabilidad del concreto.

Clase	$kT (10^{-16} \text{ m}^2)$	Permeabilidad
PK1	< 0,01	Muy baja
PK2	0,01 – 0,1	Baja
PK3	0,1 – 1,0	Moderada
PK4	1,0 – 10,0	Alta
PK5	> 10	Muy alta

Fuente: Roberto Torrent. Materials Advanced Services S.R.L.



Figura 21. Ensayo de permeabilidad al aire en hormigón

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

3.8.6 Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del hormigón

Está determinado por la norma ASTM C597-09 Este método de ensayo cubre la determinación de la velocidad de propagación de pulsos longitudinales de ondas de esfuerzos a través del concreto. Se generan pulsos de ondas longitudinales de esfuerzos por un transductor electro-acústico que se mantiene en contacto con una superficie del concreto bajo ensayo. Después de atravesar el concreto, los pulsos son recibidos y convertidos en energía eléctrica por un segundo transductor localizado a una distancia L del transductor transmisor. El tiempo de tránsito T se mide electrónicamente. La velocidad del pulso se calcula dividiendo L entre T .

En la siguiente tabla se puede observar la clasificación del hormigón según la velocidad de los pulsos ultrasónicos, además este ensayo es aplicable para estimar la uniformidad y la calidad relativa del concreto; para indicar la presencia de vacíos y grietas, y para evaluar la efectividad de las reparaciones de agrietamientos. También es aplicable para indicar cambios en las propiedades del concreto y para la inspección de

estructuras, para estimar la severidad del deterioro o del agrietamiento. Cuando se use para monitorear cambios en la condición del concreto a través del tiempo las localizaciones de los ensayos deben ser marcadas en la estructura para asegurar que los ensayos sean repetidos en las mismas posiciones. (Anexo 4.54)

Tabla 31. Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica

Velocidad ultrasónica, v (m/s)	Clasificación del concreto
$V > 4\ 575$	Excelente
$4\ 575 > V > 3\ 660$	Bueno
$3\ 660 > V > 3\ 050$	Cuestionable
$3\ 050 > V > 2\ 135$	Pobre
$V < 2\ 135$	Muy pobre

Fuente: Solís R. Ingeniería 8-2 (2004) 41-52



Figura 22. Determinación de la velocidad de pulso ultrasónico a través del hormigón
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este trabajo de titulación los ensayos son referentes a los agregados y a las probetas cilíndricas de hormigón, estos se establecieron en base a los requerimientos mencionados en el Capítulo III, donde se describe el procedimiento de cada uno de ellos.

4.1 DISEÑOS Y DOSIFICACIONES

Se realizó dos métodos de diseño tal como se lo mencionó en el capítulo anterior, según el ACI 211.2, que es la norma para diseñar hormigón liviano y el ACI 211.1, que es el diseño de hormigón convencional. Observamos, en la Tabla 32, las proporciones, el tipo de cementos usado y la fuente del agregado fino. Se efectuó, de estas dos maneras, el hormigón con arcilla expandida para verificar, después de las roturas a compresión, con cuál de las normas se obtiene mejores resultados, los cuáles serán detallados en el desarrollo de este capítulo.

Tabla 32. Diseños y dosificaciones por método de diseño ACI 211.1 y 211.2 usando proporciones entre 40 y 60% de agregado fino.

DISEÑOS REALIZADOS				
NORMAS	DOSIFICACION	PROPORCIONES (%)		TIPO DE CEMENTO
		A. FINO	ARCILLA EXPANDIDA	TIPO 1P (SELVALEGRE)
ACI 211.1 A/C	100.1	40	60	x
	100.2	50	50	x
	100.3	60	40	x
ACI 211.2 C.C.	200.1	40	60	x
	200.2	50	50	x
	200.3	60	40	x

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

En la Tabla 33, se observa que realizamos una sustitución parcial del agregado grueso por la arcilla expandida, usando el mismo tipo de cemento y agregado que en la dosificación anterior. Sólo fue realizado bajo la norma ACI 211.1.

Tabla 33. Diseños y dosificaciones por sustituto parcial de la arcilla expandida

DISEÑOS REALIZADOS			
NORMAS	DOSIFICACION	SUSTITUTO PARCIAL DE LA ARCILLA EXPANDIDA (%)	TIPO DE CEMENTO
			TIPO 1P (SELVALEGRE)
ACI 211.1 A/C	100.4	25	X
	100.5	50	X
	100.6	75	X

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Tabla 34. Diseño y dosificación por el método de la ACI 211.1 y ACI 211.2 con cemento tipo HE, Agregado fino de San Vicente

DISEÑOS REALIZADOS				
NORMAS	DOSIFICACION	PROPORCIONES (%)		TIPO HE (Holcim Premium)
		ARENA TRITURADA	ARCILLA EXPANDIDA	
ACI 211.1	100.7	60	40	X
ACI 211.2	200.4			

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Luego de realizado anteriormente varios diseños y dosificaciones de acuerdo a las Tablas 32,33 y 34, verificamos que la dosificación adecuada para realizar este hormigón es de 60% de agregado fino y 40% de agregado grueso (arcilla expandida). Este hormigón liviano con resistencia de diseño 210 kg/cm² fue realizado con cemento tipo HE para obtener mejores propiedades.

En este diseño, decidimos usar arena de río de la cantera El Triunfo para poder observar la diferencia del comportamiento del hormigón al cambiar una arena triturada gruesa con una arena más fina, observando que, en el ensayo de resistencia al hormigón, los cilindros fallaron con cargas menores.

Tabla 35. Diseño y dosificación por el método de ACI 211.2 con cemento tipo 1P, agregado fino El Triunfo

DISEÑOS REALIZADOS				
NORMAS	DOSIFICACION	PROPORCIONES (%)		Cemento tipo 1P (Selvalegre)
		ARENA DE RIO	ARCILLA EXPANDIDA	
ACI 211.2	200.5	60	40	X

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.2. RESULTADOS DE ENSAYOS AL HORMIGÓN ENDURECIDO

4.2.1 Determinación de la reactividad alcalina potencial de combinaciones árido-cemento (método de la barra del mortero)

En la Figura 23, observamos las barras de mortero que fueron fundidas con arcilla expandida triturada. Luego del proceso de ensayo, obtuvimos la gráfica con los resultados, donde se encuentra la Deformación (%) vs Edad (días) obteniendo una deformación entre 0,02% y 0,03%. Y, a su vez, cumpliendo con lo establecido en la norma NTE INEN 1573, demostrando que la arcilla expandida no presenta reacción álcalis- cemento. (ANEXO 4.1)



Figura 23. Barras de mortero- Gráfica Reacción Álcali-Sílice
Fuente: Centro Técnico del Hormigón (Holcim)

4.2.2 Densidad del hormigón endurecido

Se realizó tablas comparativas con el fin de poder apreciar la diferencia en el valor de la densidad del hormigón liviano con arcilla expandida con respecto al hormigón convencional, ya que el hormigón liviano posee una menor densidad debido a la alta porosidad del agregado utilizado, tal como se puede observar en las gráficas y tablas.

En la Tabla 36, se comparó las densidades de las probetas con los diferentes tipos de cemento, dosificaciones y diseños, donde podemos observar que el hormigón patrón tiene una densidad mayor en comparación con el hormigón liviano con arcilla expandida de cemento Selvalegre y Holcim HE, obteniendo densidades desde 1.594,30

kg/m³ hasta 1.621,48 kg/m³, cumpliendo la norma ACI 318 donde menciona que la densidad para ser liviano debe ser menor de 1850 kg/m³.

Tabla 36. Densidad del Hormigón Endurecido. HL con arcilla expandida vs Hormigón Conventional f'c=210 kg/cm²

DENSIDADES DE HORMIGON f'c = 210 kg/cm ² PATRON Y LIVIANO CON DIFERENTES PROPORCIONES (kg/m ³)				
NORMA: ACI 211.1		METODO DE DISEÑO: AGUA / CEMENTO		
TIPO DE HORMIGON	EDAD (días)	PROPORCION		
		AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %
LIVIANO SELVALEGRE	28	1597,70	1597,18	1617,29
LIVIANO HOLCIM HE	28	1594,20	1607,67	1621,48
TIPO DE HORMIGON	EDAD (días)	AGREGADO FINO = 40 %	AGREGADO FINO = 50 %	AGREGADO FINO = 60 %
		AGREGADO GRUESO = 60 %	AGREGADO GRUESO = 50 %	AGREGADO GRUESO = 40 %
PATRON SELVALEGRE	28	2064,49	2233,64	2216,82

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

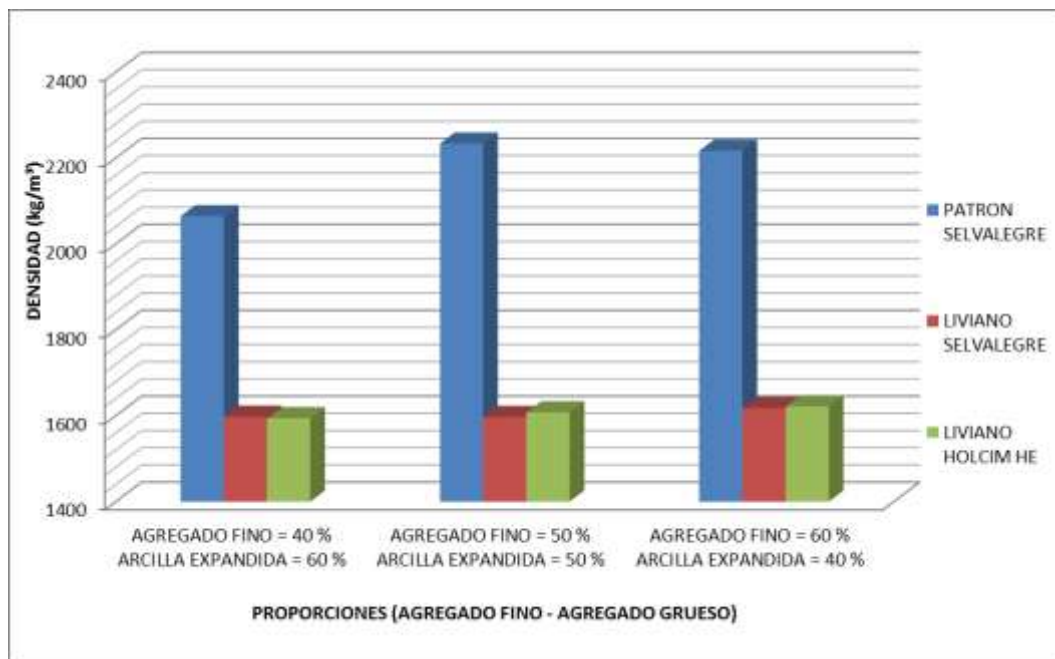


Figura 24. Densidad de Hormigón convencional vs Hormigón liviano

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

En la Tabla 37 se refleja, en los resultados que la densidad disminuye cuando la cantidad de agregado grueso pétreo se reduce y la cantidad de arcilla expandida aumenta, debido a la porosidad del agregado liviano.

Tabla 37. Densidades del hormigón endurecido reemplazo parcial. Método de diseño ACI 211.1 con cemento Selvalegre

DENSIDADES DE HORMIGON CON REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO (kg/m ³)					
NORMA: ACI 211.1	METODO DE DISEÑO: AGUA / CEMENTO (SELVALEGRE)				
PROPORCION					
ARCILLA EXPANDIDA	0%	10%	20%	30%	40%
AGREGADO GRUESO	40%	30%	20%	10%	0%
AGREGADO FINO	60%	60%	60%	60%	60%
EDAD (28 DIAS)	2216,82	2126,36	1976,53	1826,21	1617,29

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

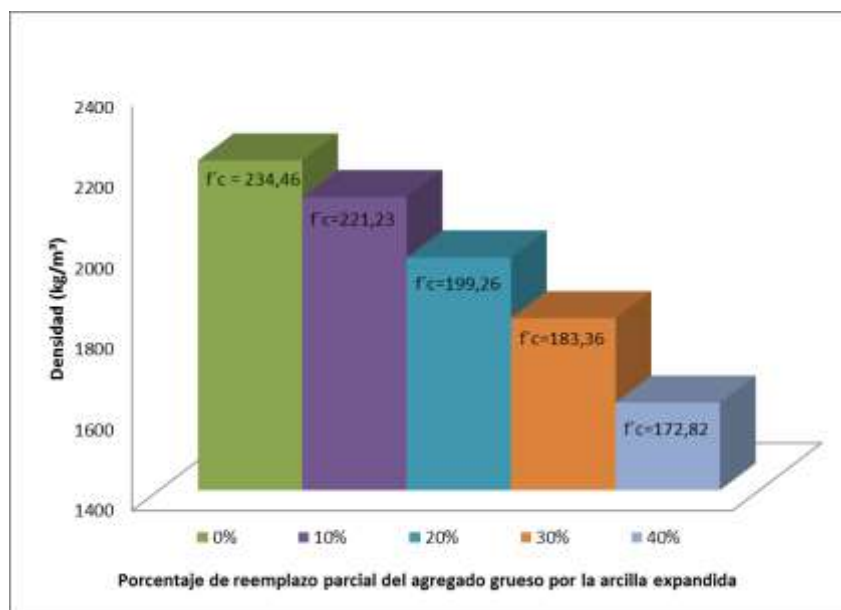


Figura 25. Densidades del hormigón endurecido reemplazo parcial. Método de diseño

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Observamos en la Tabla 38, que, a menor cantidad de cemento, la densidad del concreto es menor. Con el uso de menos agregado grueso, ésta también, disminuye de manera significativa; esto, gracias a la arcilla expandida.

Tabla 38. Densidades de hormigón endurecido por proporciones, método de diseño ACI 211.2 con cemento Selvalegre

DENSIDADES DE HORMIGON LIVIANO CON DIFERENTES PROPORCIONES DE AGREGADO (kg/m ³)				
NORMA: ACI 211.2		METODO DE DISEÑO: CANTIDAD DE CEMENTO / RESISTENCIA		
CANTIDAD DE CEMENTO POR m ³	EDAD (días)	PROPORCION		
		AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %
280 kg	28	1781,48	1730,49	1684,67
300 kg	28	1762,15	1711,52	1678,83
350 kg	28	1729,26	1693,73	1673,74

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

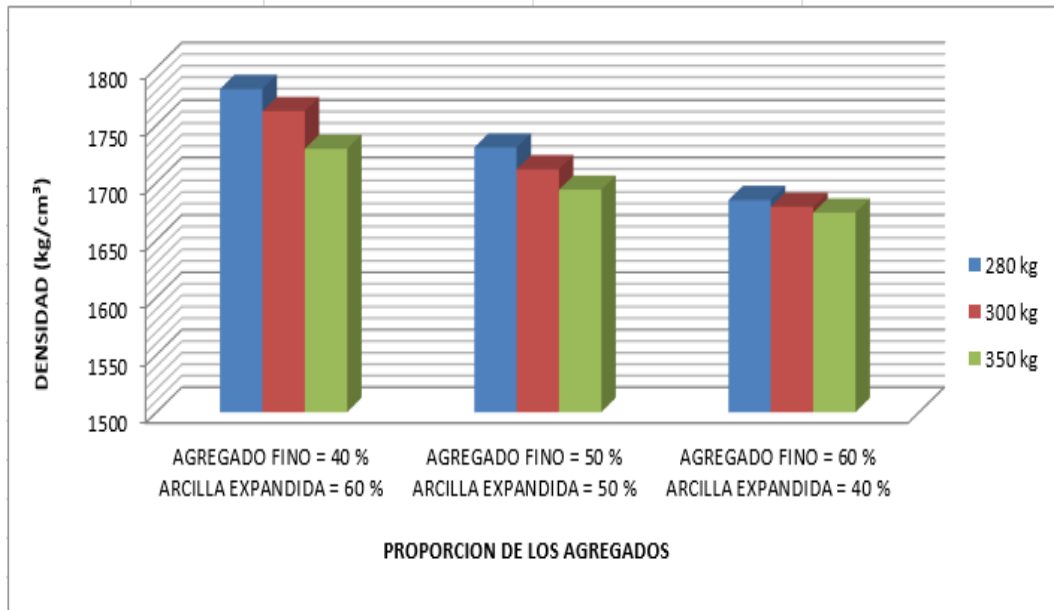


Figura 26. Densidades de hormigón endurecido por proporciones, método de diseño ACI 211.2
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

La Tabla 39 fue elaborada solo con las cantidades de cemento diseñado por el método ACI 211.2, con el fin de observar que la densidad del hormigón endurecido disminuye cuando la cantidad de cemento aumenta.

Tabla 39. Densidades de hormigón por método de diseño ACI 211.2 por cantidad de cemento Selvalegre

DENSIDADES DE HORMIGON LIVIANO CON DIFERENTE CANTIDAD DE CEMENTO (kg/m ³)						
NORMA: ACI 211.2		METODO DE DISEÑO: CANTIDAD DE CEMENTO / RESISTENCIA				
EDAD (días)	AGREGADO FINO = 60 %		ARCILLA EXPANDIDA = 40 %			
	CANTIDAD DE CEMENTO POR m ³					
	280 kg	300 kg	350 kg	400 kg	450 kg	500 kg
28	1684,67	1678,83	1673,74	1669,30	1664,30	1662,35

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

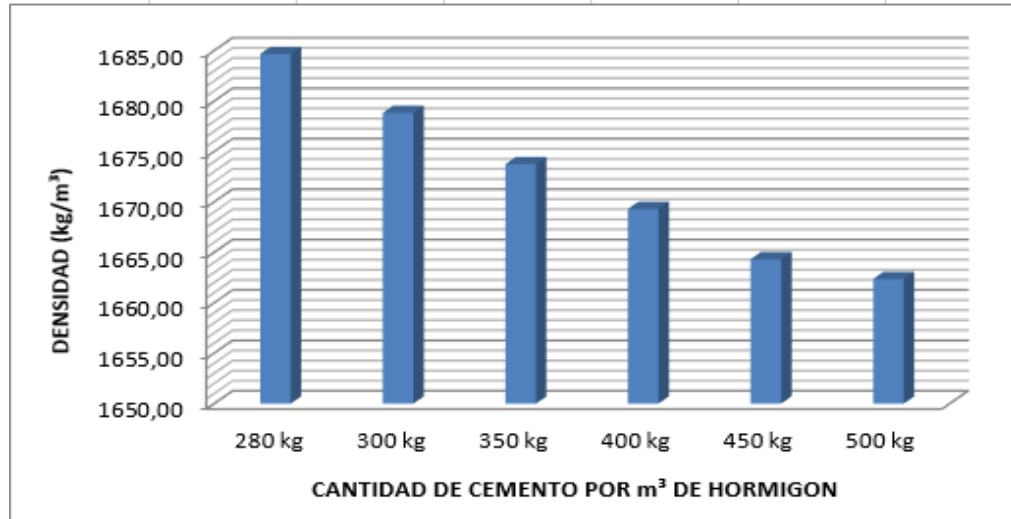


Figura 27. Densidades de hormigón por método de diseño ACI 211.2 por cantidad de cemento

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

En la Tabla 40, se refleja que el valor de las densidades del hormigón endurecido, incrementó con arena de río “El Triunfo”, mientras que con arena triturada es menor. Cabe señalar que también existe una disminución de densidades con el uso del cemento Holcim HE en comparación con el cemento Selvalegre 1P.

Tabla 40. Densidades de con variedad de agregados y tipos de cemento, método de diseño ACI 211.2

DENSIDADES DE HORMIGON LIVIANO CON DIFERENTES MATERIALES				
NORMA: ACI 211.2		METODO DE DISEÑO: CANTIDAD DE CEMENTO / RESISTENCIA		
PROPORCION: AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %				
CANTIDAD DE CEMENTO POR m³	EDAD	MATERIALES		
		CEMENTO SELVALEGRE ARENA "EL TRIUNFO" ARCILLA EXPANDIDA	CEMENTO SELVALEGRE ARENA TRITURADA ARCILLA EXPANDIDA	CEMENTO HOLCIM HE ARENA TRITURADA ARCILLA EXPANDIDA
400 kg	28	1676,29	1669,30	1663,01
450 kg	28	1670,85	1664,30	1659,41
500 kg	28	1665,84	1662,35	1656,75

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

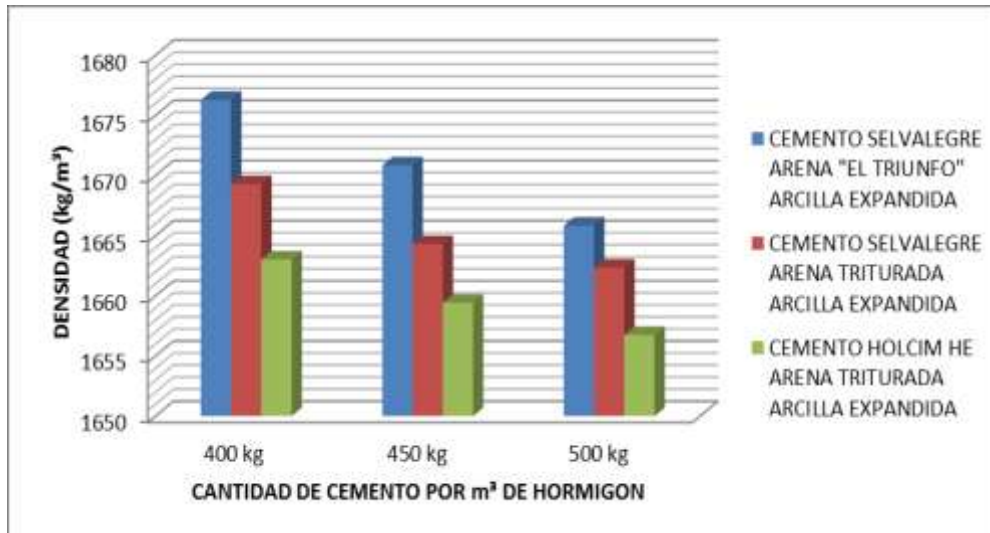


Figura 28. Densidades de con variedad de agregados y tipos de cemento, método de diseño ACI 211.2

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.2.3 Resistencia a la compresión

Este ensayo se realizó según la NTE INEN 1573, con tres especímenes por resistencia y dosificación, a los 3, 7 y 28 días de edad. Este ensayo fue realizado en el Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Hormigón de la Escuela de Ingeniería Civil y, a su vez, asistido por el laboratorista de este establecimiento, debido a que la prensa hidráulica debe ser usada de manera correcta por el control de velocidad de la aplicación de carga, para que no afecte el resultado final de las roturas.

Luego de ensayar todos los cilindros, se observó que las probetas elaboradas por el método ACI 211.2 (Diseño de hormigón con agregado liviano) no dieron los resultados esperados. La resistencia disminuyó entre un 20% y 56% de la resistencia esperada. Los resultados mostrados en la Tabla 41 (Figura 26) nos permiten verificar cuál de las tres proporciones fue la más aceptable. En este caso, el 60% de A. fino (San Vicente) y 40% de A. grueso (A.E.) reflejaron mejores resistencias, por lo que se decidió, en los diseños posteriores, usar esta proporción para obtener un mejor comportamiento del hormigón.

Tabla 41. Resistencias a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, método de diseño ACI 211.2

RESISTENCIAS DE HORMIGÓN LIVIANO CON DIFERENTES PROPORCIONES DE AGREGADO							
NORMA: ACI 211.2		METODO DE DISEÑO: CANTIDAD DE CEMENTO / RESISTENCIA					
CANTIDAD DE CEMENTO POR m^3	EDAD (días)	PROPORCION					
		AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	EFICIENCIA (%)	AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	EFICIENCIA (%)	AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	EFICIENCIA (%)
280 kg	3	37,38	43,98	45,15	58,33	56,32	68,33
	7	66,78		78,22		91,98	
	28	92,36		122,49		143,50	
300 kg	3	40,95	52,88	50,26	62,44	59,90	72,81
	7	62,90		74,13		100,11	
	28	111,05		131,12		152,91	
350 kg	3	51,48	61,52	60,11	70,89	66,51	80,25
	7	83,19		91,00		109,51	
	28	129,19		148,87		168,52	

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

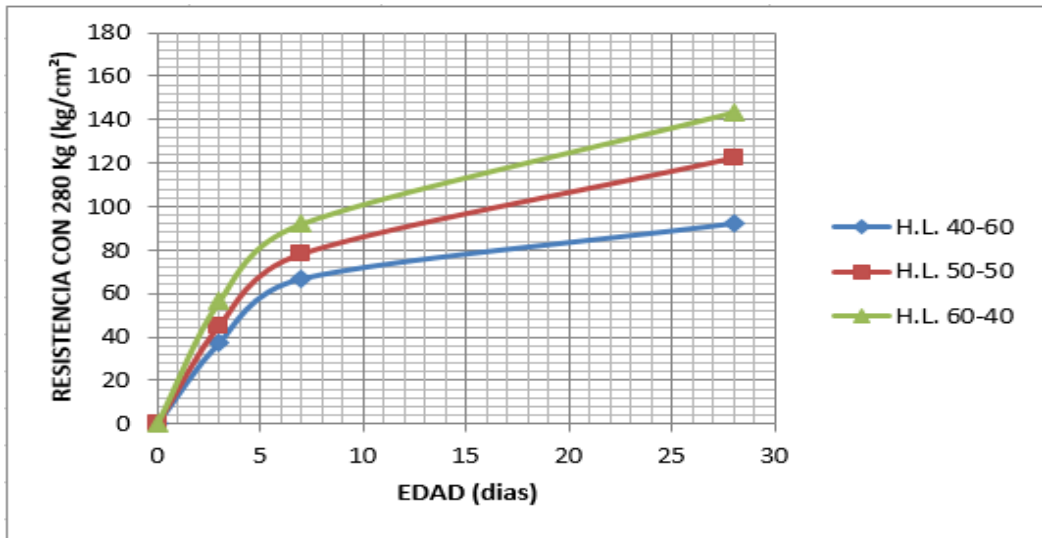


Figura 29. Gráfica Resistencia vs. Edad con Contenido de cemento=280 Kg.

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

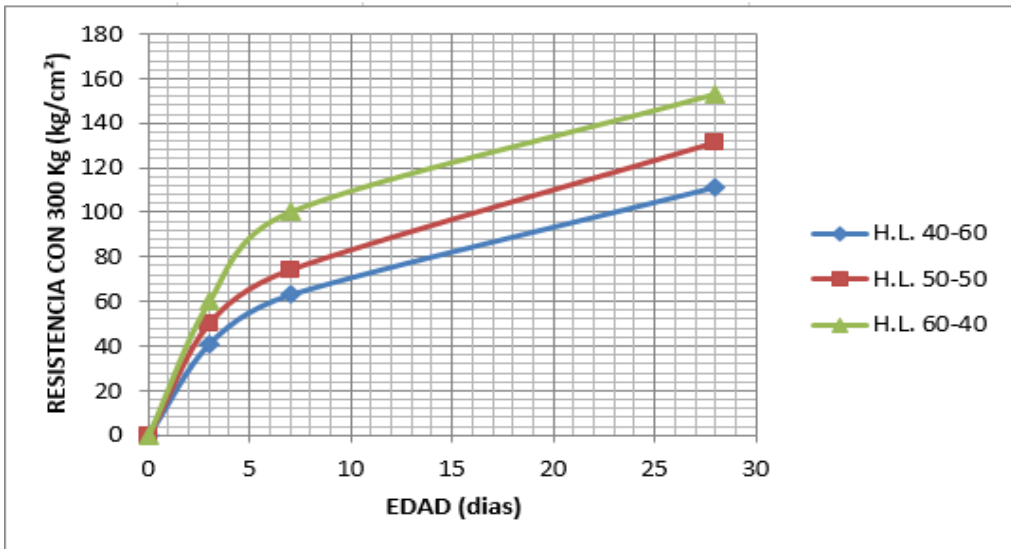


Figura 30. Gráfica Resistencia vs Edad con Contenido de cemento=300 kg

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

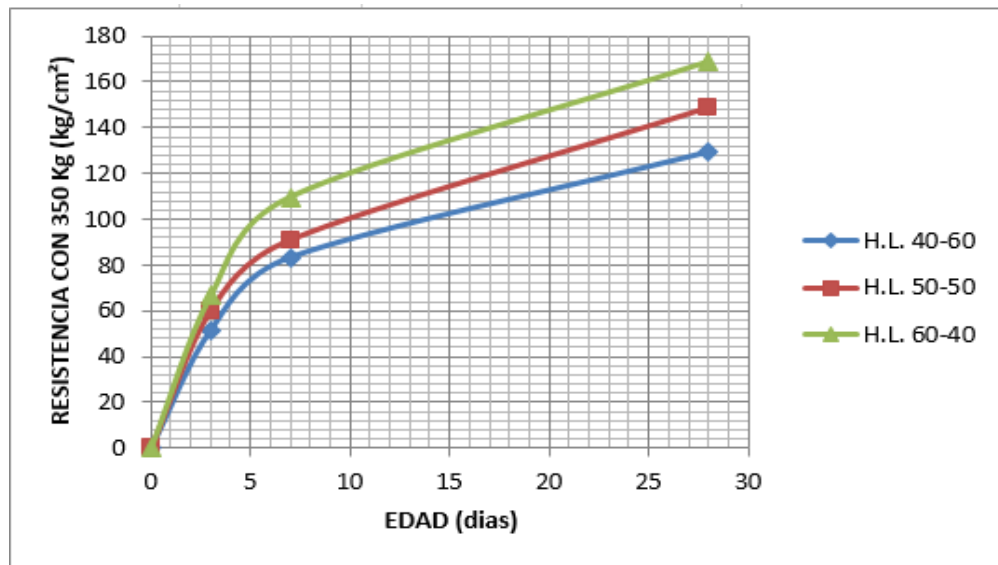


Figura 31. Gráfica Resistencia vs. Edad con Contenido de cemento=350 kg
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Se empleó la proporción 60% A. fino (San Vicente) y 40% A. grueso, arcilla expandida. Por lo mencionado anteriormente, con el método de diseño ACI 211.2, utilizando las cantidades de cemento de la Tabla 42. (Cap.3), con el contenido de cemento de 500 kg, se obtuvo los resultados de resistencias deseadas.

Tabla 42. Resistencias a la compresión con método de diseño ACI 211.2 P=60%AF-40%AG $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y cemento Selvalegre.

RESISTENCIAS DE HORMIGON LIVIANO CON DIFERENTE CANTIDAD DE CEMENTO						
NORMA: ACI 211.2	MET. DE DISEÑO: CANT. DE CEMENTO / RESISTENCIA					R: 210 kg/cm ²
EDAD	AGREGADO FINO = 60 %			AGREGADO GRUESO = 40 %		
	CANTIDAD DE CEMENTO POR m ³					
	280 kg	300 kg	350 kg	400 kg	450 kg	500 kg
3	56,32	59,90	66,51	72,72	76,46	88,63
7	91,98	100,11	109,51	122,50	133,52	148,12
28	143,50	152,91	168,52	191,14	203,82	215,52

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

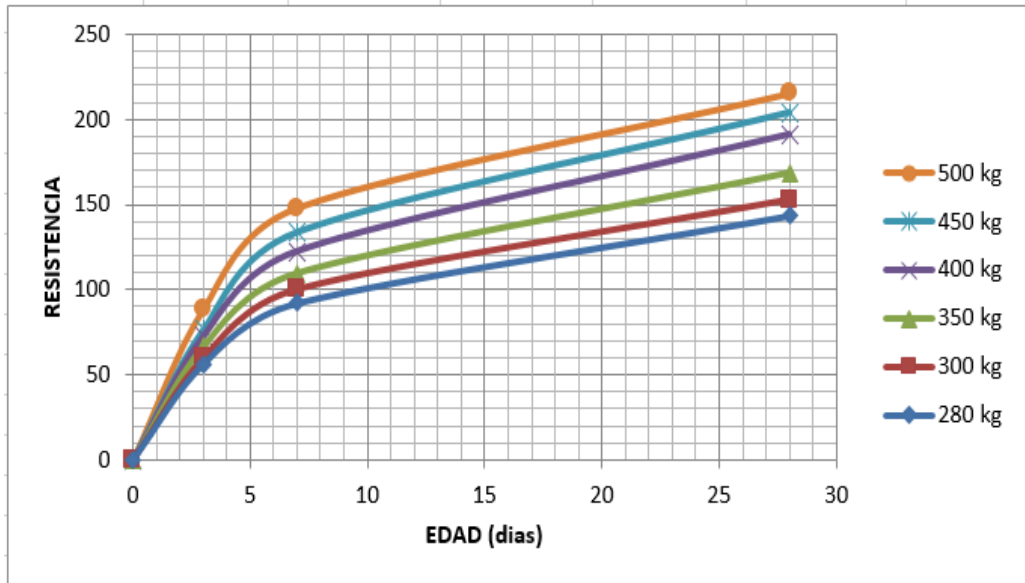


Figura 32. Gráfica Resistencia a la compresión vs. Edad $f'c=210 \text{ kg/cm}$
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Se realizó probetas con reemplazo parcial de arcilla expandida por agregado grueso (San Vicente), tal como lo muestra la Tabla 43, donde las probetas elaboradas con el 10% de arcilla expandida obtuvieron la resistencia deseada, pero esta proporción por contener más agregado grueso tiene elevada densidad, por lo que no califica como hormigón liviano.

Tabla 43. Resistencias a la compresión con sustituto parcial de A.E. por el A.G. con cemento Selvalegre

RESISTENCIAS DE HORMIGON CON REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO (210 kg/cm^2)						
NORMA: ACI 211.1		METODO DE DISEÑO: AGUA / CEMENTO (SELVALEGRE)				
PROPORCION	ARCILLA EXPANDIDA	0%	10%	20%	30%	40%
	AGREGADO GRUESO	40%	30%	20%	10%	0%
	AGREGADO FINO	60%	60%	60%	60%	60%
EDAD (días)	3	94,06	132,70	122,03	119,93	69,36
	7	160,88	159,35	143,86	142,65	121,60
	28	234,46	221,23	199,26	183,36	172,82

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

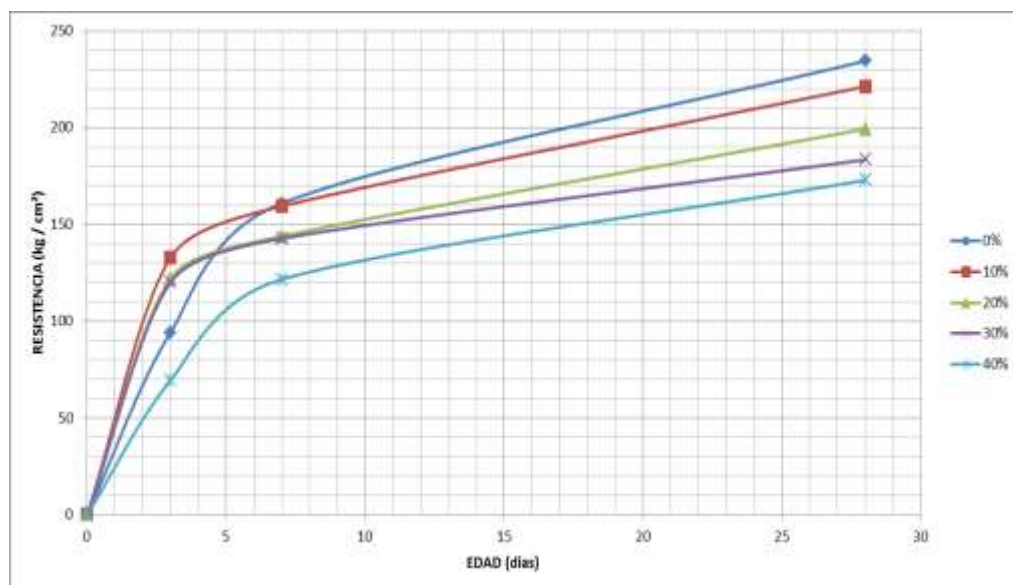


Figura 33. Resistencia a la compresión vs. Edad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

En la Tabla 44 y en la Figura 34 podemos observar las diferencias en el resultado en las resistencias a la compresión, en el hormigón con a. fino de El Triunfo, según la cantidad de cemento usada, existe una disminución entre un 5% y 17% de la resistencia de diseño, con arena triturada consta un disminución de un 8% con 400 kg de cemento y un aumento del 2% con 500 kg de cemento, con hormigón con cemento HE entre un 5% a 15% mayor que la resistencia de diseño.

Tabla 44. Tabla comparativa de resistencias a la compresión Hormigones livianos $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

RESISTENCIAS DE HORMIGON LIVIANO CON DIFERENTES MATERIALES							
NORMA: ACI 211.2		METODO DE DISEÑO: CANTIDAD DE CEMENTO / RESISTENCIA					
PROPORCION: AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %							
CANTIDAD DE CEMENTO POR m^3	EDAD (días)	MATERIALES					
		CEMENTO SELVALEGRE ARENA "EL TRIUNFO" ARCILLA EXPANDIDA	EFICIENCIA (%)	CEMENTO SELVALEGRE ARENA TRITURADA ARCILLA EXPANDIDA	EFICIENCIA (%)	CEMENTO HOLCIM HE ARENA TRITURADA ARCILLA EXPANDIDA	EFICIENCIA (%)
400 kg	3	67,15	83,88	72,72	91,02	87,30	105,31
	7	122,93		122,50		153,80	
	28	176,14		191,14		221,16	
450 kg	3	74,31	89,49	76,46	97,05	92,76	109,33
	7	125,38		133,52		161,36	
	28	187,92		203,82		229,59	
500 kg	3	80,47	95,81	88,63	102,63	95,50	115,48
	7	140,82		148,12		173,87	
	28	201,20		215,52		242,52	

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

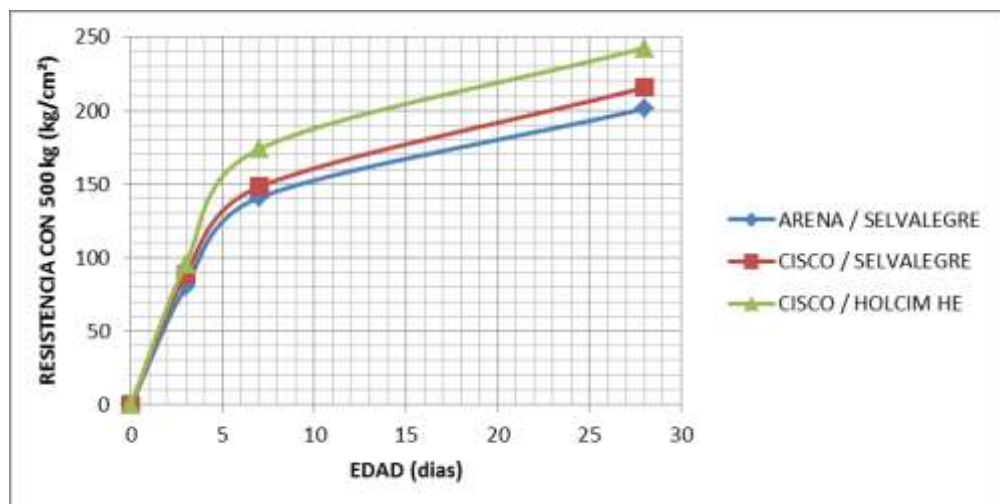
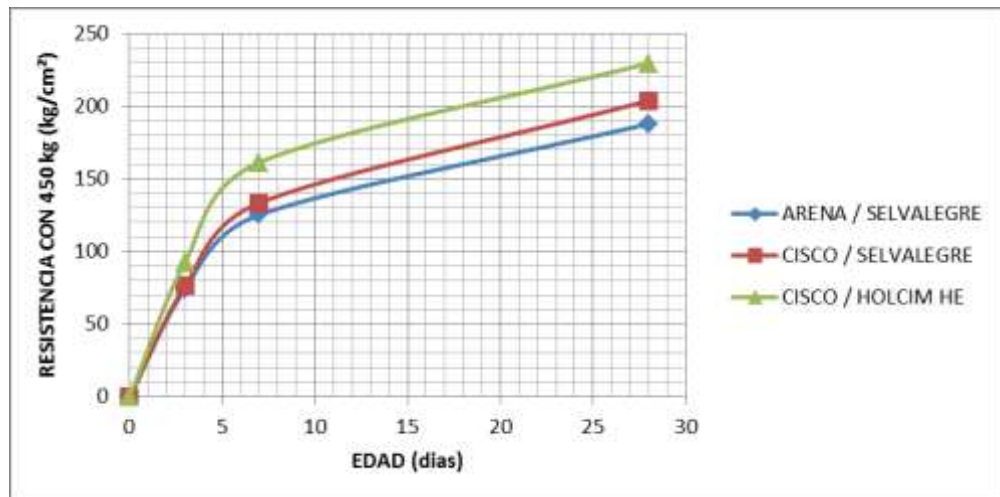
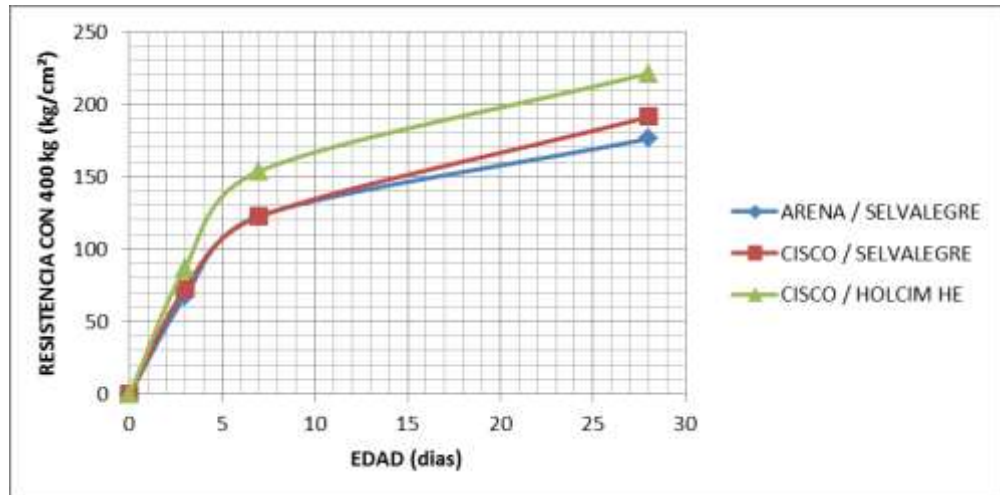


Figura 34. Gráfica de Resistencias a la compresión de Hormigón liviano con arcilla expandida con diferentes agregados y cementos
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Se realizó un diseño de hormigón liviano con arcilla expandida utilizando arena fina de la cantera El Triunfo donde se observó, en la Tabla 45, la disminución de las resistencias por el cambio de agregado.

Tabla 45. Resistencias a la compresión Hormigón liviano con A.E. con A. Fino: El Triunfo

RESISTENCIAS DE HORMIGON LIVIANO CON ARENA DE "EL TRIUNFO"					
NORMA: ACI 211.2		METODO DE DISEÑO: CANTIDAD DE CEMENTO / RESISTENCIA			
PROPORCION: AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %					
MATERIALES	EDAD	CANTIDAD DE CEMENTO POR m ³			HORMIGON PATRON
		400 kg	450 kg	500 kg	
CEMENTO SELVALEGRE	3	67,15	74,31	80,47	86,17
ARENA "EL TRIUNFO"	7	122,93	125,38	140,82	160,07
ARCILLA EXPANDIDA	28	176,14	187,92	201,20	222,81

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

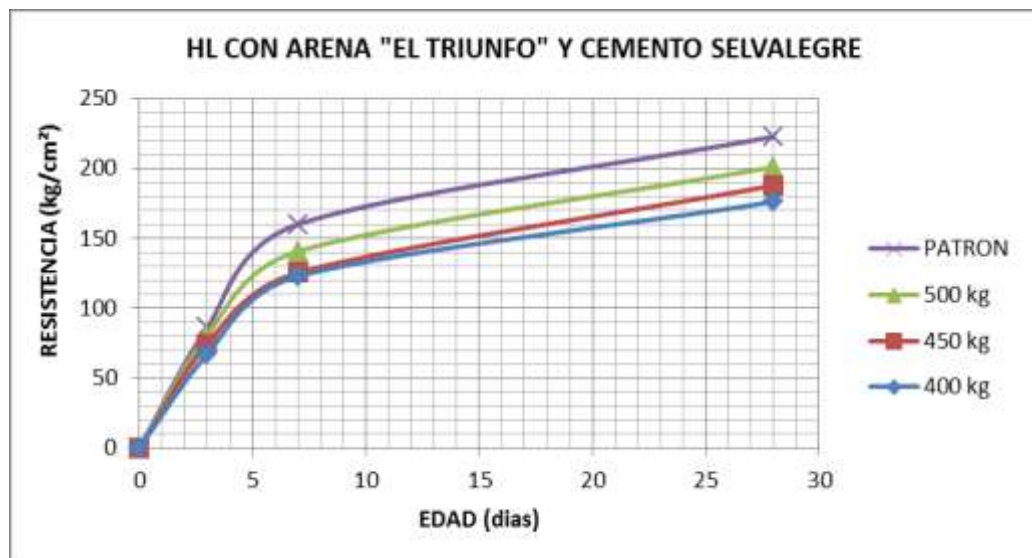


Figura 35. Gráfica de la Resistencia a la Compresión Hormigón Liviano con A.E. con A. Fino El Triunfo

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Inicialmente, se realizó cuatro diseños de hormigón patrón con agregado fino y grueso de la cantera San Vicente de Colonche, con el fin de elaborar las probetas del hormigón liviano con arcilla expandida de las mismas resistencias mencionadas en la Tabla 46. En el proceso, observamos, por medio de los resultados, que las resistencias de diseño no llegan al valor deseado, por lo que se decidió, para obtener más resultados y conseguir mejores propiedades, realizar el hormigón liviano con arcilla expandida y reemplazar el cemento Selvalegre Tipo 1P por el Holcim Tipo HE, dejando de lado estos patrones.

Tabla 46. Resistencias a la compresión de Hormigón patrón

RESISTENCIAS DE HORMIGON PATRON (kg/cm ²)				
NORMA: ACI 211.1		METODO DE DISEÑO: AGUA / CEMENTO		
EDAD	AGREGADO FINO = 60 %		AGREGADO GRUESO = 40 %	
	f'c = 180	f'c = 210	f'c = 250	f'c = 280
3	87,38	94,06	103,88	111,93
7	131,76	160,66	181,84	211,41
28	185,70	234,46	261,16	291,35

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

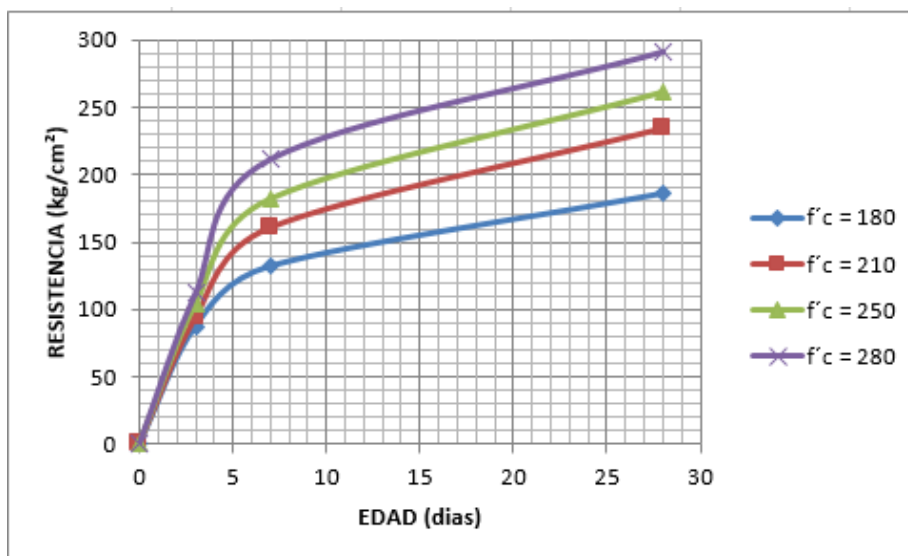


Figura 36. Gráfica resistencia a la compresión vs. Edad de hormigón patrón

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

El diseño con cemento HE se lo ha considerado como satisfactorio, debido a que alcanza resistencias superiores por las propiedades mismas del cemento. Observando la Figura 47, podemos comparar las elevadas resistencias del hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida. Cabe indicar que se diseñó este hormigón con la proporción de 40% de A. grueso y 60% de A. fino.

Tabla 47. Resistencia a la compresión de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida- cemento: tipo HE

RESISTENCIAS DE HORMIGON LIVIANO CON ARENA DE "EL TRIUNFO"					
NORMA: ACI 211.2		METODO DE DISEÑO: CANTIDAD DE CEMENTO / RESISTENCIA			
PROPORCION: AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %					
MATERIALES	EDAD	CANTIDAD DE CEMENTO POR m ³			HORMIGON PATRON
		400 kg	450 kg	500 kg	
CEMENTO HOLCIM HE	3	87,30	92,76	95,50	103,45
ARENA TRITURADA	7	153,80	161,36	173,87	176,70
ARCILLA EXPANDIDA	28	221,16	229,59	242,52	255,30

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

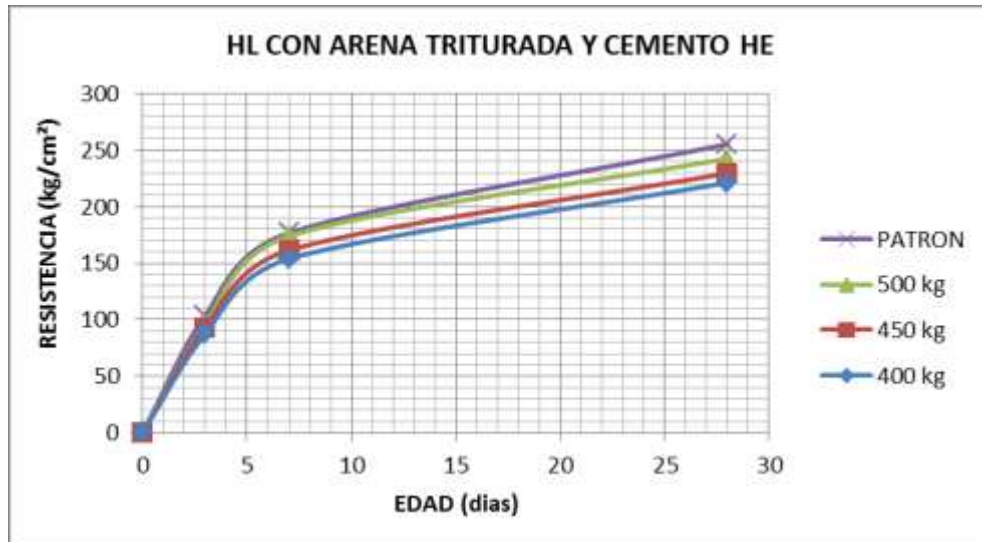


Figura 37. Gráfica resistencia a la compresión de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida- cemento: tipo HE
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.2.4 Módulo de Elasticidad y relación de Poisson

En el ACI 318S, para hormigones de densidad entre 1440 y 2560 kg/m³, establece la siguiente fórmula para el cálculo del módulo de elasticidad estático:

$$E_c = w_c^{1.5} * 0.043 * \sqrt{f'_c}$$

Dónde:

E_c = Módulo de Elasticidad del concreto (Mpa).

f'_c = Resistencia a la compresión especificada a los 28 días (Mpa).

w_c = Densidad del concreto en estado seco comprendida entre 1440 y 2560 kg/m³.

En la Tabla 48 y 49, se muestra el módulo de elasticidad teórico de los hormigones diseñados con reemplazo parcial del agregado grueso y con contenido de cemento, respectivamente. Los resultados reflejados en la tabla son producto del cálculo de la fórmula tomada del ACI 318S.

Tabla 48. Módulo de elasticidad teórico del Hormigón

MODULO ESTATICO DE ELASTICIDAD DE HORMIGON CON REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO						
PROPIEDADES	UNIDAD	PROPORCION				
		ARENA = 60 % PIEDRA = 40 % ARCILLA = 0 %	ARENA = 60 % PIEDRA = 30 % ARCILLA = 10 %	ARENA = 60 % PIEDRA = 20 % ARCILLA = 20 %	ARENA = 60 % PIEDRA = 10 % ARCILLA = 30 %	ARENA = 60 % PIEDRA = 0 % ARCILLA = 40 %
DENSIDAD	(kg/m ³)	2216,82	2120,00	1973,41	1828,58	1617,29
RESISTENCIA	(MPa)	23,00	21,70	19,55	17,99	16,95
MODULO ELASTICO	(MPa)	21524,77	19553,82	16666,14	14260,10	11515,60
	(kg/cm ²)	2110,89	199390,28	169944,61	145410,22	117424,61

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Tabla 49. Módulo de elasticidad teórico del hormigón

MODULO DE ELASTICIDAD DE HORMIGON LIVIANO CON DIFERENTE CANTIDAD DE CEMENTO								
PROPIEDADES	UNIDAD	PORPORCION: AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %						HORMIGON PATRON
		CANTIDAD DE CEMENTO (SELVALEGRE) POR m ³						
		280 kg	300 kg	350 kg	400 kg	450 kg	500 kg	
DENSIDAD	(kg/m ³)	1684,67	1678,83	1673,74	1668,02	1662,13	1663,92	2216,82
RESISTENCIA	(MPa)	14,08	15,00	16,53	18,75	19,99	21,14	23,00
MODULO ELASTICO	(MPa)	11155,62	11455,94	11971,70	12684,71	13029,28	13419,69	21524,77
	(kg/cm ²)	1094,01	116816,24	122075,41	129345,94	132859,61	136840,54	219488,07

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Para calcular el módulo de elasticidad del hormigón liviano con arcilla expandida de proporción 60 % de arena triturada y 40 % arcilla expandida con 500 kg de cemento Selvalegre y HE por metro cubico con una aproximación de 344.74 MPa (50,000 psi) se usó la siguiente formula:

$$E = (S_2 - S_1)(\varepsilon_2 - 0.00005)$$

Dónde:

E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi),

S₂ = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)

S₁ = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ε₁, de 50 millonésimas, en MPa (psi)

ε₂ = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S₂, en millonésimas: μm (μpulg.)

En la Figura 38 se muestra la curva esfuerzo – deformación del hormigón liviano con arcilla expandida de proporción 60 % de arena triturada y 40 % arcilla expandida con 500 kg de cemento Selvalegre por metro cubico dando como resultado el módulo de elasticidad 12,2 GPa y el coeficiente de Poisson 0,12 . En la Figura 39 se muestra la curva esfuerzo – deformación del hormigón liviano con arcilla expandida de proporción 60 % de arena triturada y 40 % arcilla expandida con 500 kg de cemento HE por metro cubico dando como resultado el módulo de elasticidad 10,6 GPa y el coeficiente de Poisson 0,4.

Para calcular el coeficiente o relación de Poisson del hormigón liviano con arcilla expandida de proporción 60 % de arena triturada y 40 % arcilla expandida con 500 kg de cemento, tanto Selvalegre como Holcim HE, por metro cubico con una aproximación de 0.01 se usó la siguiente formula:

$$\mu = (\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1})(\varepsilon_2 - 0.00005)$$

Dónde:

μ = relación de Poisson

ε_{t2} = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S_2 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

ε_{t1} = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

ε_2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2 , en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

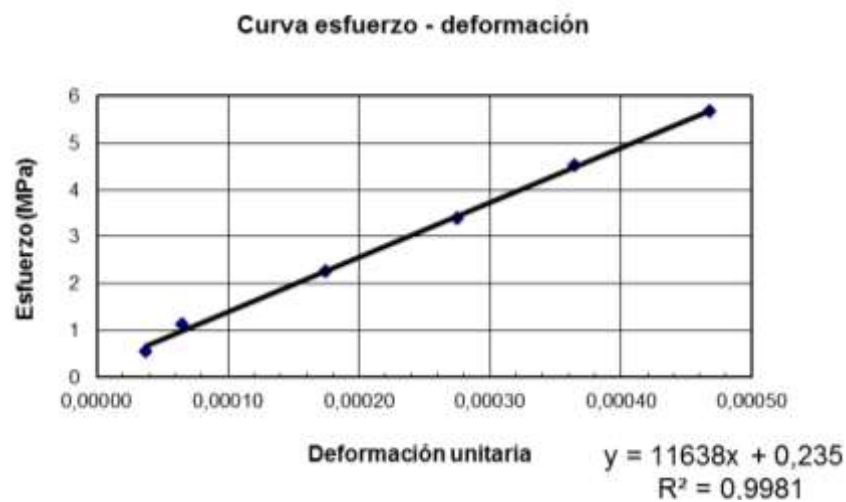


Figura 38. Curva esfuerzo – deformación de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida y cemento Selvalegre.

Fuente: D. Yagual – D. Villacís



Figura 39. Curva esfuerzo – deformación de Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida y cemento HE.

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.2.5 Permeabilidad al aire en el hormigón liviano

Este ensayo se lo realizó a dos probetas de hormigón liviano con de proporción 60% arena triturada, 40 % arcilla expandida y cemento Selvalegre dando como resultado un hormigón de permeabilidad moderada, de igual manera se ensayó una probeta de igual proporción pero con cemento HE obteniendo como resultado una permeabilidad modera debido al volumen de vacío de la arcilla expandida.

Tabla 50. Permeabilidad al aire a través del hormigón

Elemento	Kt ($\times 10^{-16} \text{ m}^2$)	L (mm)	Permeabilidad
HL-GU-1 R28 f c 210 kg/cm ²	0,208	31,7	moderada
HL-GU-2 R28 f c 210 kg/cm ²	0,205	31,4	moderada
HL-HE-3 R28 f c 210 kg/cm ²	0,396	42,7	moderada

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.2.6 Velocidad de pulso ultrasónico en el hormigón liviano

Este ensayo se lo realizó a dos probetas de hormigón liviano con de proporción 60% arena triturada, 40 % arcilla expandida y cemento Selvalegre catalogándolo como un hormigón de cuestionable, de igual manera se ensayó una probeta de igual proporción pero con cemento HE obteniendo la misma categoría, esto se debe a la porosidad del agregado grueso.

Tabla 51. Velocidad de pulso ultrasónico del hormigón

Muestra	Velocidad (m/seg)	Tiempo mc/seg	Clasificación del hormigón
HL-GU-1 R28 f c 210 kg/cm ²	3330	90	cuestionable
HL-GU-2 R28 f c 210 kg/cm ²	3127	96	cuestionable
HL-HE-3 R28 f c 210 kg/cm ²	3106	97	cuestionable

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.2.7 Tipo de fractura de la probeta

Podemos observar los esquemas de los modelos típicos de fractura (ASTM C39) y, después de realizar las roturas de las probetas cilíndricas, llegamos a la conclusión que las fracturas corresponden al Tipo 4, que es una fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; Tipo 5, fractura en los lados, en las partes superior o inferior; y Tipo 6, el cilindro después de la rotura queda en punta (Figura 40).

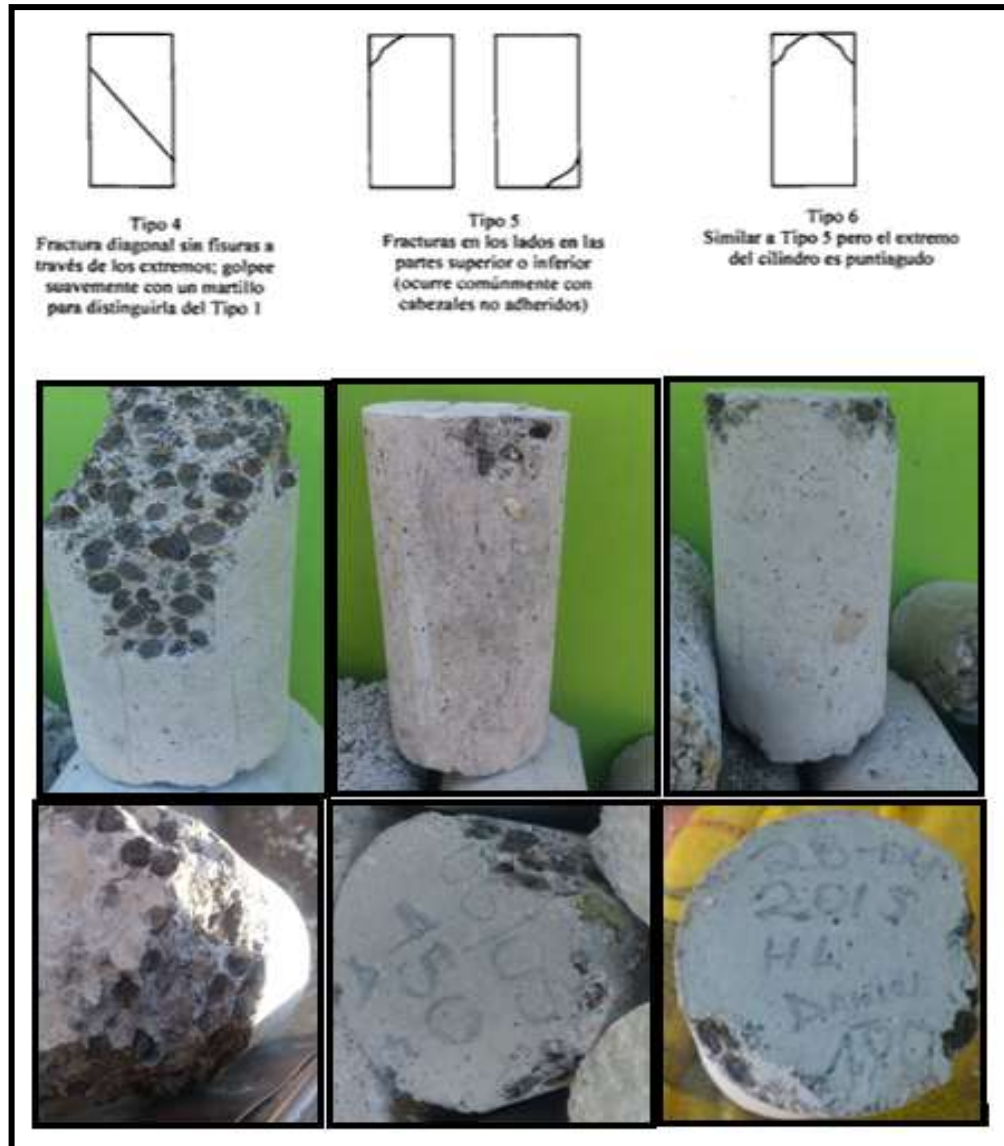


Figura 40. Tipos de Fractura en Probetas Ensayadas. Tipo 4, 5 y 6.
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA CON HORMIGÓN DE PESO NORMAL CON UNA ESTRUCTURA CON HORMIGÓN LIVIANO DE ARCILLA EXPANDIDA APLICANDO UN ESPECTRO DE DISEÑO

Dentro de los criterios para la definición de las fuerzas sísmicas se considera como primer parámetro la carga gravitacional que probablemente esté presente en la estructura en el momento en que ocurra el sismo de diseño. La masa asociada a la carga gravitacional será responsable de las fuerzas inerciales generadas con los sismos. (Romo Proaño, 2008)

Con la ayuda del software ETABS se realizó una breve evaluación de la estructura de un edificio de 4 pisos de hormigón convencional y de hormigón liviano con arcilla expandida, para ambos casos la estructura posee las mismas dimensiones de columnas y vigas, cargas viva y carga muerta de 200 kg/m^2 cada una y espectro de diseño que según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) representa un sismo catalogado como raro (severo) con una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años y un periodo de retorno 475 años.

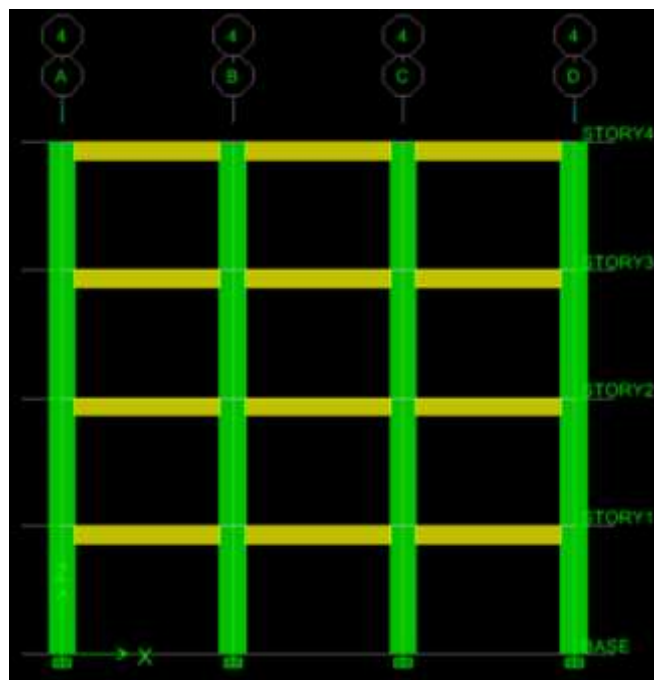


Figura 41. Diseño de estructura de hormigón con el software ETABS
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Se consideró una resistencia a la compresión del hormigón para ambos casos de 240 kg/cm^2 , los valores de densidad y módulo de elasticidad del hormigón liviano con arcilla expandida fueron obtenidos en los ensayos realizados para este trabajo de titulación, densidad de 1663 kg/m^3 y el módulo de elasticidad de $12,2 \text{ GPa}$. Para el hormigón de peso normal la densidad es 2400 kg/m^3 y un módulo de elasticidad de $21,0 \text{ GPa}$.

Después de aplicar las cargas muertas, cargas vivas y el espectro de diseño a cada una de las estructuras se obtuvo el desplazamiento en la dirección X y Y de cada piso, se puede observar en las figuras 42 y 43 la diferencia de los desplazamientos entre la estructura de hormigón convencional y la estructura de hormigón liviano con arcilla expandida, además se obtuvieron los máximos desplazamientos laterales mostrados en

las tablas 52 y 53 en la cual vemos que para el edificio diseñado con hormigón de peso normal el máximo desplazamiento fue 0.15 m y el máximo desplazamiento en el edificio diseñado con hormigón liviano fue 0.12 m, es decir, los desplazamiento laterales se redujeron un 20% en ambas direcciones en el edificio de hormigón liviano, por lo tanto existe un buen comportamiento de las estructuras de hormigón liviano con arcilla expandida ante las actividades sísmicas.

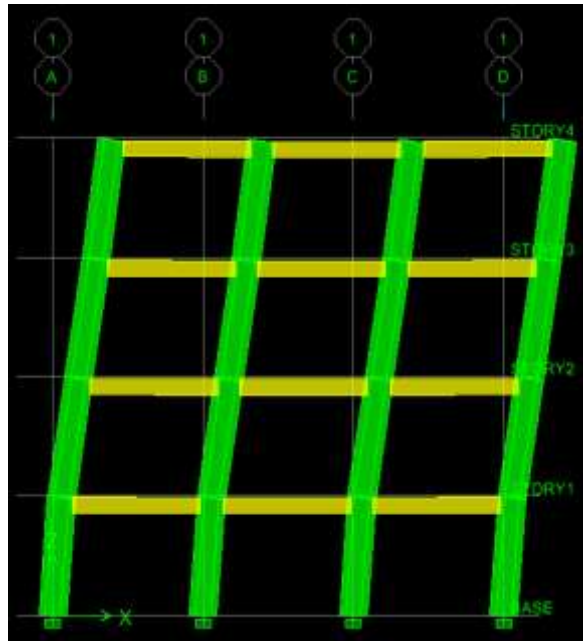


Figura 42. Desplazamiento máximo en la estructura con hormigón de peso normal
Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Tabla 52. Control de deriva de pisos de edificio de hormigón convencional

CONTROL DE DERIVA DE PISOS DE EDIFICIO CON HORMIGON CONVENCIONAL ($\Delta m < 2,00\%$)								
PISO	ALTURA	CASO DE ESPECTRO	DERIVA Δe		Δi (Cal X)	Δi (Cal Y)	DESPLAZAMIENTO (m)	
			X	Y	$\Delta m = 0,75 R \Delta e$		X	Y
4	12,00	X	0,00275	0,00152	1,24%	0,68%	0,15	0,08
		Y	0,00152	0,00275	0,68%	1,24%	0,08	0,15
3	9,00	X	0,00291	0,00157	1,31%	0,71%	0,12	0,06
		Y	0,00157	0,00291	0,71%	1,31%	0,06	0,12
2	6,00	X	0,00279	0,00154	1,26%	0,69%	0,08	0,04
		Y	0,00154	0,00279	0,69%	1,26%	0,04	0,08
1	3,00	X	0,00292	0,00128	1,31%	0,58%	0,04	0,02
		Y	0,00128	0,00292	0,58%	1,31%	0,02	0,04

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

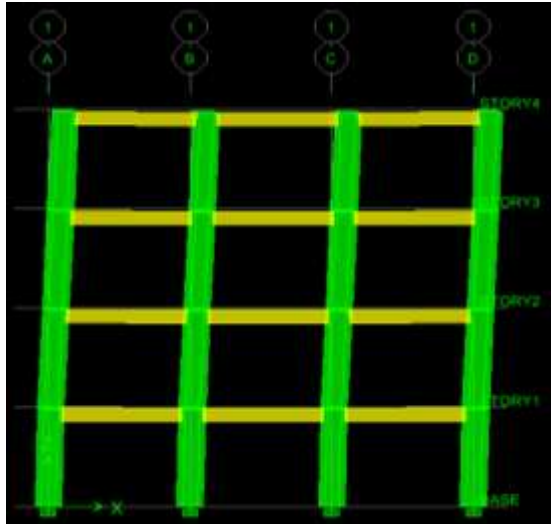


Figura 43. Desplazamiento máximo en la estructura de hormigón liviano con arcilla expandida

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

Tabla 53. Control de deriva de pisos de edificio de hormigón liviano con arcilla expandida

CONTROL DE DERIVA DE PISOS DE EDIFICIO CON HORMIGON LIVIANO ($\Delta m < 2,00\%$)								
PISO	ALTURA	CASO DE ESPECTRO	DERIVA Δe		Δi (Cal X)	Δi (Cal Y)	DESPLAZAMIENTO (m)	
			X	Y	$\Delta m = 0,75 R \Delta e$		X	Y
4	12,00	X	0,00230	0,00127	1,03%	0,57%	0,12	0,07
		Y	0,00127	0,00230	0,57%	1,03%	0,07	0,12
3	9,00	X	0,00243	0,00131	1,09%	0,59%	0,10	0,05
		Y	0,00131	0,00243	0,59%	1,09%	0,05	0,10
2	6,00	X	0,00233	0,00129	1,05%	0,58%	0,06	0,03
		Y	0,00129	0,00233	0,58%	1,05%	0,03	0,06
1	3,00	X	0,00244	0,00107	1,10%	0,48%	0,03	0,01
		Y	0,00107	0,00244	0,48%	1,10%	0,01	0,03

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

4.4 ANÁLISIS DE PRECIO

Se analizó los costos por metro cubico de hormigón convencional de $f'c=210$ kg/cm² con los agregados utilizados y con cemento Tipo 1P. Para el hormigón liviano con arcilla expandida, se realizó el análisis de igual manera considerando el costo del saco de la arcilla expandida como fabricado en el país. En la Tabla 54, podemos observar la diferencia de costos totales del metro cúbico de los hormigones ya mencionados. (Anexo 4.55 y 4.56)

Tabla 54. Costo del m³ de hormigón

Resistencia a la compresión	Hormigón convencional	Hormigón liviano con arcilla expandida
210 kg/cm ²	\$ 189,13	\$ 295,30

Fuente: D. Yagual – D. Villacís

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo de titulación, obtenidos de la sección del estudio experimental, se especifican las principales conclusiones:

1. El método ACI 211.2 para el diseño de hormigones livianos de alto desempeño con arcilla expandida de densidades entre 1594 a 1781 kg/m³ y resistencia superiores a 17 MPa, por lo tanto es un mejor método de diseño que el de ACI 211.1 ya que con este se obtuvo hormigón liviano de densidades pero con resistencias menores a 17 MPa.
2. Según la norma ASTM C330, se concluye que la arcilla expandida cumple con los requisitos de agregado ligero para mezclas de hormigón.
Según la norma ASTM C1.576-13, se determinó que no existe una reacción de los álcalis del cemento con la sílice del agregado grueso (arcilla expandida).
3. Para obtener hormigón liviano con arcilla expandida de densidad menor a 1850 kg/m³ y de resistencia de diseño mayores a 20 MPa las dosificaciones adecuadas son con contenido de cemento superiores a 400 kg y con una proporción de 60% de agregado fino y 40% de arcilla expandida cumpliendo con la norma ACI 318 donde indica que la resistencia del hormigón liviano estructural debe ser mayor a 17 MPa a los 28 días superando la resistencia del hormigón con piedra pómez.
4. El análisis de costo da como resultado que el m³ de hormigón de resistencia 210 kg/cm² de hormigón liviano está valorado en \$295,30, mientras que el hormigón convencional está valorado en \$189,13. Existe un ahorro con el uso del hormigón liviano con arcilla expandida, en función del costo global

de todo un proyecto, ya que al disminuir el peso propio de la estructura disminuirían las medidas de la cimentación o reduciría los gastos de reforzamiento de estructuras existentes en las que se harán ampliaciones usando el hormigón liviano con arcilla expandida.

5. Las densidades del hormigón liviano con arcilla expandida obtenidas están entre 1594 a 1781 kg/m³ cumpliendo con la norma del ACI 318 que clasifica a los hormigones como livianos con densidades entre 300 a 1850 kg/m³. Consiguiendo una disminución del peso del hormigón hasta en un 40%, valor bastante significativo en comparación con el hormigón convencional.
6. El uso de hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida, en una edificación de cuatro pisos reduce hasta un 20% los desplazamientos laterales provocado por un sismo, debido a la disminución de carga muerta producida por el peso propio de esta.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Utilizar mezclas no muy fluidas de hormigón liviano con arcilla expandida ya que el peso específico de la arcilla es menor que el peso específico del agua lo que provoca que la arcilla expandida flote después del vaciado y durante el fraguado teniendo como resultado superficies rugosas.
2. En el diseño de hormigón con arcilla expandida, se debe utilizar arena triturada como agregado fino; y no, arena de río para asegurar una mejor resistencia, debido a que esta arena ayuda a la trabazón de la mezcla obteniendo mejor adherencia de los componentes del hormigón.
3. Según los diseños realizados, se debe seguir el método la norma ACI 211.2 con un contenido de cemento de 500 kg y proporción 60% de agregado grueso – 40% de agregado fino.

4. Utilizar el hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida, en terrenos de suelos blandos, disminuirá la carga que se transmite al suelo, donde la capacidad de carga última es baja y se requieran construir edificaciones de gran altura.

5. Utilizar el hormigón liviano con arcilla expandida es una alternativa en zonas donde urbanísticamente, se encuentre densamente poblado y exista la necesidad de aumentar el número de pisos en una estructura. Debido a la baja densidad de este hormigón se podrá aumentar más pisos que con el hormigón convencional.

6. Esta tesis de grado es un aporte para proceder a fabricar arcilla expandida de propiedades similares o mejores a las que actualmente se comercializan, que posteriormente servirá como una alternativa para ser utilizada en la elaboración del hormigón liviano.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pedreros Parra, S. (s.f.). *ChileHormigona*. Obtenido de <http://chilehormigona.jimdo.com/2012/08/29/hormig%C3%B3n-de-alto-desempe%C3%B1o/>
- [2] Sánchez de Guzmán, D. (2011). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. En D. Sánchez de Guzmán, *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá: Bhandar Editores.
- [3] ASTM. (s.f.). ASTM C330. *Agregados livianos para concreto estructural*.
- [4] M.S. Shetty. (2005). *Concrete Technology S. Chand & company Ltda. Ramnagar*. New Delphi
- [5] INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. (s.f.). *Tecnología del Concreto - Tomo 3*. En A. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. MEXICO: LIMUSA
- [6] Parra Henao, D. (2000). *Estudio preliminar de expansión térmica de arcillas a escala de laboratorio*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- [7] Vandebussche, F., & Bessiron, N. (2005). *Madrid Patente n° 2 222 248*.
- [8] Mindiola Carrillo, J. (2011). *Cemento Portland Puzolánico - Influencia del tipo de cemento en la cantidad de agua de mezclado*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- [9] Holcim. (2015). *Proceso de Fabricación del Cemento*. Obtenido de Proceso de Fabricación del Cemento: <http://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento/proceso-de-fabricacion-del-cemento.html>
- [10] NEC-11. (2011). *Aditivos*. Ecuador.
- [11] Kosmatka, S., & Panarese, W. (2012). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. México
- [12] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Elaboración de Probetas de Hormigón. NTE 1855-1*. Quito.

- [13] Hou Huang, D. E., Caicedo Chica, J. L., & Falconi Pincay, A. A. (s.f). Hormigones Livianos de Alto Desempeño. *Revista Tecnológica ESPOL*, 2. (Consulta)
- [14] Romo Proaño, M. (2008). *Temas de Hormigón Armado*. Quito: Escuela Politecnica del Ejército. (Consulta)
- [15] Martínez Pineda Diego Roberto (2010). *Concreto liviano estructural con arcilla expandida termicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogota*. Bogota Colombia. (Consulta)
- [16] Valdez Luis, Suarez Gabriel & Proaño Gastón. (2010) *Hormigones livianos*. Guayaquil. (Consulta)
- [17] Arce Pezo Xavier. (1997) *Hormigones Livianos*. Tesis. Guayaquil. (Consulta)

ANEXOS

Arlita Leca[®] M-F

arcilla expandida de 2 a 10 mm

- Ligera e ignífuga
- Aislante térmica y acústica
- Resistente a la compresión
- Estable en el tiempo
- Ecológica

APLICACIONES

- Aligeramiento de recrecidos sobre forjados.
- Aislamiento de forjados y cubiertas.
- Aligeramiento de soleras.
- Aligeramiento de estructuras de hormigón.
- Rellenos y aplicaciones en geotecnia.
- Drenajes.
- Nivelaciones.
- Jardinería.

SOPORTES

- Forjados.
- Cubiertas.
- Láminas de polipropileno y geotextiles.
- Poliestireno.
- P.V.C.
- Terreno compactado.

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

- Asegurar que la superficie del forjado sea consistente y esté totalmente limpia.
- Proteger vigas y correas de madera (si las hay) colocando una lámina de polietileno antes de verter el hormigón.
- Prever juntas de dilatación.
- Humedecer el soporte.

PRESENTACIÓN

A granel.

RENDIMIENTO

Aproximadamente, 50 l (un saco)/5 m² y cm de espesor.

COLORES

Grisáceo.

CONSERVACIÓN

El material es imperecedero, sólo se degrada el envase.

COMPOSICIÓN

Arcilla expandida.

RECOMENDACIONES DE USO

Prever juntas de dilatación en los encuentros con los petos.

MODO DE EMPLEO



Amasar arcilla expandida Arlita® Leca® M-F con un 10-20% de agua y un 15-30% de cemento, y verter o bombear* sobre el soporte.



Extender el mortero con un espesor mínimo de 3 cm, regleándolo sobre maestras recuperables.



Dejar fraguar un mínimo de 12 horas en condiciones normales, antes de ser revestido.

* Según la aplicación, se puede verter o bombear en seco. Arlita® Leca® M-F está especialmente diseñada para facilitar el bombeo.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



Características de empleo generales

Conservación	producto impermecedero
Prestaciones finales	
Granulometría	2 - 10 mm
Densidad	380 kg/m ³
Conductividad térmica (EN 12664)	0,1 W/(m·K)
Resistencia a la fragmentación y machaques	2 MPa
Temperatura máxima utilización	1150°C
Partículas machacadas	20% masa
Cloruros	< 0,1% Cl
Sulfatos solubles en ácido	< 0,4% SO ₃
Azufre total	< 0,2 % S
Absorción de agua	< 34% masa seca

Estos resultados se han obtenido en ensayos realizados en condiciones estándar, y pueden variar en función de las condiciones de puesta en obra.



UNE-EN 13055-1

Agregado ligero artificial obtenido por proceso de materias naturales. Para la utilización en hormigón, prefabricados, morteros e inyectados en edificios y en obras de ingeniería civil. La caracterización ecotoxicológica del producto revela que está clasificado como inerte (Anexo III del DL 152/2002). No ha sido determinado el uso en ambientes sujetos a hielo y deshielo.

Sistema de gestión
certificado de acuerdo
a la norma ISO 9001
por SGS ICS



**CEMENTO PORTLAND
PUZOLÁNICO TIPO IP**

**FICHA TÉCNICA
SELVALEGRE PLUS**

CEMENTO

**UN PRODUCTO DE
LAFARGE CEMENTOS S.A.**

DE USO GENERAL

Para construcciones convencionales y especializadas.

CARACTERÍSTICAS

Resistencias

- Permite alcanzar fácilmente las resistencias a la compresión requeridas a todas las edades
- En condiciones normales se pueden obtener resistencias a la compresión entre 45 y 50 MPa
- Posee un progresivo crecimiento de las resistencias aún después de los 28 días de edad, puede alcanzar hasta un 20 % más a los 90 días

Resistencia a agentes agresivos

- Por su mayor compacidad, los hormigones o morteros son menos permeables e impiden el acceso de agentes agresivos como son: aguas salinas, suelos sulfatados, desechos industriales, aguas servidas, etc.
- Para aplicaciones con altas concentraciones de sulfatos se puede agregar ciertos minerales a Selvalegre Plus
- Contrarresta la reacción alcali sílice

Calor de hidratación

Desprende menos calor de hidratación que los cementos puros, permitiendo manejar grandes masas de hormigón.

Durabilidad

Una de las características más importantes del cemento Selvalegre Plus es la durabilidad, que es consecuencia de su resistencia a agentes agresivos y su continuo crecimiento de resistencia aún después de los 28 días.

Presentación

Sacos de 50 kg.

Oficina principal

NN.UU. y Amazonas, Edif. La Provisora
4to piso, Ofic. 402. Telfs: 2459 712 / 140 / 939
2272 540 Fax: 2256 091
Quito-Ecuador

Servicio al cliente

1800 111 222
1800 LAFARGE





LAFARGE
damos vida a los materiales™

www.lafarge.com.ec

Anexo 2.3 Ficha técnica cemento Holcim Premium HE

Especificaciones técnicas de Holcim Premium Tipo HE.

Requisitos químicos

No se especifica la composición química para el cemento. Sin embargo, el cemento debe ser analizado para propósitos informativos.

Requisitos físicos

Notas:

1. La información que consta en el cuadro adjunto corresponde al promedio de los datos obtenidos en el período de ensayos en curso. Los datos son de cemento típico despachado por Holcim. Los despachos individuales pueden tener variaciones.
2. (A) Límite no especificado por la NTE INEN 2380. Resultado reportado sólo como información.

	INEN 2380	Valor referencial
Cambio de longitud por autodeformación, % máximo	0.80	-0.04
Tiempo de fraguado, método de Vicat		
no menos de, minutos	45	150
no más de, minutos	420	
Contenido de aire del mortero, en volumen, %		3
Resistencia a la compresión, MPa, mínimo		
1 día	12	14
3 días	24	25
7 días	-	32
28 días	-	40
Expansión en barras de mortero 14 días, % máx.	0.020	0.001

Calidad

Los cementos de alta resistencia temprana Tipo HE cuyos requisitos de desempeño están contemplados en la Norma NTE INEN 2380, son aptos para todo tipo de estructuras, sobre todo donde se requieran ser puestas en servicio rápidamente. También se aplican en la construcción de estructuras masivas, obras portuarias, pavimentos, puentes, etc.

El cemento Holcim Premium Tipo HE es un producto de alta calidad que supera ampliamente los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN 2380, brindando seguridad y confianza al sector de la construcción en el desarrollo de sus proyectos.

Anexo 2.4 Ficha técnica Sikament - 100

Hoja Técnica
Edición 1, 2010
Identificación No. 103940, 96551, 96552, 96553
Sikament®-100

Sikament®-100

Aditivo reductor de agua de alto rango-superplastificante y acelerante de resistencias.

Descripción	Aditivo líquido reductor de agua de alto rango, superplastificante y acelerante de resistencias para concreto. Confiere al concreto una consistencia superfluida y de alta trabajabilidad. No contiene cloruros. Cumple con la norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1017 Tipo I.
Usos	Sikament®-100 se caracteriza por su alto poder dispersante que permite una perfecta distribución de las partículas de cemento del concreto, provocando una hidratación completa, obteniendo así la máxima eficiencia del cemento. Se usa principalmente para: estructuras pretensadas, postensadas, prefabricadas, de diseño especial, colados en serie, descimbrados a corto plazo.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">■ Incrementa la eficiencia del cemento.■ Reduce la segregación y el sangrado.■ Reduce la permeabilidad y disminuye la tendencia a la fisuración así como a la contracción.■ Produce excelentes acabados.■ Es el aditivo ideal para trabajos urgentes.■ Permite reducir el costo de colocación, vibrado, cimbra y el tiempo de construcción.■ A 24 horas acelera la resistencia del concreto o mortero de un 45% a un 70% dependiendo de la dosificación y la reducción de agua obtenida, con relación al concreto o mortero sin aditivo, permitiendo acortar los tiempos de descimbrado.
Modo de Empleo	
Aplicación del Producto	<p>Como superplastificante Agregue Sikament®-100 al concreto ya mezclado, en este caso debe ampliarse el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto.</p> <p>Como reductor de agua de alto rango Agregue Sikament®-100 en el último 10% del agua de mezcla durante la preparación del concreto.</p>
Dosificación	<p>Como superplastificante De 0,6% a 1,0% del peso del cemento (5,0 a 8,5 ml/kg de cemento).</p> <p>Como reductor de agua de alto rango De 1,2% a 3,0% del peso del cemento (10 a 25 ml/kg de cemento).</p>
Datos Técnicos	Tipo: Aditivo líquido a base de melamina formaldehído. Color: Café oscuro. Densidad: 1,18 kg/l aprox.

Precauciones La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y las condiciones de la obra.

La permanencia del efecto de superfluidéz se mantiene alrededor de 30 minutos. El lapso de la permanencia de fluidéz obedece al revenimiento inicial y a las temperaturas del concreto fresco y a las del ambiente. Demoras imprevistas en un colado pueden remediarse mediante una segunda dosis de **Sikament®-100** al concreto. Este producto funciona como acelerante de resistencia a una dosificación del 2,5% al 3,0% del peso del cemento.



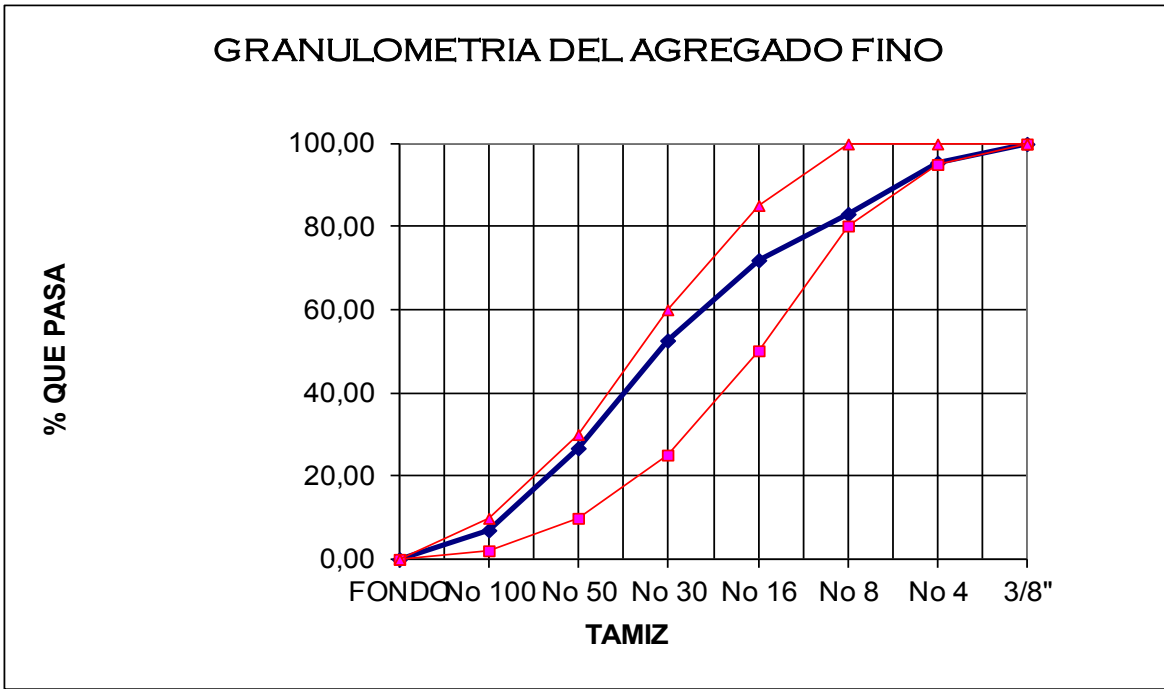
Medidas de Seguridad y Desecho de Residuos En caso de contacto con la piel, lave la zona afectada inmediatamente con abundante agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, lave enseguida con agua abundante durante 15 minutos y acuda al médico. En caso de ingestión no provoque el vómito y solicite atención médica. Consultar la hoja de seguridad para el desecho del producto.

Almacenamiento Un (1) año en su envase original bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.



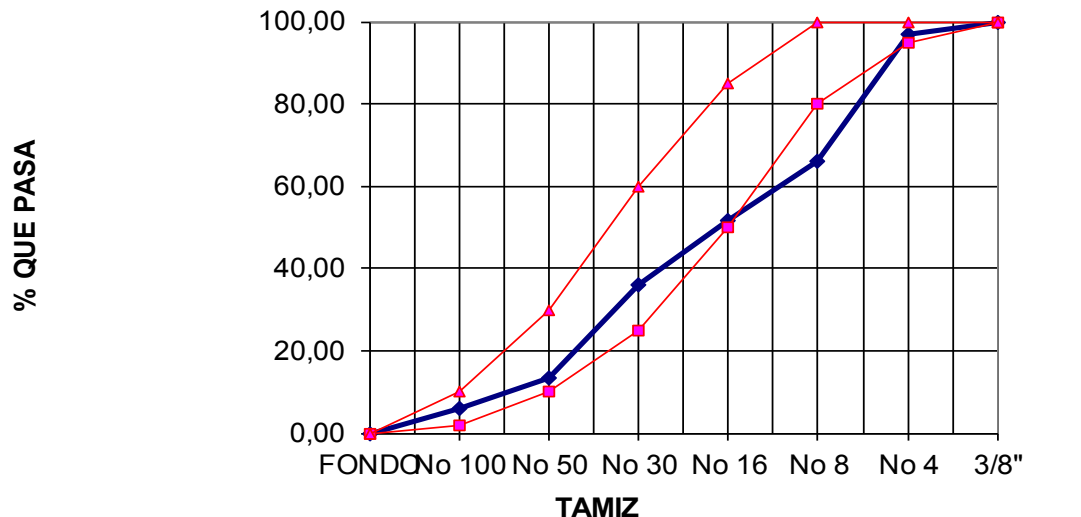
Nota Legal Toda la información contenida en este documento y en cualquier otra asesoría proporcionada, fue dada de buena fe, basada en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana en los productos, siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y al(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

Para dudas o aclaraciones:
Sika responde
01 800 123 SIK
7 4 5 2
soporte.tecnico@mx.sika.com
www.sika.com.mx



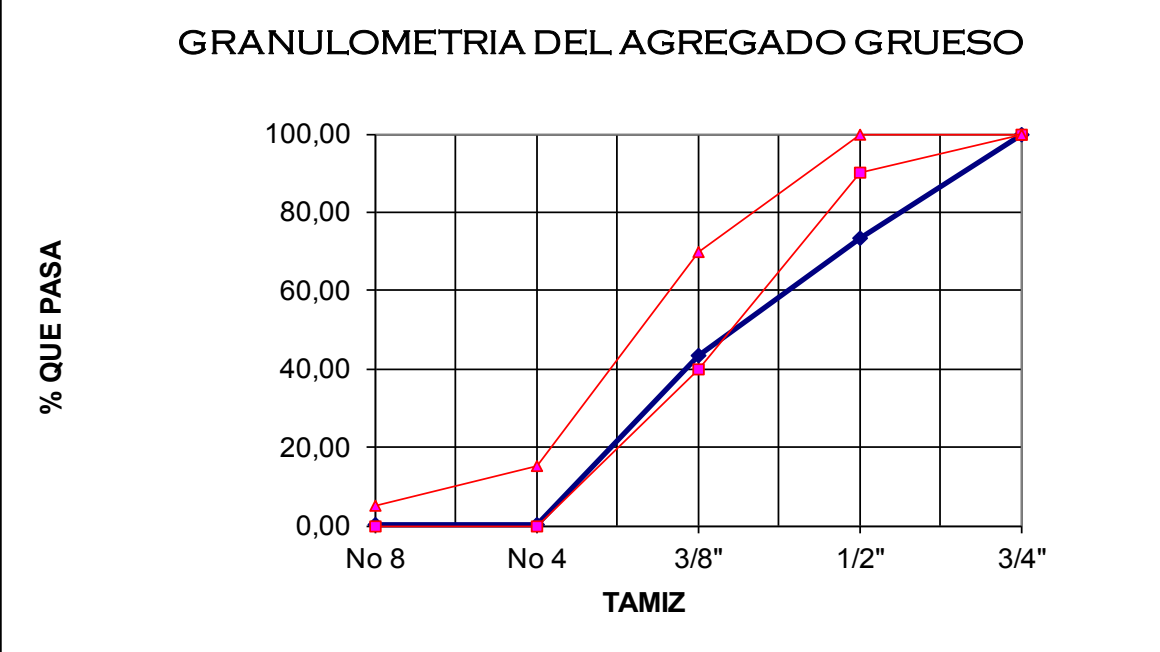
Anexo 3.1 Ensayo Granulométrico del Agregado fino (El Triunfo)

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL				
	ANALISIS GRANULOMETRICO				
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida				
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario				
FECHA DE ENSAYO:	Diciembre del 2014	NORMA:	ASTM C136-96/INEN 696		
FUENTE DEL AGREGADO:	El Triunfo - Prov. Del Guayas				
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO					
TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACION
			ACUMULADO		A . S . T . M.
3/8"		0,00	0,00	100,00	100
No 4	47	4,76	4,76	95,24	95 - 100
No 8	121	12,26	17,02	82,98	80 - 100
No 16	107	10,84	27,86	72,14	50 - 85
No 30	192	19,45	47,32	52,68	25 - 60
No 50	255	25,84	73,15	26,85	10 - 30.
No 100	196	19,86	93,01	6,99	2 - 10.
FONDO	69	6,99	100,00	0,00	0
TOTAL	987	100,00			
GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO					
					
			MODULO DE FINURA		
			2,63		
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR				



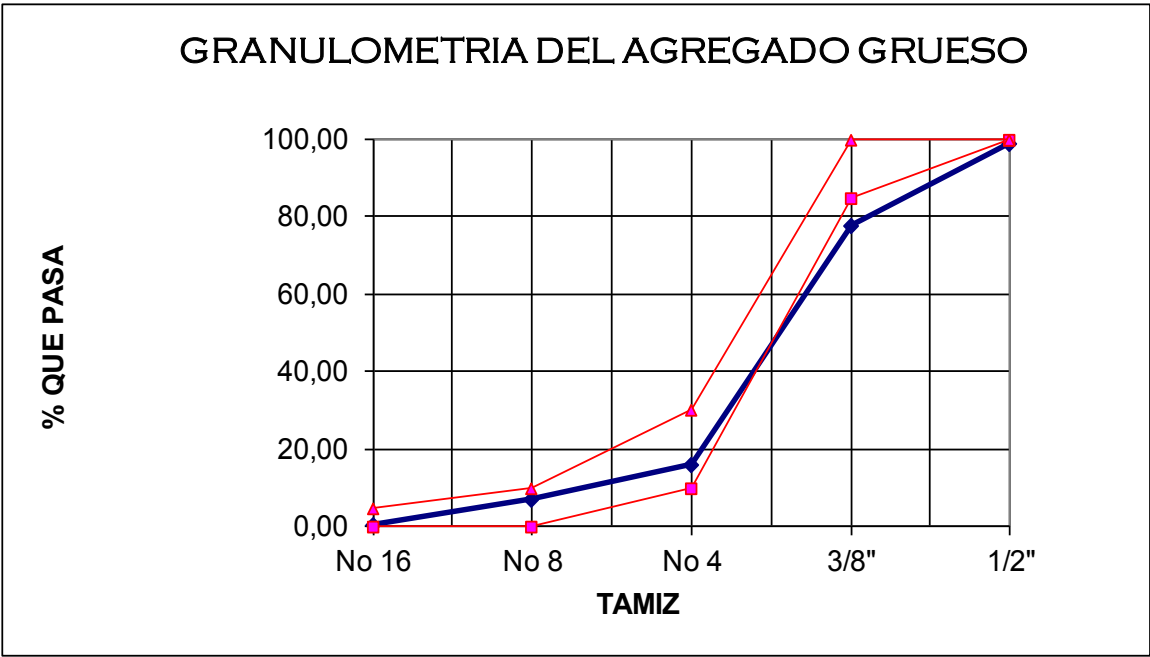
Anexo 3.2 Análisis Granulométrico Agregado fino (San Vicente)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL				
	ANALISIS GRANULOMETRICO				
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida				
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario				
FECHA DE ENSAYO:	Diciembre del 2014	NORMA:	ASTM C136-96/INEN 696		
FUENTE DEL AGREGADO:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA				
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO					
TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION A . S . T . M.
3/8"		0,00	0,00	100,00	100
No 4	30	3,02	3,02	96,98	95 - 100
No 8	306	30,78	33,80	66,20	80 - 100
No 16	146	14,69	48,49	51,51	50 - 85
No 30	153	15,39	63,88	36,12	25 - 60
No 50	225	22,64	86,52	13,48	10 - 30.
No 100	76	7,65	94,16	5,84	2 - 10.
FONDO	58	5,84	100,00	0,00	0
TOTAL	994	100,00			
GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO					
					
			MODULO DE FINURA		
			3,30		
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR				



Anexo 3.3 Análisis Granulométrico del Agregado grueso (Arcilla Expandida)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL ANALISIS GRANULOMETRICO						
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida						
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario						
FECHA DE ENSAYO:	Diciembre del 2014	NORMA:	ASTM C136-96/INEN 696				
AGREGADO GRUESO:	ARCILLA EXPANDIDA						
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACION A.S.T.M.			
				Nº 6	Nº 67	Nº 7	Nº 9
2"	0						
1 1/2"	0	0,00	100,00				
1"	0	0,00	100,00	100	100		
3/4"	0	0,00	100,00	90-100	90-100	100	
1/2"	953	26,74	73,26	20-55		90-100	100
3/8"	1065	29,88	43,38	0-15	20-55	40-70	85-100
No 4	1546	43,37	0,01	0-5	0-10	0-15	10-30
No 8	0	0,00	0,01		0-5	0-5	0-10
No 16	0	0,00	0,01				0-5
FONDO	0,27	0,01	0,00				
TOTAL	3564,27	100,00					
							
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						

Anexo 3.4 Análisis Granulométrico del Agregado grueso (San Vicente)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
	ANALISIS GRANULOMETRICO						
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida						
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario						
FECHA DE ENSAYO:	Diciembre del 2014	NORMA:	ASTM C136-96/INEN 696				
FUENTE DEL AGREGADO:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA						
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	W PARCIAL	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACION A.S.T.M.			
				Nº 6	Nº 67	Nº 7	Nº 9
2"	0						
1 1/2"	0	0,00	100,00				
1"	0	0,00	100,00	100	100		
3/4"	0	0,00	100,00	90-100	90-100	100	
1/2"	18	0,91	99,09	20-55		90-100	100
3/8"	425	21,43	77,66	0-15	20-55	40-70	85-100
No 4	1225	61,78	15,89	0-5	0-10	0-15	10-30
No 8	170	8,57	7,31		0-5	0-5	0-10
No 16	130	6,56	0,76				0-5
FONDO	15	0,76	0,00				
TOTAL	1983	100,00					
 <p style="text-align: center;">GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO</p> <p>The graph plots '% QUE PASA' on the y-axis (0,00 to 100,00) against 'TAMIZ' on the x-axis (No 16, No 8, No 4, 3/8", 1/2"). Two lines are shown: a red line with triangle markers and a blue line with square markers. Both lines show a sharp increase in percentage passing between the No 4 and 3/8" sieves, reaching 100% at the 1/2" sieve.</p>							
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



Anexo 3.5 Determinación de partículas más finas que 75 µm

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
	DETERMINACION DE PARTICULAS MAS FINAS DE 75 µm		
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida		
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario		
FECHA:	22 de Diciembre del 2014	NORMA:	ASTM C117-95
ARCILLA EXPANDIDA			
ARIDO GRUESO	Descripcion	Lectura	Observaciones
	Masa Inicial	1000	<i>La muestra está dentro del límite *</i>
	Masa luego del secado	1000	
	Masa luego del lavado y seco	1000	
	% mas fino de 75µm	0,000	
*Parametro INEN 699: < 1%			
FUENTE AGREGADO SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA			
ARIDO GRUESO (PATRÓN)	Descripcion	Lectura	Observaciones
	Masa inicial	1000	
	Masa luego del secado	993	
	Masa luego de lavado y seco	981	
	% mas fino de 75µm	1,21	
*Parametro INEN 699: < 1%			
FUENTE AGREGADO SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA			
ARIDO FINO	Descripcion	Lectura	Observaciones
	Masa inicial	300	<i>La muestra está dentro del límite *</i>
	Luego del secado	297,6	
	Luego del lavado y seco	285,4	
	% mas fino de 75µm	4,10	
*Parametro INEN 699: < 5%			
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR		

Anexo 3.6 Determinación del contenido de arcilla y partículas desmenuzables

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
	DETERMINACION DE CONTENIDO DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES			
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida			
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario			
FECHA:	22 de Diciembre del 2014	NORMA:	ASTM C142-78	
FUENTE AGREGADO:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA			
ARIDO GRUESO ARCILLA EXPANDIDA	Descripcion	Lectura		Observaciones
	Masa Inicial	1000	gr	<i>La muestra está dentro del límite *</i>
	Masa luego del secado	1000	gr	
	Luego del cribado y seco	997	gr	
	% mas fino de 75µm	0,3	%	
*Parametro INEN 698: < 1%				
ARIDO FINO	Descripcion	Lectura		Observaciones
	Masa inicial	100	gr	<i>La muestra está dentro del límite *</i>
	Luego del secado	100	gr	
	Luego del cribado y seco	97	gr	
	% mas fino de 75µm	3,00	%	
*Parametro INEN 698: < 5%				
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR			



Anexo 3.7 Partículas livianas

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
	PARTICULAS LIVIANAS		
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida		
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario		
FECHA:	10 de Marzo del 2015	NORMA:	ASTM C123-96
MUESTRA: ARIDO FINO			
FUENTE AGREG:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA		
P=	porcentaje en masa de partículas livianas	PARAMETRO ASTM C33 (%)	1
A=	masa seca de las partículas que flotan		
B=	masa seca de la porción de muestra más gruesa que 300 µm		
P=	0,010	OBSERVACIONES:	
A=	0,019		
B=	200		
MUESTRA: ARIDO FINO			
FUENTE AGREG:	EL TRIUNFO - PROV. DEL GUAYAS		
P= 1,5	porcentaje en masa de partículas livianas	PARAMETRO ASTM C33 (%)	1
A=	masa seca de las partículas que flotan		
B=	masa seca de la porción de muestra más gruesa que 300 µm		
P=	0,030	OBSERVACIONES:	
A=	0,06		
B=	200		
MUESTRA: ARIDO GRUESO			
FUENTE	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA		
P= 0,13	porcentaje en masa de partículas livianas	PARAMETRO ASTM C33 (%)	1
A=	masa seca de las partículas que flotan		
C=	masa seca de la porción de muestra más gruesa que 4,75 µm		
P=	0,005	OBSERVACIONES	
A=	0,07		
C=	1500		
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR		



Anexo 3.8 Determinación del porcentaje de partículas en suspensión - 1 hora de sedimentación

	<p align="center">UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</p> <p align="center">DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS EN SUSPENSION DESPUES DE 1 HORA DE SEDIMENTACION</p>		
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida		
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario		
FECHA:	30 de Marzo 2015	NORMA:	NTE INEN 864
FUENTE DEL AGREGADO:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA		
MUESTRA: ARIDO FINO			
P=	porcentaje de partículas finas		
H=	volumen de la capa de material de partículas finas		
A=	masa de la muestra de ensayo, en g .		
P=	2,76	%	$P = \frac{HX0,6}{A} x 100$
H=	23	cm ³	
A=	500	gr	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR		



Anexo 3.9 Determinación de impurezas orgánicas en el árido fino para el hormigón.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL													
	DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS EN EL ARIDO FINO PARA EL HORMIGON													
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida													
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario													
FECHA:	25 de Marzo del 2015	NORMA:	ASTM C40-92											
MUESTRA: ARIDO FINO														
FUENTE AGREGREG:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color normalizado escala de Gardner No.</th> <th>Número de orden en el comparador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>3 (normalizado de referencia)</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador	5	1	8	2	11	3 (normalizado de referencia)	14	4	16	5	
Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador													
5	1													
8	2													
11	3 (normalizado de referencia)													
14	4													
16	5													
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Descripcion del color</td> <td>Amarillo Claro</td> </tr> <tr> <td>Número de orden en el comparador</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Color normalizado escala de Gardner</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Resultado</td> <td>ACEPTABLE</td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion del color	Amarillo Claro	Número de orden en el comparador	1	Color normalizado escala de Gardner	5	Resultado	ACEPTABLE					
Descripcion del color	Amarillo Claro													
Número de orden en el comparador	1													
Color normalizado escala de Gardner	5													
Resultado	ACEPTABLE													
NTE INEN 855 < 3														
MUESTRA: ARIDO FINO														
FUENTE AGREGREG:	EL TRIUNFO PROV. DEL GUAYAS													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color normalizado escala de Gardner No.</th> <th>Número de orden en el comparador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>3 (normalizado de referencia)</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador	5	1	8	2	11	3 (normalizado de referencia)	14	4	16	5	
Color normalizado escala de Gardner No.	Número de orden en el comparador													
5	1													
8	2													
11	3 (normalizado de referencia)													
14	4													
16	5													
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Descripcion del color</td> <td>Amarillo Claro</td> </tr> <tr> <td>Número de orden en el comparador</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Color normalizado escala de Gardner</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Resultado</td> <td>ACEPTABLE</td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion del color	Amarillo Claro	Número de orden en el comparador	1	Color normalizado escala de Gardner	5	Resultado	ACEPTABLE					
Descripcion del color	Amarillo Claro													
Número de orden en el comparador	1													
Color normalizado escala de Gardner	5													
Resultado	ACEPTABLE													
NTE INEN 855 < 3														
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR													



Anexo 3.10 Abrasión de los ángeles

	<p align="center">UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</p>		
ABRASION DE LOS ANGELES			
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida		
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario		
FECHA:	23 de Diciembre del 2014	NORMA:	ASTM C131-96
AGREGADO GRUESO			
AGREGADO GRUESO:	ARCILLA EXPANDIDA		
METODO		B	
# de esferas		11	
Masa inicial (gr)		2500	
Masa Retenida (gr)		1324	
% Desgaste		47,0	
*Parametro ASTM C131		>50%	
AGREGADO GRUESO			
FUENTE DEL AGREGREGADO:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA		
METODO		B	
# de esferas		11	
Masa inicial (gr)		4938	
Masa Retenida (gr)		3693	
% Desgaste		25,2	
*Parametro ASTM C131		>50%	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR		

Anexo 3.11 Determinación de la resistencia al desgaste mediante el uso de sulfato de magnesio

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO							
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida						
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario						
FECHA:	1 de Abril del 2015				NORMA:	ASTM C88-90	
SUSTANCIA:	Sulfato de Magnesio - grado heptahidratado						
N° DE CICLOS:	Cinco ciclos de inmersión y secado						
FORMULAS:	$D = \left(\frac{B-C}{B}\right) * 100$			$E = \left(\frac{D*A}{100}\right)$			
MUESTRA: ARCILLA EXPANDIDA							
FRACCION	GRANULOMETRIA RETENIDO (%) (A)	MASA INICIAL		TAMIZ	MASA FINAL (gr) (C)	PASANTE (%) (D)	DESGASTE (%) (E)
		REQUERIDO	UTILIZADO (B)				
De 3/4" a 1/2"	26,74	670 ± 10	670	5/16 "	630,21	5,94	1,59
De 1/2" a 3/8"	29,88	330 ± 5	330	5/16"	311,57	5,58	1,67
De 3/8" a N° 4	43,37	300 ± 5	300	N° 5	282,04	5,99	2,60
% DESGASTE TOTAL						5,85	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 3.12 Determinación de partículas planas y alargadas

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
	DETERMINACION DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO		
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida		
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario		
FECHA DE ENSAYO:	16 de Enero del 2015	NORMA:	ASTM D 4791-99
FUENTE DEL AGREGADO:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA		

MUESTRA: AGREGADO GRUESO

PASANTE	RETENIDO	% RETENIDO EN LA GRANULOMETRIA	N° DE PIEDRAS	MASA INICIAL	MASA RETENIDA ALARGAMIENTO	MASA RETENIDA APLANAMIENTO
3/4"	1/2"	0,91	0	0	0	0
1/2"	3/8"	21,43	200	194,8	86,5	64,4
3/8"	No 4	61,78	200	202,4	52,5	67,2
No 4	No 8	8,57	100	98,6	36,2	44,3
No 8	No 16	6,56	100	77,2	21,4	33,9
No 16	FONDO	0,76	0	0	0	0
SUMATORIA		100,00	600	573	196,6	209,8

INDICE DE ALARGAMIENTO



$I_{Alarg.} = \frac{Masa\ ret.\ alargamiento}{Masa\ inicial} * 100\%$				
Indice de alargamiento 3/4 - 1/2	0,00%	$I_{Alarg.} = \frac{\sum(Indice\ alarg. * \% Ret. Granulometria)}{\% total\ retenido\ en\ la\ granulometria}$		
Indice de alargamiento 1/2 - 3/8	44,40%			
Indice de alargamiento 3/8 - N°4	25,94%			
Indice de alargamiento N°4 - N° 8	36,71%			
Indice de alargamiento N°8 - N° 16	27,72%		$I_{Alarg.} =$	20,99%
Indice de alargamiento N°16 - FON	0,00%			

INDICE DE APLANAMIENTO



$I_{Aplan.} = \frac{Masa\ ret.\ aplanamiento}{Masa\ inicial} * 100\%$				
Indice de aplanamiento 3/4 - 1/2	0,00%	$I_{Aplan.} = \frac{\sum(Indice\ aplan. * \% Ret. Granulometria)}{\% total\ retenido\ en\ la\ granulometria}$		
Indice de aplanamiento 1/2 - 3/8	33,06%			
Indice de aplanamiento 3/8 - N°4	33,20%			
Indice de aplanamiento N°4 - N°8	44,93%			
Indice de aplanamiento N°8 - N°16	43,91%		$I_{Aplan.} =$	27,24%
Indice de aplanamiento N°16 - FON	0,00%			

REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR
----------------------	------------------------------

Anexo 3.13 Características de los Agregados – Agregado San Vicente de Colonche

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
	CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS			
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida			
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario			
FECHA DE ENSAYO:	Diciembre del 2014	NORMA:		
FUENTE DEL AGREGADO:	SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA			
AGREGADO GRUESO				
MASA UNITARIA (NTE INEN 858-10)				
PESO VOLUMETRICO SUELTO		PESO VOLUMETRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0,0128 m ³	VOLUMEN	0,0128 m ³	
P.V.S+RECIP.	21980 gr	P.V.S+RECIP.	23860 gr	
RECIP.	7425 gr	RECIP.	7425 gr	
PESO	14555 gr	PESO	16435 gr	
P.V.S.	1137 Kg/m ³	P.V.V.	1284 Kg/m ³	
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA "D.S.S.S" (NTE INEN 857-10)				
VOLUMEN DESALOJADO	848 cm ³	P.S.S.S. (gr)	2000	
D.S.S.S.	2000 gr	W _{(ca+mat) - W_(ca+mat.sumer.)}	1152	
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA + MATERIAL	3714 gr			
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDO	2562 gr	W _{desalojado} (gr)	848	
W _{(canastilla+material) - W_(canastilla material sumergido)}	1152 gr	V _{desalojado} (cm ³)	848	
D.S.S.S.	2,358 gr/cm ³		2358 Kg/m ³	
ABSORCION DEL ARIDO GRUESO (NTE INEN 857-10)				
PESO GRAVA SATURADA		PESO GRAVA SECA		% DE ABSORCION
771 gr		753 gr		2,39
AGREGADO FINO				
PESO VOLUMETRICO SUELTO (NTE INEN 858-10)		DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (NTE INEN 857-10)		
VOLUMEN	0,002701 m ³	D.S.S.S.	500 gr	
P.V.S+RECIP.	5114 gr	LECTURA INICIAL	200 gr	
RECIP.	1750 gr	LECTURA FINAL	465 gr	
PESO	3364 gr	W _{desalojado} (L.final- L.Inicial)	265 gr	
P.V.S.	1245 Kg/m ³	V _{desalojado} (cm ³)	265 gr	
		D.S.S.S	1,887 gr/cm ³	
			1887 Kg/m ³	
PESO ARENA SATURADA		PESO ARENA SECA		% DE ABSORCION
352 gr		328 gr		7,32
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR			

Anexo 3.14 Características de los Agregados – A. Grueso San Vicente de Colonche (Caliza) – A. Fino El Triunfo

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
		CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS			
TEMA:		Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida			
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario			
FECHA DE ENSAYO:		Diciembre del 2014	NORMA:		
FUENTE DEL AGREGADO:		AG:SAN VICENTE DE COLONCHE - SANTA ELENA - AF: El Triunfo			
AGREGADO GRUESO (CALIZA)					
MASA UNITARIA (NTE INEN 858-10)					
PESO VOLUMETRICO SUELTO			PESO VOLUMETRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0,0128 m ³	VOLUMEN	0,0128 m ³		
P.V.S+RECIP.	23456 gr	P.V.S+RECIP.	25672 gr		
RECIP.	7425 gr	RECIP.	7425 gr		
PESO	16031 gr	PESO	18247 gr		
P.V.S.	1252 Kg/m ³	P.V.V.	1426 Kg/m ³		
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA "D.S.S.S" (NTE INEN 857-10)					
VOLUMEN DESALOJADO	786 cm ³	P.S.S.S. (gr)	2000		
D.S.S.S.	2000 gr	$W_{(ca+mat)} - W_{(ca+mat.sumer.)}$	<u>1214</u>		
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA + MATERIAL	3776 gr				
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDO	2562 gr	$W_{desalojado}(gr)$	786		
$W_{(canastilla+materia)} - W_{(canastilla\ material\ sumergido)}$	1214 gr	$V_{desalojado}(cm^3)$	786		
D.S.S.S.	2,545 gr/cm ³		2545 Kg/m ³		
ABSORCION DEL ARIDO GRUESO (NTE INEN 857-10)					
PESO GRAVA SATURADA		PESO GRAVA SECA		% DE ABSORCION	
1498 gr		1483 gr		1,01	
AGREGADO FINO					
PESO VOLUMETRICO SUELTO (NTE INEN 858-10)			DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (NTE INEN 857-10)		
VOLUMEN	0,002701 m ³	D.S.S.S.	500 gr		
P.V.S+RECIP.	6293,8 gr	LECTURA INICIAL	572 gr		
RECIP.	1750 gr	LECTURA FINAL	778,5 gr		
PESO	4543,8 gr	$W_{desalojado}(L.final- L.inicial)$	206,5 gr		
P.V.S.	1682 Kg/m ³	$V_{desalojado}(cm^3)$	206,5 gr		
			D.S.S.S		
			2,421 gr/cm ³		
			2421 Kg/m ³		
ABSORCION DEL ARIDO FINO (NTE INEN 857-10)					
PESO ARENA SATURADA		PESO ARENA SECA		% DE ABSORCION	
484,6 gr		436,78 gr		10,95	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR			

Anexo 3.15 Características de los Agregados – A. Grueso Arcilla Expandida

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
	CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS			
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida			
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario			
FECHA DE ENSAYO:	Diciembre del 2014	NORMA:		
FUENTE DEL AGREGADO:	ARCILLA EXPANDIDA			
AGREGADO GRUESO (ARCILLA)				
PESO VOLUMETRICO SUELTO		PESO VOLUMETRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0,0128 m ³	VOLUMEN	0,0128 m ³	
P.V.S+RECIP.	12220 gr	P.V.S+RECIP.	12512 gr	
RECIP.	7425 gr	RECIP.	7425 gr	
PESO	4795 gr	PESO	5087 gr	
P.V.S.	375 Kg/m ³	P.V.V.	397 Kg/m ³	
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)				
VOLUMEN DESALOJADO	647 cm ³	P.S.S.S. (gr)	500	
D.S.S.S.	500 gr	$W_{(ca+mat)} - W_{(ca+mat.sumer.)}$	-147	
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA + MATERIAL	7170 gr	$W_{desalojado}(gr)$	647	
PESO DE CANASTILLA SUMERGIDO	7317 gr	$W_{(canastilla+material)} - W_{(canastilla\ material\ sumergido)}$	-147 gr	
$W_{(canastilla+material)} - W_{(canastilla\ material\ sumergido)}$	-147 gr	$V_{desalojado}(cm^3)$	647	
D.S.S.S.	0,773 gr/cm ³		773 Kg/m ³	
PESO GRAVA SATURADA		PESO GRAVA SECA		% DE ABSORCION
363 gr		321 gr		13,08
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR			

Anexo 4.1 Determinación del Potencial de reactividad Alkali – Sílice de la Arcilla Expandida

CENTRO TÉCNICO DEL HORMIGÓN

Av. Barcelona y Calle José Rodríguez Bonín, Télf.: 3709000, Guayaquil

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE REACTIVIDAD ÁLCALI - SÍLICE DE COMBINACIONES DE MATERIALES CEMENTICIOS Y AGREGADOS METODO ACELERADO DE BARRAS DE MORTERO (ASTM C1567-11)

Fecha de inicio del ensayo: 2014-12-15

Fecha de finalización del ensayo: 2014-12-31

Proyecto: Tesis de Grado Diana Yagual- Daniel Villacís UPSE

Agregado: Arcilla expandida cocida

Cemento: Tipo GU - INEN 2380 (ASTM C 1157)

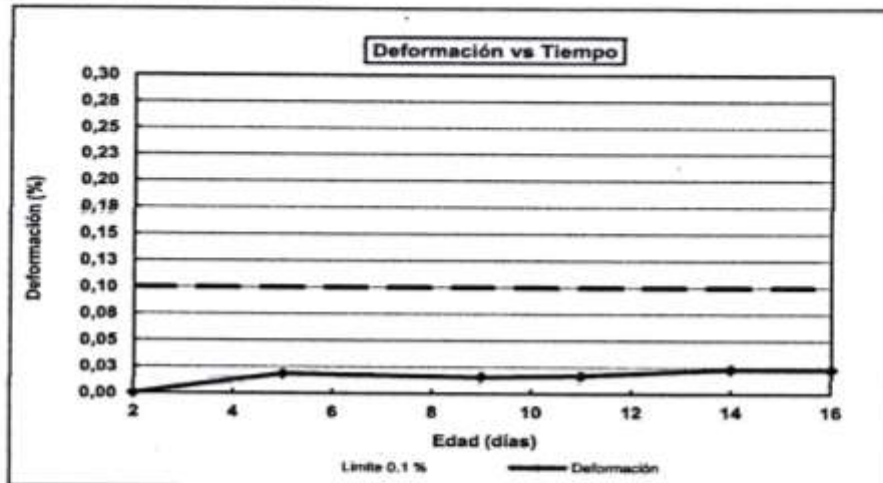
Tipo: -

Fuente: Mat Arcilla

Especimen	Deformación (%)					
	Lo 2 días	L1 5 días	L2 8 días	L3 11 días	L4 14 días	L5 16 días
1	0,0000	0,0224	0,0160	0,0168	0,0256	0,0232
2	0,0000	0,0160	0,0136	0,0152	0,0224	0,0232
3	0,0000	0,0160	0,0168	0,0184	0,0216	0,0224
Promedio	0,0000	0,0181	0,0155	0,0168	0,0232	0,0229

Observaciones durante el ensayo: Ninguna

Relación Agua Cemento empleada: 0,47



ing. Cristian Velasco Ochoa


ing. Cristian A. Velasco O.
CENTRO TÉCNICO DEL HORMIGÓN

Holcim

Anexo 4.2 Diseño de Hormigón Patrón (San Vicente) - Proporción 60 A. Fino - 40 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON (PROPORCIONES) F'c= 210 Kg/cm²							
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Agregado grueso 40%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		f'c= 210 Kg/cm ²		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal		TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA		Plastica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ ARENA	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	7,20		% DE ABSORCION	7,32		δ PIEDRA	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		249,92	lts	286,20	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m ³	
8	cm	0,60		286,20		477,00	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M ³ DE HORMIGON (V= P / δ)							
CEMENTO	477 Kg		0,162 m ³		162 dm ³		
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	P.V.V * V.A.G		0,218 m ³		218 dm ³		
	D.S.S.S						
AGUA	286 lts		0,286 m ³		286 dm ³		
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA	1000-V _{cemento} -V _{piedra} -V _{agua} -V _{aire}		0,319 m ³		319 dm ³		
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		218 dm ³		319 dm ³		537 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		215 dm ³		322 dm ³		537 dm ³	
PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,162 m ³	=	477 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,215 m ³	=	507 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,322 m ³	=	608 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,286 m ³	=	286 lts.		
PESO POR M ³ DE HORMIGON						1878 Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50Kg							
COEFICIENTE	477 Kg	/	50 Kg	9,54			
No SACOS - CEMENTO	477 Kg	/	50 Kg	10	Sacos		
PIEDRA	507 Kg	/	9,54	53,11	Kg		
ARENA	608 Kg	/	9,54	63,74	Kg		
AGUA	286 lts	/	9,54	30,00	lts		
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032		m ³	
PIEDRA	53,1	Kg	/	1137	Kg/m ³	0,047	m ³
ARENA	63,7	Kg	/	1245	Kg/m ³	0,051	m ³
AGUA	30,00 lts			30,00		lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,012	No. De cilindros	6	
CEMENTO	477 Kg	*	0,012 m ³	=	5,62	Kg	
AGUA	286 lts	*	0,012 m ³	=	3,37	lts	
ARENA	608 Kg	*	0,012 m ³	=	7,16	Kg	
PIEDRA	507 Kg	*	0,012 m ³	=	5,97	Kg	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					



Anexo 4.3 Diseño de Hormigón Patrón (San Vicente) - Proporción 50 A. Fino - 50 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON (PROPORCIONES) F'c = 210 Kg/cm²							
PROPORCION:	Agregado fino 50% - Agregado grueso 50%			METODO DE DISEÑO:	Agua / Cemento		
RESISTENCIA:	f'c = 210 Kg/cm ²			NORMA:	ACI 211.1		
METODO DE COMPACTACION:	Vibracion Normal			TIPO DE CEMENTO:	LAFARGE-SELVA ALEGRE		
CONSISTENCIA	Plastica			TRABAJABILIDAD:	Trabajable		
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ ARENA	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	7,20		% DE ABSORCION	7,32		δ PIEDRA	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO	TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO		
8	cm	Nº 9		249,92	lts	286,20	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO	A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³		
8	cm	0,60		286,20	477,00 lts		
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P / δ)							
CEMENTO	477 Kg		0,162 m ³		162 dm ³		
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,218 m ³		218 dm ³		
AGUA	286 lts		0,286 m ³		286 dm ³		
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA	$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$		0,319 m ³		319 dm ³		
CORRECCION ACI							
	PIEDRA		ARENA		TOTAL		
VOLUMEN CALCULADO	218 dm ³		319 dm ³		537 dm ³		
VOLUMEN CORREGIDO	269 dm ³		269 dm ³		537 dm ³		
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,162 m ³	=	477 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,269 m ³	=	633 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,269 m ³	=	507 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,286 m ³	=	286 lts.		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1903	Kg
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	477 Kg	/	50 Kg	9,54			
No SACOS - CEMENTO	477 Kg	/	50 Kg	10	Sacos		
PIEDRA	633 Kg	/	9,54	66,39	Kg		
ARENA	507 Kg	/	9,54	53,11	Kg		
AGUA	286 lts	/	9,54	30,00	lts		
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032	m ³		
PIEDRA	66,4	Kg	/	1137	Kg/m ³	0,058	m ³
ARENA	53,1	Kg	/	1245	Kg/m ³	0,043	m ³
AGUA	30,00 lts			30,00	lts		
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,012	No. De cilindros	6	
CEMENTO	477	Kg	*	0,012	m ³	=	5,62 Kg
AGUA	286	lts	*	0,012	m ³	=	3,37 lts
ARENA	507	Kg	*	0,012	m ³	=	5,97 Kg
PIEDRA	633	Kg	*	0,012	m ³	=	7,46 Kg
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



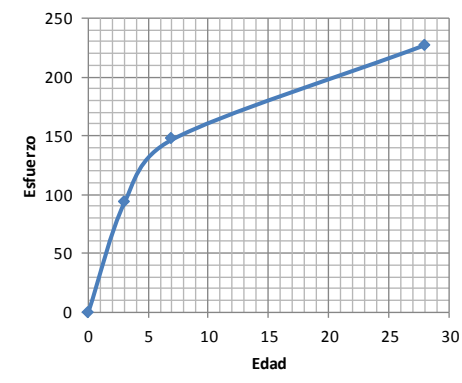
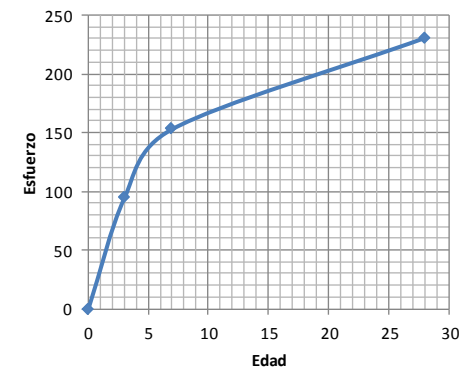
Anexo 4.4 Diseño de Hormigón Patrón (San Vicente) - Proporción 40 A. Fino - 60 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON (PROPORCIONES) F'c= 210 Kg/CM²							
PROPORCION:		Agregado fino 40% - Agregado grueso 60%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		f'c= 210 Kg/cm ²		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:				Vibracion Normal		TIPO DE CEMENTO:	
CONSISTENCIA				Plastica		TRABAJABILIDAD:	
				Trabajable			
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ ARENA	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	7,20		% DE ABSORCION	7,32		δ PIEDRA	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		249,92	lts	286,20	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,60		286,20		477,00 lts	
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P/δ)							
CEMENTO	477 Kg		0,162 m ³		162 dm ³		
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	P.V.V * V.A.G		0,218 m ³		218 dm ³		
	D.S.S.S						
AGUA	286 lts		0,286 m ³		286 dm ³		
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA	1000-V _{cemento} -V _{piedra} -V _{agua} -V _{aire}		0,319 m ³		319 dm ³		
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		218 dm ³		319 dm ³		537 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		322 dm ³		215 dm ³		537 dm ³	
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,162 m ³	=	477 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,322 m ³	=	760 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,215 m ³	=	405 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,286 m ³	=	286 lts.		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1929 Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50Kg							
COEFICIENTE	477 Kg	/	50 Kg	9,54			
No SACOS - CEMENTO	477 Kg	/	50 Kg	10	Sacos		
PIEDRA	760 Kg	/	9,54	79,67	Kg		
ARENA	405 Kg	/	9,54	42,49	Kg		
AGUA	286 lts	/	9,54	30,00	lts		
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032		m ³	
PIEDRA	79,7 Kg	/	1137 Kg/m ³	0,070		m ³	
ARENA	42,5 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,034		m ³	
AGUA	30,00 lts			30,00		lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,018	No. De cilindros	9	
CEMENTO	477 Kg	*	0,018 m ³	=	8,43	Kg	
AGUA	286 lts	*	0,018 m ³	=	5,06	lts	
ARENA	405 Kg	*	0,018 m ³	=	7,16	Kg	
PIEDRA	760 Kg	*	0,018 m ³	=	13,43	Kg	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						

Anexo 4.5 Esfuerzo a la compresión de hormigón patrón – Proporciones

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (ASTM C39-96/INEN 1573)									
						RESISTENCIA 210 kg/cm ²									
HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA	
TEMA:		TESISTAS:		TIPO DE CEMENTO:		FECHA DE VACIADO		DIMENSIONES DEL CILINDRO		PESO		DENSIDAD		ROTURA	
AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %		AGREGADO FINO = 50 % AGREGADO GRUESO = 50 %		AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %		AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %		AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %		AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %		AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %		AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %	
TEMPERATURA		REVENIMIENTO		TEMPERATURA		REVENIMIENTO		TEMPERATURA		REVENIMIENTO		TEMPERATURA		REVENIMIENTO	
1	29/12/2014	10,05	10,03	10,04	10,04	20,08	79,17	2,000	3,25	2044,38	01/01/2015	3	71,40	91,96	93,27
2	29/12/2014	10,02	10,05	10,04	10,04	20,04	79,09	1,997	3,28	2069,43	01/01/2015	3	71,90	92,70	
3	29/12/2014	10,03	10,04	10,04	10,04	20,04	79,09	1,997	3,26	2056,82	01/01/2015	3	73,80	95,15	
4	29/12/2014	10,02	10,04	10,03	10,03	20,06	79,01	2,000	3,21	2025,27	05/01/2015	7	112,30	144,93	
5	29/12/2014	10,04	10,05	10,05	10,05	20,09	79,25	2,000	3,30	2072,74	05/01/2015	7	113,50	146,05	
6	29/12/2014	10,02	10,02	10,02	10,02	20,07	78,85	2,003	3,35	2116,76	05/01/2015	7	116,70	150,91	
7	29/12/2014	10,05	10,03	10,04	10,04	20,07	79,17	1,999	3,25	2045,40	26/01/2015	28	178,20	229,53	
8	29/12/2014	10,02	10,03	10,03	10,03	20,09	78,93	2,004	3,29	2074,71	26/01/2015	28	176,20	227,63	
9	29/12/2014	10,06	10,05	10,06	10,06	20,09	79,41	1,998	3,31	2074,88	26/01/2015	28	175,60	225,50	
1	03/01/2015	10,03	10,04	10,04	10,04	20,06	79,09	1,999	3,56	2243,85	06/01/2015	3	72,90	93,99	94,37
2	03/01/2015	10,04	10,05	10,05	10,05	20,09	79,25	2,000	3,52	2210,92	06/01/2015	3	73,20	94,19	
3	03/01/2015	10,04	10,04	10,04	10,04	20,07	79,17	1,999	3,5	2202,74	06/01/2015	3	73,70	94,93	
4	03/01/2015	10,04	10,02	10,03	10,03	20,07	79,01	2,001	3,57	2251,28	10/01/2015	7	119,10	153,71	
5	03/01/2015	10,02	10,04	10,03	10,03	20,09	79,01	2,003	3,55	2236,44	10/01/2015	7	118,90	153,45	
6	03/01/2015	10,04	10,04	10,04	10,04	20,06	79,17	1,998	3,53	2222,73	10/01/2015	7	118,30	152,37	
7	03/01/2015	10,06	10,05	10,06	10,06	20,06	79,41	1,995	3,56	2234,94	31/01/2015	28	179,70	230,77	
8	03/01/2015	10,04	10,05	10,05	10,05	20,09	79,25	2,000	3,57	2242,32	31/01/2015	28	179,20	230,58	
9	03/01/2015	10,03	10,03	10,03	10,03	20,07	79,01	2,001	3,58	2257,58	31/01/2015	28	178,50	230,37	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR													



Anexo 4.6 Resumen de resultados de resistencia a la compresión de hormigón patrón – Proporciones

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA						
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO						
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA	
			ESFUERZO					
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f'c kg/cm ²		
f'c = 210 kg/cm ²	AGREGADO FINO = 40 % AGREGADO GRUESO = 60 %	3	91,96	3,348371043	93,27	44,55%		
			92,70					
			95,15					
		7	144,93	3,96213932	147,30	70,44%		
			146,05					
			150,91					
	28	229,53	1,752821357	227,55	108,34%			
		227,63						
		225,50						
		AGREGADO FINO = 50 % AGREGADO GRUESO = 50 %	3	93,99	0,986887601	94,37	44,98%	
				94,19				
				94,93				
7			153,71	0,869471042	153,18	72,88%		
			153,45					
			152,37					
28		230,77	0,171986939	230,57	109,79%			
		230,58						
		230,37						
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



Anexo 4.7 Diseño de Hormigón patrón $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$ - 60 A. Fino -40 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida						
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario						
DISEÑO HORMIGON PATRON $f'c=180 \text{ Kg/cm}^2$								
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Agregado grueso 40%			METODO DE DISEÑO:			Agua / Cemento
RESISTENCIA:		$f'c=180 \text{ Kg/cm}^2$			NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:		Vibración Normal			TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA:		Plástica			TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO								
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES		
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2950 Kg/m ³	
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³	
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³	
% DE ABSORCION	7,20		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	2358 Kg/m ³	
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA								
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO		
8	cm	Nº 9		249,92	lts	286,20	lts	
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO								
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³		
8	cm	0,65		286,20		440,31	lts	
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P/δ)								
CEMENTO	440 Kg		0,149 m ³		149 dm ³			
	2950 Kg/m ³							
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,218 m ³		218 dm ³			
	D.S.S.S							
AGUA	286 lts		0,286 m ³		286 dm ³			
	1000 Kg/m ³							
AIRE	1,5%		0,015 m ³		15 dm ³			
ARENA	$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$		0,332 m ³		332 dm ³			
CORRECCION ACI								
		PIEDRA		ARENA		TOTAL		
VOLUMEN CALCULADO		218 dm ³		332 dm ³		550 dm ³		
VOLUMEN CORREGIDO		220 dm ³		330 dm ³		550 dm ³		
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).								
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,149 m ³	=	440 Kg			
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,220 m ³	=	518 Kg			
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,330 m ³	=	622 Kg			
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,286 m ³	=	286 lts.			
PESO POR M³ DE HORMIGON						1867	Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG								
COEFICIENTE	440 Kg	/	50 Kg	8,81				
No SACOS - CEMENTO	440 Kg	/	50 Kg	9	Sacos			
PIEDRA	518 Kg	/	8,81	58,87	Kg			
ARENA	622 Kg	/	8,81	70,65	Kg			
AGUA	286 lts	/	8,81	32,50	lts			
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON								
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032		m ³		
PIEDRA	58,9	Kg	/	1137	Kg/m ³	0,052	m ³	
ARENA	70,6	Kg	/	1245	Kg/m ³	0,057	m ³	
AGUA	32,50 lts			32,50		lts		
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS								
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO =		0,024	No. De cilindros = 12		
CEMENTO	440 Kg	*	0,024	m ³	=	10,37	Kg	
AGUA	286 lts	*	0,024	m ³	=	6,74	Lts	
ARENA	622 Kg	*	0,024	m ³	=	14,66	Kg	
PIEDRA	518 Kg	*	0,024	m ³	=	12,22	Kg	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR							



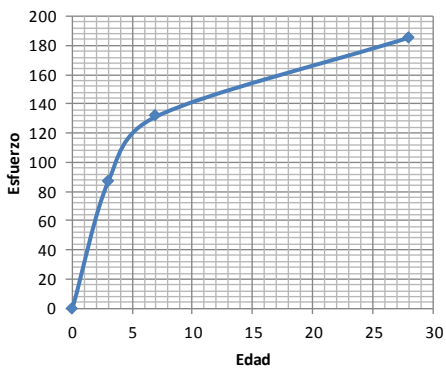
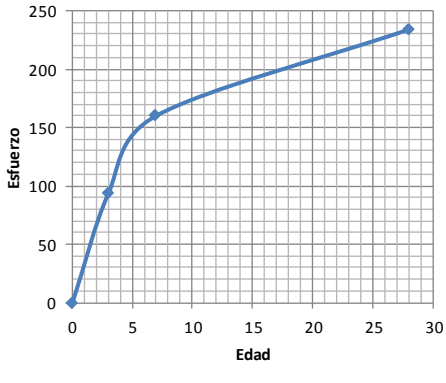
Anexo 4.8 Diseño de Hormigón patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 - 60 \text{ A. Fino} -40 \text{ A. Grueso}$

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$							
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Agregado grueso 40%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		$f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:				Vibracion Normal		TIPO DE CEMENTO:	
CONSISTENCIA:				plastica		TRABAJABILIDAD:	
				Trabajable			
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2950 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	7,20		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		249,92	lts	286,20	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,60		286,20		477,00 lts	
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V= P/\delta$)							
CEMENTO	477 Kg				0,162 m ³	162 dm ³	
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$				0,218 m ³	218 dm ³	
	286 lts						
AGUA	286 lts				0,286 m ³	286 dm ³	
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%				0,015 m ³	15 dm ³	
ARENA	$1000 - V_{\text{cemento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$				0,319 m ³	319 dm ³	
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		218 dm ³		319 dm ³		537 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		215 dm ³		322 dm ³		537 dm ³	
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,162 m ³	=	477 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,215 m ³	=	507 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,322 m ³	=	608 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,286 m ³	=	286 lts.		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1878 Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	477 Kg	/	50 Kg	9,54			
No SACOS - CEMENTO	477 Kg	/	50 Kg	10 Sacos			
PIEDRA	507 Kg	/	9,54	53,11 Kg			
ARENA	608 Kg	/	9,54	63,74 Kg			
AGUA	286 lts	/	9,54	30,00 lts			
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032 m ³			
PIEDRA	53,1 Kg	/	1137 Kg/m ³	0,047 m ³			
ARENA	63,7 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,051 m ³			
AGUA	30,00 lts			30,00 lts			
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196 m ³	VOLUMEN CORREGIDO		0,024	No. De cilindros	12	
CEMENTO	477 Kg	*	0,024 m ³	=	11,24	Kg	
AGUA	286 lts	*	0,024 m ³	=	6,74	Lts	
ARENA	608 Kg	*	0,024 m ³	=	14,33	Kg	
PIEDRA	507 Kg	*	0,024 m ³	=	11,94	Kg	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.9 Esfuerzo de resistencia a la compresión hormigón patron $f'c = 180$ y 210 kg/cm^2 - 60 A.Fino - 40A. Grueso

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (ASTM C39-96/INEN 1573)									
						TEMATOLOGÍA	INSTRUMENTACIÓN								
TEMA:		HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		METODO DE DISEÑO:		AGUA / CEMENTO									
TESTISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO		METODO DE CURADO:		INMERSION EN AGUA									
TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE - SELVA ALEGRE		CANTIDAD DE AGUA:		249,92 lt									
HORMIGON PATRON															
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO				PESO Kg	DENSIDAD Kg/m³	ROTURA						
			D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)			AREA (cm²)	RELACION L/D	FECHA	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA kg/cm²	PROMEDIO
RESISTENCIA 180 kg/cm² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	1	10/01/2015	10,04	10,04	10,04	20,04	79,17	1,996	3,52	2218,64	13/01/2015	3	68,00	87,59	87,38
	2	10/01/2015	10,05	10,07	10,06	20,08	79,49	1,996	3,56	2230,49	13/01/2015	3	68,20	87,49	
	3	10/01/2015	10,03	10,05	10,04	20,04	79,17	1,996	3,58	2256,46	13/01/2015	3	67,60	87,07	
	4	10/01/2015	10,05	10,06	10,06	20,06	79,41	1,995	3,60	2260,05	17/01/2015	7	101,80	130,73	131,76
	5	10/01/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	3,61	2273,10	17/01/2015	7	102,50	132,02	
	6	10/01/2015	10,07	10,06	10,07	20,08	79,56	1,995	3,62	2265,83	17/01/2015	7	103,40	132,52	
	7	10/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,04	79,25	1,995	3,61	2273,11	07/02/2015	28	141,30	181,82	185,70
	8	10/01/2015	10,07	10,03	10,05	20,08	79,33	1,998	3,61	2266,32	07/02/2015	28	143,20	184,08	
	9	10/01/2015	10,03	10,04	10,04	20,07	79,09	2,000	3,59	2261,63	07/02/2015	28	148,30	191,20	
RESISTENCIA 210 kg/cm² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	1	12/01/2015	10,04	10,04	10,04	20,07	79,17	1,999	3,58	2253,09	15/01/2015	3	72,80	93,77	94,06
	2	12/01/2015	10,05	10,07	10,06	20,08	79,49	1,996	3,52	2205,43	15/01/2015	3	73,10	93,78	
	3	12/01/2015	10,04	10,03	10,04	20,07	79,09	2,000	3,47	2186,04	15/01/2015	3	73,40	94,64	
	4	12/01/2015	10,04	10,02	10,03	20,06	79,01	2,000	3,49	2201,93	19/01/2015	7	120,80	155,90	160,66
	5	12/01/2015	10,07	10,05	10,06	20,08	79,49	1,996	3,52	2205,43	19/01/2015	7	128,60	164,98	
	6	12/01/2015	10,02	10,03	10,03	20,09	78,93	2,004	3,56	2244,97	19/01/2015	7	124,70	161,10	
	7	12/01/2015	10,03	10,04	10,04	20,08	79,09	2,001	3,51	2210,13	09/02/2015	28	180,10	232,20	234,46
	8	12/01/2015	10,05	10,07	10,06	20,06	79,49	1,994	3,53	2213,90	09/02/2015	28	182,40	234,00	
	9	12/01/2015	10,07	10,04	10,06	20,10	79,41	1,999	3,56	2230,49	09/02/2015	28	184,70	237,19	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR													



Anexo 4.10 Resumen de ensayo resistencia a la compresión $f_c = 180$ y $210 \text{ kg/cm}^2 - 60 \text{ A}$.
Fino - 40A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f_c kg/cm ²	
HORMIGON PATRON	RESISTENCIA 180 kg/cm ² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	3	87,59	0,588235294	87,38	48,52%	
			87,49				
			87,07				
		7	130,73	1,351463235	131,76	73,13%	
			132,02				
			132,52				
	28	181,82	4,909773405	185,70	103,62%		
		184,08					
		191,20					
	RESISTENCIA 210 kg/cm ² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	3	93,77	0,916201505	94,06	48,61%	
			93,78				
			94,64				
7		155,90	3,224064687	160,66	81,87%		
		164,98					
		161,10					
28		232,20	2,101460326	234,46	121,17%		
		234,00					
		237,19					
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.11 Diseño de Hormigón patrón- $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ - 60 A. Fino -40 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$							
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Agregado grueso 40%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		$f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:				Vibración Normal		TIPO DE CEMENTO:	
CONSISTENCIA				Plástica		TRABAJABILIDAD:	
				Trabajable			
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ ARENA	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	2,39		% DE ABSORCION	7,32		δ PIEDRA	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		249,92	lts	274,18	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,55		274,18		498,51	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V= P/\delta$)							
CEMENTO	499 Kg		0,169 m ³		169 dm ³		
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	$P.V.V * V.A.G$		0,218 m ³		218 dm ³		
	D.S.S.S						
AGUA	274 lts		0,274 m ³		274 dm ³		
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA	$1000-V_{\text{cemento}}-V_{\text{piedra}}-V_{\text{agua}}-V_{\text{aire}}$		0,324 m ³		324 dm ³		
CORRECCION ACI							
	PIEDRA		ARENA		TOTAL		
VOLUMEN CALCULADO	218 dm ³		324 dm ³		542 dm ³		
VOLUMEN CORREGIDO	217 dm ³		325 dm ³		542 dm ³		
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,169 m ³	=	499 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,217 m ³	=	511 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,325 m ³	=	613 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,274 m ³	=	274 lts.		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1897 Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50Kg							
COEFICIENTE	499 Kg	/	50 Kg	9,97			
No SACOS - CEMENTO	499 Kg	/	50 Kg	10 Sacos			
PIEDRA	511 Kg	/	9,97	51,27 Kg			
ARENA	613 Kg	/	9,97	61,52 Kg			
AGUA	274 lts	/	9,97	27,50 lts			
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032 m ³			
PIEDRA	51,3 Kg	/	1137 Kg/m ³	0,045 m ³			
ARENA	61,5 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,049 m ³			
AGUA	27,50 lts			27,50 lts			
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,002 m ³	VOLUMEN CORREGIDO		0,024	No. De cilindros	12	
CEMENTO	499 Kg	*	0,024 m ³	=	11,75	Kg	
AGUA	274 lts	*	0,024 m ³	=	6,46	Lts	
ARENA	613,39 Kg	*	0,024 m ³	=	14,45	Kg	
PIEDRA	511 Kg	*	0,024 m ³	=	12,04	Kg	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



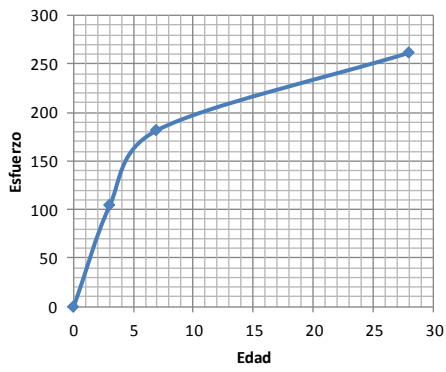
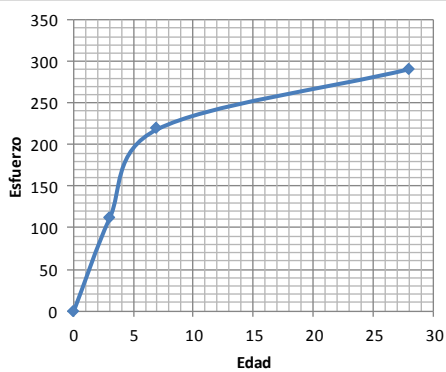
Anexo 4.12 Diseño de Hormigón patrón - $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ - 60 A. Fino - 40 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$							
PROPORCION:	Agregado fino 60% - Agregado grueso 40%			METODO DE DISEÑO:	Agua / Cemento		
RESISTENCIA:	$f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$			NORMA:	ACI 211.1		
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal		TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA:		Plastica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2950 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	2,39		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		249,92	lts	274,18	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,50		274,18		548,36	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V= P/\delta$)							
CEMENTO	548 Kg		0,186 m ³		186 dm ³		
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,218 m ³		218 dm ³		
	274 lts						
AGUA	1000 Kg/m ³		0,274 m ³		274 dm ³		
	1,5%						
AIRE	1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA	$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$		0,307 m ³		307 dm ³		
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		218 dm ³		307 dm ³		525 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		210 dm ³		315 dm ³		525 dm ³	
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,186 m ³	=	548 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,210 m ³	=	495 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,315 m ³	=	594 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,274 m ³	=	274 lts.		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1912	Kg
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	548 Kg	/	50 Kg	10,97			
No SACOS - CEMENTO	548 Kg	/	50 Kg	11	Sacos		
PIEDRA	495 Kg	/	10,97	45,15	Kg		
ARENA	594 Kg	/	10,97	54,19	Kg		
AGUA	274 lts	/	10,97	25,00	lts		
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)				0,032	m ³	
PIEDRA	45,2 Kg	/	1137 Kg/m ³	0,040	m ³		
ARENA	54,2 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,044	m ³		
AGUA	25,00 lts				25,00	lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,023562	No. De cilindros	12	
CEMENTO	548 Kg	*	0,024 m ³	=	12,92	Kg	
AGUA	274 lts	*	0,024 m ³	=	6,46	Lts	
ARENA	594,26 Kg	*	0,024 m ³	=	14,00	Kg	
PIEDRA	495 Kg	*	0,024 m ³	=	11,67	Kg	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					



Anexo 4.13 Esfuerzo a la compresión $f'c = 250$ y 280 kg/cm^2 - 60 A. Fino - 40 A. Grueso

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (ASTM C39-96/INEN 1573)		METODO DE DISEÑO: AGUA / CEMENTO		METODO DE CURADO: INMERSION EN AGUA		CANTIDAD DE AGUA: 249,92 lt		HORMIGON PATRON									
										DIMENSIONES DEL CILINDRO			ROTURA						
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)	AREA (cm ²)	RELACION L/D	PESO Kg	DENSIDAD Kg/m ³	FECHA	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA					
														kg/cm ²	PROMEDIO				
RESISTENCIA 250 kg/cm ² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	1	30/12/2014	10,07	10,04	10,055	20,05	79,41	1,994	3,49	2192,08	02/01/2015	3	78,90	101,32	103,88				
	2	30/12/2014	10,05	10,07	10,06	20,05	79,49	1,993	3,52	2208,73	02/01/2015	3	80,10	102,76					
	3	30/12/2014	10,04	10,04	10,04	20,04	79,17	1,996	3,51	2212,34	02/01/2015	3	83,50	107,55					
	4	30/12/2014	10,07	10,04	10,055	20,05	79,41	1,994	3,52	2210,93	06/01/2015	7	142,90	183,51					
	5	30/12/2014	10,07	10,05	10,06	20,05	79,49	1,993	3,51	2202,45	06/01/2015	7	141,50	181,53					
	6	30/12/2014	10,08	10,02	10,05	20,07	79,33	1,997	3,48	2185,80	06/01/2015	7	140,40	180,48					
	7	30/12/2014	10,05	10,04	10,045	20,07	79,25	1,998	3,55	2231,98	27/01/2015	28	202,80	260,95					
	8	30/12/2014	10,07	10,07	10,07	20,05	79,64	1,991	3,57	2235,66	27/01/2015	28	203,40	260,43					
	9	30/12/2014	10,07	10,07	10,07	20,10	79,64	1,996	3,56	2223,85	27/01/2015	28	204,70	262,09					
RESISTENCIA 280 kg/cm ² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	1	22/04/2015	10,03	10,02	10,03	20,04	78,93	1,999	3,60	2275,86	25/04/2015	3	87,70	113,30	111,93				
	2	22/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,05	79,41	1,994	3,61	2267,46	25/04/2015	3	87,80	112,75					
	3	22/04/2015	10,04	10,04	10,04	20,05	79,17	1,997	3,60	2267,94	25/04/2015	3	85,20	109,74					
	4	22/04/2015	10,05	10,05	10,05	20,05	79,33	1,995	3,66	2301,15	29/04/2015	7	163,70	210,43					
	5	22/04/2015	10,07	10,07	10,07	20,05	79,64	1,991	3,65	2285,75	29/04/2015	7	164,60	210,75					
	6	22/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,07	79,41	1,996	3,64	2284,02	29/04/2015	7	165,90	213,05					
	7	22/04/2015	10,07	10,06	10,07	20,04	79,56	1,991	3,65	2289,17	20/05/2015	28	234,00	299,90					
	8	22/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,05	79,41	1,994	3,62	2273,74	20/05/2015	28	225,40	289,45					
	9	22/04/2015	10,02	10,04	10,03	20,06	79,01	2,000	3,59	2265,02	20/05/2015	28	220,60	284,70					
REVISADO POR:										ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR									



Anexo 4.14 Resumen de Resistencia a la compresión $f_c = 250$ y 280 kg/cm^2 - 60 A. Fino - 40 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA						
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO						
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA	
			ESFUERZO					
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f_c kg/cm ²		
HORMIGON PATRON	RESISTENCIA 250 kg/cm ² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	3	101,32	5,790694231	103,88	41,77%		
			102,76					
			107,55					
		7	183,51	1,651689122	181,84	72,80%		
			181,53					
			180,48					
	28	260,95	0,434433996	261,16	104,61%			
		260,43						
		262,09						
	RESISTENCIA 280 kg/cm ² AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	3	113,30	3,140697261	111,93	42,18%		
			112,75					
			109,74					
7		221,08	2,128694522	219,24	84,66%			
		210,75						
		225,89						
28		299,90	5,067407066	291,35	110,49%			
		289,45						
		284,70						
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						

Anexo 4.15 Diseño de hormigón con reemplazo parcial 25% del A. Grueso $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON CON REEMPLAZO PARCIAL A.G.							
PROPORCION:		Fino 60% - Grueso 30% - Arcilla 10%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		$f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:		Vibración Normal		TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA:		Plástica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			ARCILLA EXPANDIDA	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	D.S.S.S.	773
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	P.V.S.	375
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		P.V.V.	397
% DE ABSORCION		2,39	% DE ABSORCION		7,32	% DE ABSORCION	13,08
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		211,86	lts	260,15	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,65		260,15		400,23	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P/δ)							
CEMENTO	400 Kg				0,136 m ³	136 dm ³	
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$				0,348 m ³	348 dm ³	
AGUA	260 lts				0,260 m ³	260 dm ³	
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%				0,015 m ³	15 dm ³	
ARENA	$1000 - V_{\text{cemento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$				0,241 m ³	241 dm ³	
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		348 dm ³		241 dm ³		589 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		236 dm ³		354 dm ³		589 dm ³	
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,136 m ³	=		400 Kg	
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,236 m ³	*	=	417 Kg	
ARCILLA EXPANDIDA	773 Kg/m ³	*	0,236 m ³	*	=	46 Kg	
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,354 m ³	*	=	667 Kg	
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,260 m ³	*	=	260 lts.	
PESO POR M³ DE HORMIGON						=	1790 Kg
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	400 Kg	/	50 Kg	8,0			
No SACOS - CEMENTO	400 Kg	/	50 Kg	8,0			Sacos
PIEDRA	417 Kg	/	8,0	52,08			Kg
ARCILLA EXPANDIDA	46 Kg	/	8,0	5,69			Kg
ARENA	667 Kg	/	8,0	83,33			Kg
AGUA	260 lts	/	8,0	32,50			lts
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032		m ³	
PIEDRA	52,1	Kg	/	1137	Kg/m ³	0,046	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	5,7	Kg	/	375	Kg/m ³	0,015	m ³
ARENA	83,3	Kg	/	1245	Kg/m ³	0,067	m ³
AGUA	32,50 lts			32,50		lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOLUMEN CORREGIDO		0,018850	No. De cilindros	12
CEMENTO	400 Kg	*	0,019	m ³	=	7,54	Kg
AGUA	260 lts	*	0,019	m ³	=	4,90	Lts
ARENA	667 Kg	*	0,019	m ³	=	12,57	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	46 Kg	*	0,019	m ³	=	0,86	Kg
PIEDRA	417 Kg	*	0,019	m ³	=	7,86	Kg
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.16 Diseño de hormigón con reemplazo parcial 50% del A. Grueso $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL							
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida							
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario							
DISEÑO HORMIGON LIVIANO CON REEMPLAZO PARCIAL									
PROPORCION:		Fino 60% - Grueso 20% - Arcilla 20%			METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento		
RESISTENCIA:		$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$			NORMA:		ACI 211.1		
METODO DE COMPACTACION:				Vibración Normal		TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA:				Plástica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO									
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			ARCILLA EXPANDIDA			
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	D.S.S.S.	773	Kg/m ³	
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	P.V.S.	375	Kg/m ³	
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		P.V.V.	397	Kg/m ³	
% DE ABSORCION		2,39	% DE ABSORCION		7,32	% DE ABSORCION		13,08	
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA									
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO			VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO		
8	cm	Nº 9			211,86	lts	260,15	lts	
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO									
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³			
8	cm	0,65		260,15		400,23 lts			
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P/δ)									
CEMENTO	400 Kg				0,136 m ³		136 dm ³		
	2950 Kg/m ³								
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$				0,348 m ³		348 dm ³		
	260 lts				0,260 m ³		260 dm ³		
AGUA	1000 Kg/m ³				0,260 m ³		260 dm ³		
	1,5%				0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA	$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$				0,241 m ³		241 dm ³		
CORRECCION ACI									
		PIEDRA		ARENA		TOTAL			
VOLUMEN CALCULADO		348 dm ³		241 dm ³		589 dm ³			
VOLUMEN CORREGIDO		236 dm ³		354 dm ³		589 dm ³			
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).									
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,136 m ³	=	400 Kg				
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,236 m ³	=	278 Kg				
ARCILLA EXPANDILA	773 Kg/m ³	*	0,236 m ³	=	91 Kg				
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,354 m ³	=	667 Kg				
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,260 m ³	=	260 lts.				
PESO POR M³ DE HORMIGON						= 1696 Kg			
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50Kg									
COEFICIENTE	400 Kg	/	50 Kg	8,0					
No SACOS - CEMENTO	400 Kg	/	50 Kg	8,0 Sacos					
PIEDRA	278 Kg	/	8,0	34,72 Kg					
ARCILLA EXPANDILA	91 Kg	/	8,0	11,38 Kg					
ARENA	667 Kg	/	8,0	83,33 Kg					
AGUA	260 lts	/	8,0	32,50 lts					
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON									
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032		m ³			
PIEDRA	34,7 Kg	/	1137 Kg/m ³	0,031		m ³			
ARCILLA EXPANDILA	11,4 Kg	/	375 Kg/m ³	0,030		m ³			
ARENA	83,3 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,067		m ³			
AGUA	32,50 lts			32,50		Lts			
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS									
VOLUMEN DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOLUMEN CORREGIDO		0,0188	No. De cilindros	12		
CEMENTO	400 Kg	*	0,019 m ³	=	7,54	Kg			
AGUA	260 lts	*	0,019 m ³	=	4,90	Lts			
ARENA	667 Kg	*	0,019 m ³	=	12,57	Kg			
ARCILLA EXPANDILA	91 Kg	*	0,019 m ³	=	1,72	Kg			
PIEDRA	278 Kg	*	0,019 m ³	=	5,24	Kg			
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR							



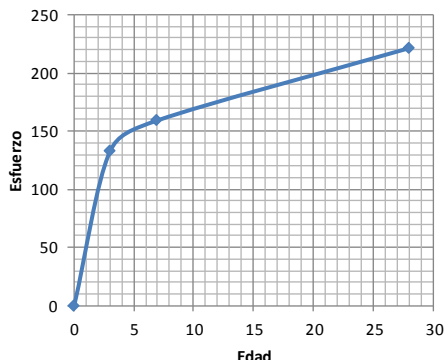
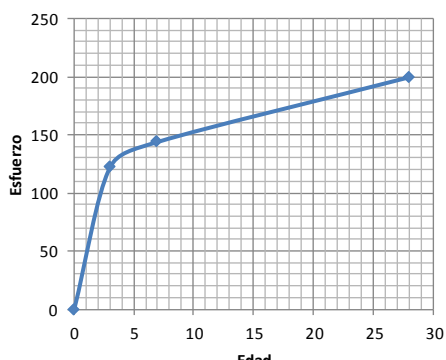
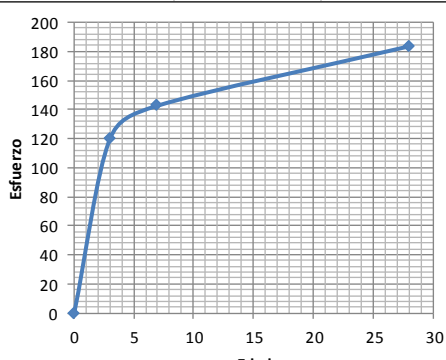
Anexo 4.17 Diseño de hormigón con reemplazo parcial 75% del A. Grueso $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL							
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida							
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario							
DISEÑO HORMIGON LIVIANO CON REEMPLAZO PARCIAL									
PROPORCION:		Fino 60% - Grueso 10% - Arcilla 30%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento			
RESISTENCIA:		$f_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1			
METODO DE COMPACTACION:			Vibración Normal		TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE		
CONSISTENCIA:			Plástica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable		
DATOS DE LABORATORIO									
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO		ARCILLA EXPANDIDA				
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	D.S.S.S.	773	Kg/m ³	
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	P.V.S.	375	Kg/m ³	
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	3,3		P.V.V.	397	Kg/m ³	
% DE ABSORCION		2,39	% DE ABSORCION		7,32	% DE ABSORCION		13,08	
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA									
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO			
8	cm	Nº 9		211,86	lts	260,15	lts		
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO									
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³			
8	cm	0,65		260,15		400,23		lts	
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P/δ)									
CEMENTO		400 Kg		0,136 m ³		136 dm ³			
		2950 Kg/m ³							
PIEDRA		P.V.V * V.A.G		0,348 m ³		348 dm ³			
		D.S.S.S							
AGUA		260 lts		0,260 m ³		260 dm ³			
		1000 Kg/m ³							
AIRE		1,5%		0,015 m ³		15 dm ³			
ARENA		1000-V _{cemento} -V _{piedra} -V _{agua} -V _{aire}		0,241 m ³		241 dm ³			
CORRECCION ACI									
		PIEDRA		ARENA		TOTAL			
VOLUMEN CALCULADO		348 dm ³		241 dm ³		589 dm ³			
VOLUMEN CORREGIDO		236 dm ³		354 dm ³		589 dm ³			
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).									
CEMENTO		2950 Kg/m ³		* 0,136 m ³		= 400 Kg			
PIEDRA		2358 Kg/m ³		* 0,236 m ³		= 139 Kg			
ARCILLA EXPANDIDA		773 Kg/m ³		* 0,236 m ³		= 137 Kg			
ARENA		1887 Kg/m ³		* 0,354 m ³		= 667 Kg			
AGUA		1000 Kg/m ³		* 0,260 m ³		= 260 lts.			
PESO POR M³ DE HORMIGON						= 1603 Kg			
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG									
COEFICIENTE		400 Kg		/ 50 Kg		8,0			
No SACOS - CEMENTO		400 Kg		/ 50 Kg		8,0		Sacos	
PIEDRA		139 Kg		/ 8,0		17,36		Kg	
ARCILLA EXPANDIDA		137 Kg		/ 8,0		17,06		Kg	
ARENA		667 Kg		/ 8,0		83,33		Kg	
AGUA		260 lts		/ 8,0		32,50		lts	
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON									
1 SACO - CEMENTO		(0,4*0,4*0,2)				0,032		m ³	
PIEDRA		17,4 Kg		/ 1137 Kg/m ³		0,015		m ³	
ARCILLA EXPANDIDA		17,1 Kg		/ 375 Kg/m ³		0,046		m ³	
ARENA		83,3 Kg		/ 1245 Kg/m ³		0,067		m ³	
AGUA		32,50 lts				32,50		lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS									
VOLUMEN DE CILINDRO		0,0016 m ³		VOLUMEN CORREGIDO		0,018850		No. De cilindros	12
CEMENTO		400 Kg		* 0,019 m ³		= 7,54		Kg	
AGUA		260 lts		* 0,019 m ³		= 4,90		Lts	
ARENA		667 Kg		* 0,019 m ³		= 12,57		Kg	
ARCILLA EXPANDIDA		137 Kg		* 0,019 m ³		= 2,57		Kg	
PIEDRA		139 Kg		* 0,019 m ³		= 2,62		Kg	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR							


Anexo 4.18 Esfuerzo a la compresión hormigón con reemplazo parcial A. Grueso

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		ESFUERZO A LA COMPRESION (ASTM C39-96/INEN 1573)												
TEMA: HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		MATERIAL: AGUA / CEMENTO												
TESISTAS: DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS A POLINARIO		MATERIAL: INMERSION EN AGUA												
TIPO DE CEMENTO: LAFARGE - SELVA ALEGRE		CANTIDAD DE AGUA: 287,73 lt												
RESISTENCIA 210 kg/cm ²														
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO				RELACION L/D	PESO Kg	DENSIDAD Kg/m ³	FECHA	EDAD (días)	ROTURA		
			D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)						AREA (cm ²)	CARGA kN	RESISTENCIA Kg/cm ²
AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 30 % ARCILLA EXPANDIDA = 10 %	1	29/04/2015	10,03	10,06	10,05	20,06	79,25	1,997	3,34	2101,00	02/05/2015	3	102,10	131,38
	2	29/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,04	79,41	1,993	3,32	2086,35	02/05/2015	3	103,50	132,91
	3	29/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,05	79,41	1,994	3,30	2072,74	02/05/2015	3	104,20	133,81
	4	29/04/2015	10,05	10,07	10,06	20,03	79,49	1,991	3,42	2148,12	06/05/2015	7	123,60	158,57
	5	29/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,04	79,41	1,993	3,42	2149,19	06/05/2015	7	124,10	159,37
	6	29/04/2015	10,06	10,06	10,06	20,07	79,49	1,995	3,46	2168,92	06/05/2015	7	124,80	160,11
	7	29/04/2015	10,04	10,04	10,04	20,04	79,17	1,996	3,40	2143,01	27/05/2015	28	170,80	219,99
	8	29/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,07	79,41	1,996	3,42	2145,98	27/05/2015	28	171,80	220,62
	9	29/04/2015	10,04	10,04	10,04	20,06	79,17	1,998	3,37	2121,98	27/05/2015	28	173,20	223,09
AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 20 % ARCILLA EXPANDIDA = 20 %	1	28/04/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	3,10	1951,97	01/05/2015	3	94,90	122,23
	2	28/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,04	79,41	1,993	3,12	1960,66	01/05/2015	3	94,80	121,74
	3	28/04/2015	10,07	10,04	10,06	20,05	79,41	1,994	3,08	1934,56	01/05/2015	3	95,10	122,13
	4	28/04/2015	10,07	10,06	10,07	20,03	79,56	1,990	3,16	1982,84	05/05/2015	7	111,30	142,65
	5	28/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,04	79,41	1,993	3,17	1992,08	05/05/2015	7	112,10	143,96
	6	28/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,07	79,41	1,996	3,18	1995,38	05/05/2015	7	112,90	144,98
	7	28/04/2015	10,03	10,05	10,04	20,03	79,17	1,995	3,15	1986,43	26/05/2015	28	154,20	198,61
	8	28/04/2015	10,05	10,05	10,05	20,07	79,33	1,997	3,16	1984,80	26/05/2015	28	154,80	198,99
	9	28/04/2015	10,02	10,04	10,03	20,06	79,01	2,000	3,17	2000,03	26/05/2015	28	155,10	200,17
AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 10 % ARCILLA EXPANDIDA = 30 %	1	27/04/2015	10,05	10,04	10,05	20,06	79,25	1,997	2,90	1824,22	30/04/2015	3	93,40	120,18
	2	27/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,04	79,41	1,993	2,91	1828,69	30/04/2015	3	93,40	119,94
	3	27/04/2015	10,05	10,03	10,04	20,05	79,17	1,997	2,92	1839,55	30/04/2015	3	92,90	119,66
	4	29/04/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,88	1813,44	06/05/2015	7	110,50	142,33
	5	27/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,04	79,41	1,993	2,90	1822,41	04/05/2015	7	110,10	141,39
	6	29/04/2015	10,06	10,03	10,05	20,03	79,25	1,994	2,90	1826,95	06/05/2015	7	112,10	144,24
	7	29/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,07	79,41	1,996	2,90	1819,69	27/05/2015	28	138,90	178,37
	8	27/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,07	79,41	1,996	2,92	1832,24	25/05/2015	28	142,60	183,12
	9	29/04/2015	10,04	10,06	10,05	20,06	79,33	1,996	2,91	1828,69	27/05/2015	28	146,70	188,58
REVISADO POR: ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR														

Anexo 4.19 Resumen de ensayo resistencia a la compresión - hormigón con reemplazo parcial
A. grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO			PROMEDIO F _c kg/cm ²	
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²		
RESISTENCIA 210 kg/cm²	AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 30 % ARCILLA EXPANDIDA = 10 %	3	131,38	1,820166599	132,70	63,14%	
			132,91				
			133,81				
		7	158,57	0,961538462	159,35	75,87%	
			159,37				
			160,11				
		28	219,99	1,385681293	221,23	105,50%	
			220,62				
			223,09				
	AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 20 % ARCILLA EXPANDIDA = 20 %	3	122,23	0,088016641	122,03	58,18%	
			121,74				
			122,13				
		7	142,65	1,612978368	143,86	68,48%	
			143,96				
			144,98				
28		198,61	0,778219433	199,26	94,95%		
		198,99					
		200,17					
AGREGADO FINO = 60 % AGREGADO GRUESO = 10 % ARCILLA EXPANDIDA = 30 %	3	120,18	0,436238843	119,93	57,10%		
		119,94					
		119,66					
	7	142,33	1,329092626	142,65	68,23%		
		141,39					
		144,24					
	28	178,37	5,411115121	183,36	87,37%		
		183,12					
		188,58					
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					


Anexo 4.20 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ 40A.Fino – 60 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida						
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario						
DISEÑO HORMIGON LIVIANO $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$								
PROPORCION:		Agregado fino 40% - Arcilla expandida 60%			METODO DE DISEÑO:			Agua / Cemento
RESISTENCIA:		$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$			NORMA:			ACI 211.1
METODO DE COMPACTACION:		Vibración Normal			TIPO DE CEMENTO:			LAFARGE-SELVA ALEGRE
CONSISTENCIA:		Plástica			TRABAJABILIDAD:			Trabajable
DATOS DE LABORATORIO								
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			DENSIDADES		
D.S.S.S.	773	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2950	Kg/m ³
P.V.S.	375	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000	Kg/m ³
P.V.V.	397	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ_{ARENA}	1887	Kg/m ³
% DE ABSORCION	13,08		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	773	Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA								
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO			VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 7			239,03	lts	287,79	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO								
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³		
8	cm	0,60		287,79		479,66 lts		
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V = P / \delta$)								
CEMENTO		480 Kg		0,163 m ³		163 dm ³		
		2950 Kg/m ³						
ARCILLA EXPANDIDA		$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,329 m ³		329 dm ³		
		D.S.S.S						
AGUA		288 lts		0,288 m ³		288 dm ³		
		1000 Kg/m ³						
AIRE		1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA		$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{pedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$		0,205 m ³		205 dm ³		
CORRECCION ACI								
		PIEDRA		ARENA		TOTAL		
VOLUMEN CALCULADO		329 dm ³		205 dm ³		535 dm ³		
VOLUMEN CORREGIDO		321 dm ³		214 dm ³		535 dm ³		
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).								
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,163 m ³	=	480 Kg			
ARCILLA EXPANDIDA	773 Kg/m ³	*	0,321 m ³	=	248 Kg			
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,214 m ³	=	403 Kg			
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,288 m ³	=	288 lts.			
PLASTIFICANTE	2% de la cantidad de cemento			=	10 lts			
PESO POR M³ DE HORMIGON						1419 Kg		
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50Kg								
COEFICIENTE	480 Kg	/	50 Kg	9,59				
No SACOS - CEMENTO	480 Kg	/	50 Kg	9,59 Sacos				
ARCILLA EXPANDIDA	248 Kg	/	9,59	25,84 Kg				
ARENA	403 Kg	/	9,59	42,06 Kg				
AGUA	288 lts	/	9,59	30,00 lts				
PLASTIFICANTE	10 lts	/	8,50	1,13 lts				
VOLUMEN DE MATERIALES POR SACO DE CEMENTO								
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032		m ³		
ARCILLA EXPANDIDA	25,8 Kg	/	375 Kg/m ³	0,069		m ³		
ARENA	42,1 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,034		m ³		
AGUA	30,00 lts			30,00		lts		
PLASTIFICANTE	1,13 lts			1,13		lts		
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS								
VOLUMEN DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,025	No. De cilindros	12		
CEMENTO	480 Kg	*	0,025 m ³	=	11,75	Kg		
AGUA	288 lts	*	0,025 m ³	=	7,05	Lts		
ARENA	403 Kg	*	0,025 m ³	=	9,89	Kg		
ARCILLA EXPANDIDA	248 Kg	*	0,025 m ³	=	6,07	Kg		
PLASTIFICANTE	10 lts	*	0,025 m ³	=	0,24	Lts		
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						

Anexo 4.21 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ 50A.Fino - 50A.Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON LIVIANO $F^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$							
PROPORCION:		Agregado fino 50% - Arcilla expandida 50%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		$f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:		Vibración Normal		TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA:		Plástica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA		AGREGADO FINO			DENSIDADES		
D.S.S.S.	773	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	$\bar{\delta}$ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	375	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	$\bar{\delta}$ AGUA	1000 Kg/m ³
P.V.V.	397	Kg/m ³	M.F.	3,3		$\bar{\delta}$ ARENA	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	13,08		% DE ABSORCION	7,32		$\bar{\delta}$ PIEDRA	773 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 7		239,03	lts	287,79	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,60		287,79		479,66	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V = P/\delta$)							
CEMENTO	480 Kg		0,163 m ³		163 dm ³		
	2950 Kg/m ³						
ARCILLA EXPANDIDA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,329 m ³		329 dm ³		
	288 lts						
AGUA	1000 Kg/m ³		0,288 m ³		288 dm ³		
	1,5%						
AIRE	1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA	$1000 - V_{\text{cemento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$		0,205 m ³		205 dm ³		
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		329 dm ³		205 dm ³		535 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		267 dm ³		267 dm ³		535 dm ³	
PESO EN KG POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,163 m ³	=	480 Kg		
ARCILLA EXPANDIDA	773 Kg/m ³	*	0,267 m ³	=	207 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,267 m ³	=	504 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,288 m ³	=	288 lts.		
PLASTIFICANTE	2% de la cantidad de cemento			=	10 lts		
PESO POR M³ DE HORMIGON					1478 Kg		
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	480 Kg	/	50 Kg	9,59			
No SACOS - CEMENTO	480 Kg	/	50 Kg	9,59	Sacos		
ARCILLA EXPANDIDA	207 Kg	/	9,59	21,53	Kg		
ARENA	504 Kg	/	9,59	52,57	Kg		
AGUA	288 lts	/	9,59	30,00	lts		
PLASTIFICANTE	10 lts	/	8,50	1,13	lts		
VOLUMEN DE MATERIALES POR SACO DE CEMENTO							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032	m ³		
ARCILLA EXPANDIDA	21,5 Kg	/	375 Kg/m ³	0,057	m ³		
ARENA	52,6 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,042	m ³		
AGUA	30,00 lts			30,00	lts		
PLASTIFICANTE	1,13 lts			1,13	lts		
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,025	No. De cilindros	12	
CEMENTO	480 Kg	*	0,025 m ³	=	11,75	Kg	
AGUA	288 lts	*	0,025 m ³	=	7,05	Lts	
ARENA	504 Kg	*	0,025 m ³	=	12,36	Kg	
ARCILLA EXPANDIDA	207 Kg	*	0,025 m ³	=	5,06	Kg	
PLASTIFICANTE	10 lts	*	0,025 m ³	=	0,24	Lts	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



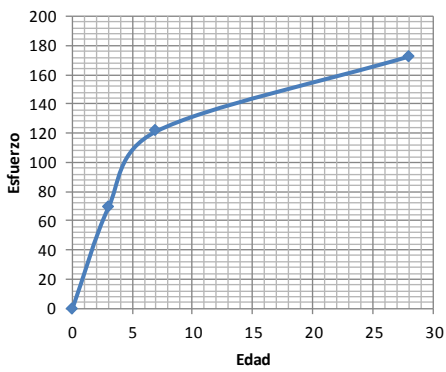
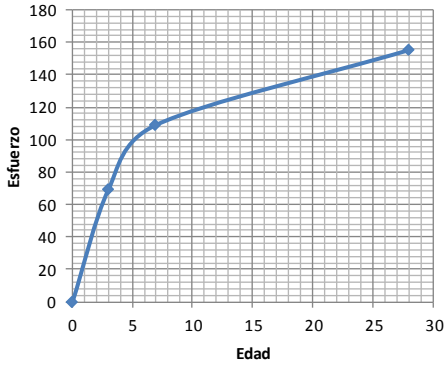
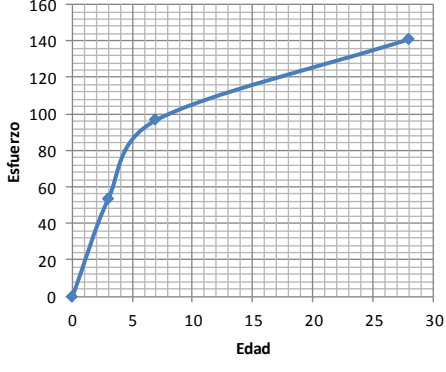
Anexo 4.22 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ 60A. Fino - 40A.Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida						
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario						
DISEÑO HORMIGON LIVIANO $F^3 C=210 \text{ Kg/cm}^2$								
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Arcilla expandida 40%			METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		$f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$			NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:		Vibración Normal			TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA		Plastica			TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO								
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			DENSIDADES		
D.S.S.S.	773	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³	
P.V.S.	375	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³	
P.V.V.	397	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ ARENA	1887 Kg/m ³	
% DE ABSORCION	13,08		% DE ABSORCION	7,32		δ PIEDRA	773 Kg/m ³	
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA								
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO		
8	cm	Nº 7		239,03	lts	287,79	lts	
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO								
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³		
8	cm	0,60		287,79		479,66	lts	
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P/δ)								
CEMENTO	480 Kg				0,163 m ³	163 dm ³		
	2950 Kg/m ³							
ARCILLA EXPANDIDA	P.V.V * V.A.G				0,329 m ³	329 dm ³		
	D.S.S.S							
AGUA	288 lts				0,288 m ³	288 dm ³		
	1000 Kg/m ³							
AIRE	1,5%				0,015 m ³	15 dm ³		
ARENA	1000-V _{cemento} -V _{piedra} -V _{agua} -V _{aire}				0,205 m ³	205 dm ³		
CORRECCION ACI								
		PIEDRA		ARENA		TOTAL		
VOLUMEN CALCULADO		329 dm ³		205 dm ³		535 dm ³		
VOLUMEN CORREGIDO		214 dm ³		321 dm ³		535 dm ³		
PESO EN KG POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).								
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,163 m ³	=	480 Kg			
ARCILLA EXPANDIDA	773 Kg/m ³	*	0,214 m ³	=	165 Kg			
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,321 m ³	=	605 Kg			
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,288 m ³	=	288 lts.			
PLASTIFICANTE	2% de la cantidad de cemento				=	10 lts		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1538 Kg		
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50Kg								
COEFICIENTE	480 Kg	/	50 Kg	9,59				
No SACOS - CEMENTO	480 Kg	/	50 Kg	9,59			Sacos	
ARCILLA EXPANDIDA	165 Kg	/	9,59	17,23			Kg	
ARENA	605 Kg	/	9,59	63,09			Kg	
AGUA	288 lts	/	9,59	30,00			lts	
PLASTIFICANTE	10 lts	/	8,50	1,13			lts	
VOLUMEN DE MATERIALES POR SACO DE CEMENTO								
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)				0,032		m ³	
ARCILLA EXPANDIDA	17,2 Kg	/	375 Kg/m ³	0,046			m ³	
ARENA	63,1 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,051			m ³	
AGUA	30,00 lts				30,00		lts	
PLASTIFICANTE	1,13 lts				1,13		lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS								
VOLUMEN DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,025	No. De cilindros	12		
CEMENTO	480 Kg	*	0,025 m ³	=	11,75	Kg		
AGUA	288 lts	*	0,025 m ³	=	7,05	lts		
ARENA	605 Kg	*	0,025 m ³	=	14,83	Kg		
ARCILLA EXPANDIDA	165 Kg	*	0,025 m ³	=	4,05	Kg		
PLASTIFICANTE	10 lts	*	0,025 m ³	=	0,24	lts		
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						

Anexo 4.23 Esfuerzo a la compresión -Hormigón liviano - A/C- Proporciones f'c=180 kg/cm²

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (ASTM C39-96/INEN 1573)														
HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO														
LAFARGE - SELVA ALEGRE		RESISTENCIA 180 kg/cm ²														
TEMA: TESISTAS: TIPO DE CEMENTO:		METODO DE DISEÑO: AGUA / CEMENTO METODO DE CURADO: INMERSION EN AGUA CANTIDAD DE AGUA: 287,73 lt														
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO				RELACION L/D	PESO Kg	DENSIDAD kg/m ³	ROTURA						
			D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)				AREA (cm ²)	FECHA	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA kg/cm ²	PROMEDIO	
AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	07/01/2015	10,03	10,06	10,05	20,05	1,996	2,56	1611,15	10/01/2015	3	54,50	70,13	69,36		
	2	07/01/2015	10,06	10,03	10,05	20,05	1,996	2,55	1604,86	10/01/2015	3	54,20	69,74			
	3	07/01/2015	10,05	10,04	10,05	20,04	1,995	2,57	1618,25	10/01/2015	3	53,00	68,20			
	TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 8 cm	4	07/01/2015	10,07	10,04	10,06	20,04	1,993	2,55	1602,46	14/01/2015	7	94,10	120,84	121,60	
		5	07/01/2015	10,06	10,03	10,05	20,03	1,994	2,58	1625,36	14/01/2015	7	95,10	122,37		
		6	07/01/2015	10,03	10,06	10,05	20,05	1,996	2,60	1636,32	14/01/2015	7	94,50	121,60		
		AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	7	07/01/2015	10,04	10,04	10,04	20,03	1,995	2,58	1626,98	04/02/2015	28	135,00	173,88	172,82
			8	07/01/2015	10,06	10,03	10,05	20,07	1,998	2,56	1609,54	04/02/2015	28	133,40	171,65	
			9	07/01/2015	10,02	10,04	10,03	20,07	2,001	2,57	1620,67	04/02/2015	28	134,00	172,94	
TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 9 cm			1	08/01/1900	10,04	10,04	10,04	20,06	1,998	2,53	1593,06	11/01/1900	3	50,90	65,56	69,38
			2	08/01/1900	10,03	10,06	10,05	20,03	1,994	2,52	1587,56	11/01/1900	3	51,70	66,52	
			3	08/01/1900	10,05	10,02	10,04	20,07	2,000	2,51	1581,25	11/01/1900	3	59,00	76,07	
	AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %		4	08/01/1900	10,04	10,04	10,04	20,08	2,000	2,57	1616,64	15/01/1900	7	85,30	109,87	109,27
			5	08/01/1900	10,06	10,03	10,05	20,03	1,994	2,55	1606,46	15/01/1900	7	84,20	108,34	
			6	08/01/1900	10,05	10,03	10,04	20,04	1,996	2,53	1594,65	15/01/1900	7	85,10	109,61	
		TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 9 cm	7	08/01/1900	10,06	10,04	10,05	20,10	2,000	2,51	1574,18	05/02/1900	28	120,00	154,26	155,24
			8	08/01/1900	10,03	10,06	10,05	20,03	1,994	2,55	1606,46	05/02/1900	28	121,70	156,60	
			9	08/01/1900	10,03	10,03	10,03	20,07	2,001	2,56	1614,36	05/02/1900	28	120,00	154,87	
AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %			1	09/01/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	1,997	2,52	1582,82	12/01/2015	3	42,10	54,12	53,72
			2	09/01/2015	10,05	10,04	10,05	20,03	1,994	2,53	1593,86	12/01/2015	3	41,80	53,79	
			3	09/01/2015	10,06	10,03	10,05	20,07	1,998	2,54	1596,97	12/01/2015	3	41,40	53,27	
	TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 9 cm		4	09/01/2015	10,04	10,04	10,04	20,08	2,000	2,56	1610,35	16/01/2015	7	75,60	97,37	96,67
			5	09/01/2015	10,05	10,05	10,05	20,03	1,993	2,55	1604,86	16/01/2015	7	74,90	96,28	
			6	09/01/2015	10,07	10,05	10,06	20,05	1,993	2,54	1593,80	16/01/2015	7	75,10	96,35	
		TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 9 cm	7	09/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,03	1,993	2,51	1579,69	06/02/2015	28	108,80	139,86	140,74
			8	09/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,03	1,994	2,53	1593,86	06/02/2015	28	109,10	140,38	
			9	09/01/2015	10,03	10,02	10,03	20,06	2,001	2,57	1623,09	06/02/2015	28	109,90	141,98	
REVISADO POR:			ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR													


Anexo 4.24 Resumen de resistencia a la compresión -Hormigón liviano - A/C- Proporciones $f_c=180 \text{ kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL												
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA												
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO												
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN														
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA							
			ESFUERZO											
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f'c kg/cm ²								
RESISTENCIA 180 kg/cm²	AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	70,13	2,752293578	69,36	32,93%								
			69,74											
			68,20											
		7	120,84					0,62124602	121,60	57,72%				
			122,37											
			121,60											
		28	173,88								0,54271733	172,82	82,58%	
			171,65											
			172,94											
	AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	3	65,56	13,81471964	69,38	33,72%								
			66,52											
			76,07											
		7	109,87					0,234466589	109,27	52,26%				
			108,34											
			109,61											
		28	154,26								0,39761392	155,24	73,60%	
			156,60											
			154,87											
AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	3	54,12	1,564786717	53,72	25,57%									
		53,79												
		53,27												
	7	97,37					1,055967622	96,67	46,12%					
		96,28												
		96,35												
	28	139,86								1,492830102	140,74	67,10%		
		140,38												
		141,98												
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR												

Anexo 4.25 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -40A.Fino - 60A.grueso- cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON LIVIANO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$							
PROPORCION:		Agregado fino 40% - Arcilla expandida 60%			METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento
RESISTENCIA:		$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$			NORMA:		ACI 211.1
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal			TIPO DE CEMENTO:		HOLCIM HE
CONSISTENCIA:		Plastica			TRABAJABILIDAD:		Trabajable
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	773	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2900 Kg/m ³
P.V.S.	375	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³
P.V.V.	397	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	13,08		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	773 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 7		239,03	lts	287,79	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,60		287,79		479,66	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V = P / \delta$)							
CEMENTO		480 Kg		0,165 m ³		165 dm ³	
		2900 Kg/m ³					
ARCILLA EXPANDIDA		$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,329 m ³		329 dm ³	
AGUA		288 lts		0,288 m ³		288 dm ³	
		1000 Kg/m ³					
AIRE		1,5%		0,015 m ³		15 dm ³	
ARENA		$1000 - V_{\text{cemento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$		0,203 m ³		203 dm ³	
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		329 dm ³		203 dm ³		532 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		319 dm ³		213 dm ³		532 dm ³	
PESO EN KG POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO		2900 Kg/m ³	*	0,165 m ³	=	480 Kg	
ARCILLA EXPANDIDA		773 Kg/m ³	*	0,319 m ³	=	247 Kg	
ARENA		1887 Kg/m ³	*	0,213 m ³	=	401 Kg	
AGUA		1000 Kg/m ³	*	0,288 m ³	=	288 lts.	
PLASTIFICANTE		2% de la cantidad de cemento			=	10 lts	
PESO POR M³ DE HORMIGON						1415 Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE		480 Kg	/	50 Kg	9,59		
No SACOS - CEMENTO		480 Kg	/	50 Kg	9,59	Sacos	
ARCILLA EXPANDIDA		247 Kg	/	9,59	25,70	Kg	
ARENA		401 Kg	/	9,59	41,84	Kg	
AGUA		288 lts	/	9,59	30,00	lts	
PLASTIFICANTE		10 lts	/	8,50	1,13	lts	
VOLUMEN DE MATERIALES POR SACO DE CEMENTO							
1 SACO - CEMENTO		(0,4*0,4*0,2)			0,032	m ³	
ARCILLA EXPANDIDA		25,7 Kg	/	375 Kg/m ³	0,069	m ³	
ARENA		41,8 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,034	m ³	
AGUA		30,00 lts			30,00	lts	
PLASTIFICANTE		1,13 lts			1,13	lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO		0,0016 m ³	VOLUMEN CORREGIDO		0,025	No. De cilindros	12
CEMENTO		480 Kg	*	0,025 m ³	=	11,75	Kg
AGUA		288 lts	*	0,025 m ³	=	7,05	Lts
ARENA		401 Kg	*	0,025 m ³	=	9,84	Kg
ARCILLA EXPANDIDA		247 Kg	*	0,025 m ³	=	6,04	Kg
PLASTIFICANTE		10 lts	*	0,025 m ³	=	0,24	Lts
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.26 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -50A.Fino - 50A.grueso- cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida						
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario						
DISEÑO HORMIGON LIVIANO $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$								
PROPORCION:		Agregado fino 50% - Arcilla expandida 50%			METODO DE DISEÑO:			Agua / Cemento
RESISTENCIA:		$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$			NORMA:			ACI 211.1
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal			TIPO DE CEMENTO:			HOLCIM HE
CONSISTENCIA:		Plastica			TRABAJABILIDAD:			Trabajable
DATOS DE LABORATORIO								
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			DENSIDADES		
D.S.S.S.	773	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2950 Kg/m ³	
P.V.S.	375	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³	
P.V.V.	397	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³	
% DE ABSORCION	13,08		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	773 Kg/m ³	
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA								
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO		
8	cm	Nº 7		239,03	lts	287,79	lts	
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO								
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³		
8	cm	0,60		287,79		479,66 lts		
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V = P/\delta$)								
CEMENTO		480 Kg		0,163 m ³		163 dm ³		
		2950 Kg/m ³						
ARCILLA EXPANDIDA		$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$		0,329 m ³		329 dm ³		
AGUA		288 lts		0,288 m ³		288 dm ³		
		1000 Kg/m ³						
AIRE		1,5%		0,015 m ³		15 dm ³		
ARENA		$1000 - V_{\text{cemento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$		0,205 m ³		205 dm ³		
CORRECCION ACI								
		PIEDRA		ARENA		TOTAL		
VOLUMEN CALCULADO		329 dm ³		205 dm ³		535 dm ³		
VOLUMEN CORREGIDO		267 dm ³		267 dm ³		535 dm ³		
PESO EN KG POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).								
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,163 m ³	=	480 Kg			
ARCILLA EXPANDIDA	773 Kg/m ³	*	0,267 m ³	=	207 Kg			
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,267 m ³	=	504 Kg			
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,288 m ³	=	288 lts.			
PLASTIFICANTE	2% de la cantidad de cemento			=	10 lts			
PESO POR M³ DE HORMIGON						1478 Kg		
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG								
COEFICIENTE	480 Kg	/	50 Kg	9,59				
No SACOS - CEMENTO	480 Kg	/	50 Kg	9,59	Sacos			
ARCILLA EXPANDIDA	207 Kg	/	9,59	21,53 Kg				
ARENA	504 Kg	/	9,59	52,57 Kg				
AGUA	288 lts	/	9,59	30,00 lts				
PLASTIFICANTE	10 lts	/	8,50	1,13 lts				
VOLUMEN DE MATERIALES POR SACO DE CEMENTO								
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032 m ³				
ARCILLA EXPANDIDA	21,5 Kg	/	375 Kg/m ³	0,057 m ³				
ARENA	52,6 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,042 m ³				
AGUA	30,00 lts			30,00 lts				
PLASTIFICANTE	1,13 lts			1,13 lts				
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS								
VOLUMEN DE CILINDRO	0,0016 m ³	VOLUMEN CORREGIDO		0,025	No. De cilindros 12			
CEMENTO	480 Kg	*	0,025 m ³	=	11,75 Kg			
AGUA	288 lts	*	0,025 m ³	=	7,05 lts			
ARENA	504 Kg	*	0,025 m ³	=	12,36 Kg			
ARCILLA EXPANDIDA	207 Kg	*	0,025 m ³	=	5,06 Kg			
PLASTIFICANTE	10 lts	*	0,025 m ³	=	0,24 lts			
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



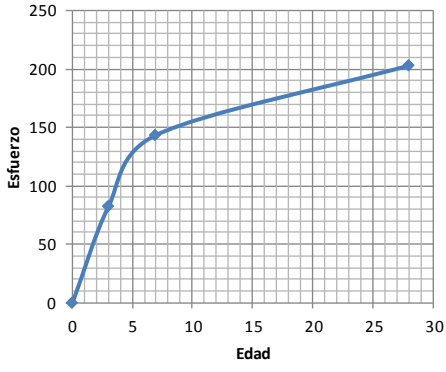
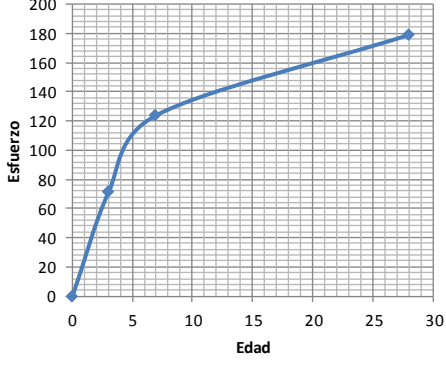
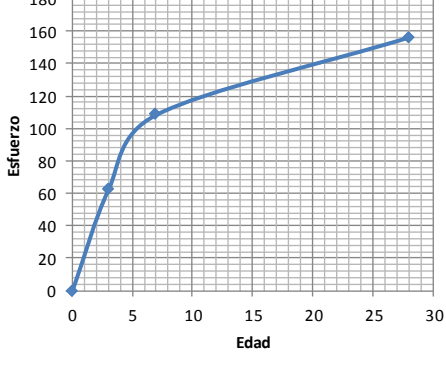
Anexo 4.27 Diseño de hormigón liviano $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ -60A.Fino - 40A.grueso- cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON LIVIANO $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$							
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Arcilla expandida 40%		METODO DE DISEÑO:		Cantidad de Cemento / Resistencia	
RESISTENCIA:		$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal		TIPO DE CEMENTO:		HOLCIM HE	
CONSISTENCIA		Plastica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	773	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2900 Kg/m ³
P.V.S.	375	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³
P.V.V.	397	Kg/m ³	M.F.	3,3		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	13,08		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	773 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 7		239,03	lts	287,79	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,60		287,79		479,66	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON ($V = P / \delta$)							
CEMENTO	480 Kg				0,165 m ³	165 dm ³	
	2900 Kg/m ³						
ARCILLA EXPANDIDA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$				0,329 m ³	329 dm ³	
AGUA	288 lts				0,288 m ³	288 dm ³	
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%				0,015 m ³	15 dm ³	
ARENA	$1000 - V_{\text{cemento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$				0,203 m ³	203 dm ³	
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		329 dm ³		203 dm ³		532 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		213 dm ³		319 dm ³		532 dm ³	
PESO EN KG POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2900 Kg/m ³	*	0,165 m ³	=	480 Kg		
ARCILLA EXPANDIDA	773 Kg/m ³	*	0,213 m ³	=	164 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,319 m ³	=	602 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,288 m ³	=	288 lts.		
PLASTIFICANTE	2% de la cantidad de cemento			=	10 lts		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1534 Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	480 Kg	/	50 Kg			9,59	
No SACOS - CEMENTO	480 Kg	/	50 Kg			9,59	Sacos
ARCILLA EXPANDIDA	164 Kg	/	9,59			17,14	Kg
ARENA	602 Kg	/	9,59			62,76	Kg
AGUA	288 lts	/	9,59			30,00	lts
PLASTIFICANTE	10 lts	/	8,50			1,13	lts
VOLUMEN DE MATERIALES POR SACO DE CEMENTO							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)					0,032	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	17,1 Kg	/	375 Kg/m ³			0,046	m ³
ARENA	62,8 Kg	/	1245 Kg/m ³			0,050	m ³
AGUA	30,00 lts					30,00	lts
PLASTIFICANTE	1,13 lts					1,13	lts
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,025	No. De cilindros	12	
CEMENTO	480 Kg	*	0,025 m ³	=	11,75	Kg	
AGUA	288 lts	*	0,025 m ³	=	7,05	lts	
ARENA	602 Kg	*	0,025 m ³	=	14,75	Kg	
ARCILLA EXPANDIDA	164 Kg	*	0,025 m ³	=	4,03	Kg	
PLASTIFICANTE	10 lts	*	0,025 m ³	=	0,24	lts	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



Anexo 4.28 Esfuerzo a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ Proporciones cemento HE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (ASTM C39-96/INEN 1573)		AGUA / CEMENTO											
HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA		INMERSION EN AGUA											
DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACÍS APOLINARIO		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACÍS APOLINARIO		287,73											
HOLCIM HE		HOLCIM HE		lit											
TEMA:		METODO DE DISEÑO:		AGUA / CEMENTO											
TIPO DE CEMENTO:		METODO DE CURADO:		INMERSION EN AGUA											
RESISTENCIA 210 kg/cm ²		CANTIDAD DE AGUA:		287,73											
RESISTENCIA 210 kg/cm ²		CANTIDAD DE AGUA:		287,73											
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO			PESO Kg	DENSIDAD Kg/m ³	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA					
			PROM. "D" (cm)	D2 (cm)	D1 (cm)					LONGITUD (cm)	AREA (cm ²)	RELACION L/D	kg/cm ²	PROMEDIO	
AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	15/04/2015	10,05	10,06	10,03	20,05	79,25	1,996	2,56	1611,15	18/04/2015	3	64,50	82,99	82,22
	2	15/04/2015	10,05	10,03	10,06	20,05	79,25	1,996	2,56	1611,15	18/04/2015	3	64,20	82,61	
	3	15/04/2015	10,05	10,04	10,05	20,04	79,25	1,995	2,57	1618,25	18/04/2015	3	63,00	81,06	
	4	15/04/2015	10,07	10,04	10,06	20,04	79,41	1,993	2,58	1621,32	22/04/2015	7	112,10	143,96	143,42
	5	15/04/2015	10,06	10,03	10,05	20,03	79,25	1,994	2,58	1625,36	22/04/2015	7	111,10	142,96	
	6	15/04/2015	10,03	10,06	10,05	20,05	79,25	1,996	2,59	1630,03	22/04/2015	7	111,40	143,34	
	7	15/04/2015	10,04	10,04	10,04	20,03	79,17	1,995	2,58	1626,98	13/05/2015	28	157,00	202,22	202,50
	8	15/04/2015	10,06	10,03	10,05	20,07	79,25	1,998	2,59	1628,41	13/05/2015	28	156,40	201,25	
	9	15/04/2015	10,02	10,04	10,03	20,07	79,01	2,001	2,57	1620,67	13/05/2015	28	158,10	204,04	
AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	1	15/04/1900	10,04	10,04	10,04	20,06	79,17	1,998	2,53	1593,06	18/04/1900	3	55,90	72,00	71,10
	2	15/04/1900	10,03	10,06	10,05	20,03	79,25	1,994	2,54	1600,16	18/04/1900	3	54,70	70,38	
	3	15/04/1900	10,05	10,02	10,04	20,07	79,09	2,000	2,55	1606,45	18/04/1900	3	55,00	70,91	
	4	15/04/1900	10,04	10,04	10,04	20,08	79,17	2,000	2,57	1616,64	22/04/1900	7	95,30	122,75	123,87
	5	15/04/1900	10,06	10,03	10,05	20,03	79,25	1,994	2,55	1606,46	22/04/1900	7	97,20	125,07	
	6	15/04/1900	10,05	10,03	10,04	20,04	79,17	1,996	2,57	1619,86	22/04/1900	7	96,10	123,78	
	7	15/04/1900	10,06	10,04	10,05	20,10	79,33	2,000	2,56	1605,54	13/05/1900	28	138,00	177,39	178,63
	8	15/04/1900	10,03	10,06	10,05	20,03	79,25	1,994	2,55	1606,46	13/05/1900	28	139,70	179,76	
	9	15/04/1900	10,03	10,03	10,03	20,07	79,01	2,001	2,56	1614,36	13/05/1900	28	138,50	178,75	
AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	1	15/04/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,52	1582,82	18/04/2015	3	48,10	61,83	62,30
	2	15/04/2015	10,05	10,04	10,05	20,03	79,25	1,994	2,53	1593,86	18/04/2015	3	49,80	64,08	
	3	15/04/2015	10,06	10,03	10,05	20,07	79,25	1,998	2,54	1596,97	18/04/2015	3	47,40	60,99	
	4	15/04/2015	10,04	10,04	10,04	20,08	79,17	2,000	2,52	1585,18	22/04/2015	7	84,60	108,97	108,66
	5	15/04/2015	10,05	10,05	10,05	20,03	79,33	1,993	2,55	1604,86	22/04/2015	7	83,90	107,85	
	6	15/04/2015	10,07	10,05	10,06	20,05	79,49	1,993	2,54	1593,80	22/04/2015	7	85,10	109,18	
	7	15/04/2015	10,06	10,04	10,05	20,03	79,33	1,993	2,53	1592,27	13/05/2015	28	122,00	156,83	156,28
	8	15/04/2015	10,04	10,05	10,05	20,03	79,25	1,994	2,53	1593,86	13/05/2015	28	121,10	155,82	
	9	15/04/2015	10,03	10,02	10,03	20,06	78,93	2,001	2,54	1604,15	13/05/2015	28	120,90	156,19	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR													

Anexo 4.29 Esfuerzo a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ Proporciones cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO $f'c$ kg/cm ²	
RESISTENCIA 210 kg/cm²	AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	82,99	2,325581395	82,22	45,57%	
			82,61				
			81,06				
		7	143,96	0,426483233	143,42	79,81%	
			142,96				
			143,34				
		28	202,22	0,893480868	202,50	112,85%	
			201,25				
			204,04				
	AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	3	72,00	1,511946645	71,10	39,70%	
			70,38				
			70,91				
		7	122,75	0,832466181	123,87	68,48%	
			125,07				
			123,78				
28		177,39	0,757189321	178,63	98,93%		
		179,76					
		178,75					
AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	3	61,83	1,357173805	62,30	34,12%		
		64,08					
		60,99					
	7	108,97	0,191084017	108,66	60,60%		
		107,85					
		109,18					
	28	156,83	0,406766902	156,28	86,95%		
		155,82					
		156,19					
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.30 Diseño de Hormigón liviano - Cantidad de cemento 40 A. Fino - 60 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON LIVIANO							
METODO DE DISEÑO:		Cantidad de cemento / Resistencia					
RESISTENCIA:		Variable			NORMA:		ACI 211.2
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal			TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE
CONSISTENCIA:		Plastica			TRABAJABILIDAD:		Trabajable
PROPORCION DE LOS AGREGADOS							
ARCILLA EXPANDIDA		60%		AGREGADO FINO		40%	
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			REVENIMIENTO	
TAMAÑO	Nº 7	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	375,00	Kg/m ³	P.V.S.	1245,00	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
% de absorcion	13,08%		% de absorcion	7,32%		δ ARENA	1245 Kg/m ³
δ relativa	1,05		δ relativa	1,55		δ PIEDRA	375 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
5	cm	Nº 7		217,30	Its	261,63	Its
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO		La cantidad de cemento varia según la resistencia				280,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =				270,00	Kg
AGREGADO FINO		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =				597,60	Kg
AGUA		Vol. de agua + porcentajes de absorcion				261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1409,23	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO		Peso / Densidad =				0,095	m ³
ARCILLA EXPANDIDA		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua)) *proporcion =				0,257	m ³
AGREGADO FINO		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua))*proporcion =				0,386	m ³
AGUA		Peso / Densidad =				0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN Kg PARA 12 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO		0,0016	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³
CEMENTO		280,00	Kg	*	0,0188	=	5,278 Kg
ARCILLA EXPANDIDA		270,00	Kg	*	0,0188	=	5,089 Kg
AGREGADO FINO		597,60	Kg	*	0,0188	=	11,265 Kg
AGUA		261,63	Kg	*	0,0188	=	4,932 Kg



PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					300,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					270,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					587,11	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1418,74	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,102	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,257	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,379	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	300,00	Kg	*		0,0188	=	5,655 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	270,00	Kg	*		0,0188	=	5,089 Kg
AGREGADO FINO	587,11	Kg	*		0,0188	=	11,067 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					350,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					270,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					560,87	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1442,50	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,119	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,257	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,362	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	350,00	Kg	*		0,0188	=	6,597 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	270,00	Kg	*		0,0188	=	5,089 Kg
AGREGADO FINO	560,87	Kg	*		0,0188	=	10,572 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO					

Anexo 4.31 Diseño de Hormigón liviano - Cantidad de cemento- 50 A. fino -50 A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida								
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario								
DISEÑO HORMIGON LIVIANO										
METODO DE DISEÑO:		Cantidad de cemento / Resistencia								
RESISTENCIA:		Variable				NORMA:		ACI 211.2		
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal				TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE		
CONSISTENCIA:		Plastica				TRABAJABILIDAD:		Trabajable		
PROPORCION DE LOS AGREGADOS										
ARCILLA EXPANDIDA			50%		AGREGADO FINO			50%		
DATOS DE LABORATORIO										
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			REVENIMIENTO				
TAMAÑO	Nº 7	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950	Kg/m ³		
P.V.S.	375,00	Kg/m ³	P.V.S.	1245,00	Kg/m ³	δ AGUA	1000	Kg/m ³		
% de absorcion		13,08%	% de absorcion		7,32%	δ ARENA	1245	Kg/m ³		
δ relativa		0,87	δ relativa		1,93	δ PIEDRA	375	Kg/m ³		
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA										
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO			VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO			
5	cm	Nº 7			217,30	Its	261,63	Its		
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON										
CEMENTO		La cantidad de cemento varia según la resistencia					280,00	Kg		
ARCILLA EXPANDIDA		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =					225,00	Kg		
AGREGADO FINO		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =					747,00	Kg		
AGUA		Vol. de agua + porcentajes de absorcion					261,63	Kg		
PESO POR M³ DE HORMIGON							1513,63	Kg		
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON										
CEMENTO		Peso / Densidad =					0,095	m ³		
ARCILLA EXPANDIDA		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua)) *proporcion =					0,257	m ³		
AGREGADO FINO		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua))*proporcion =					0,386	m ³		
AGUA		Peso / Densidad =					0,262	m ³		
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON							1,000	m ³		
CANTIDAD EN Kg PARA 12 CILINDROS										
VOL. DE CILINDRO		0,0016	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³		
CEMENTO		280,00	Kg	*		0,0188	=	5,278	Kg	
ARCILLA EXPANDIDA		225,00	Kg	*		0,0188	=	4,241	Kg	
AGREGADO FINO		747,00	Kg	*		0,0188	=	14,081	Kg	
AGUA		261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932	Kg	

PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					300,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					225,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					733,88	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1520,51	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,102	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,257	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,379	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	300,00	Kg	*		0,0188	=	5,655 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	225,00	Kg	*		0,0188	=	4,241 Kg
AGREGADO FINO	733,88	Kg	*		0,0188	=	13,833 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					350,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					225,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					701,09	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1537,72	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,119	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,257	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,362	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	350,00	Kg	*		0,0188	=	6,597 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	225,00	Kg	*		0,0188	=	4,241 Kg
AGREGADO FINO	701,09	Kg	*		0,0188	=	13,215 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO						

Anexo 4.32 Diseño de Hormigón liviano - Cantidad de cemento - 50 A. fino – 50 A. Grueso



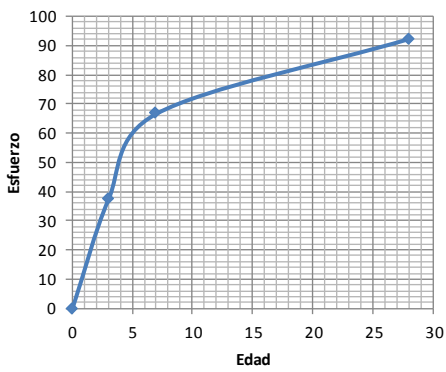
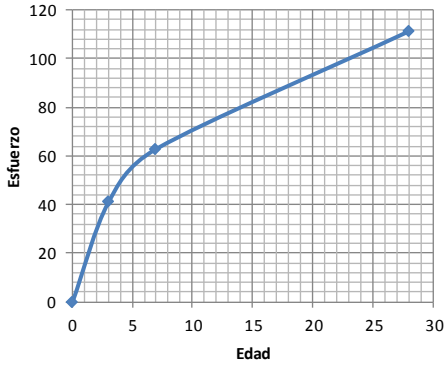
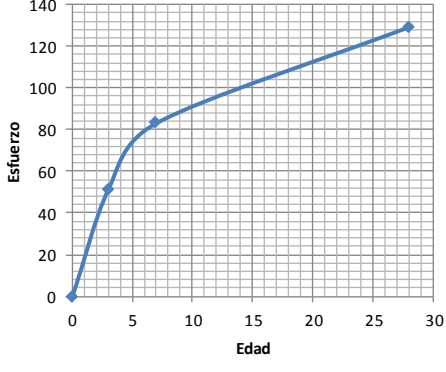
		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON LIVIANO							
METODO DE DISEÑO:		Cantidad de cemento / Resistencia					
RESISTENCIA:		Variable			NORMA:		ACI 211.2
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal			TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE
CONSISTENCIA:		Plastica			TRABAJABILIDAD:		Trabajable
PROPORCION DE LOS AGREGADOS							
ARCILLA EXPANDIDA		40%		AGREGADO FINO		60%	
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			REVENIMIENTO	
TAMAÑO	Nº 7	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	375,00	Kg/m ³	P.V.S.	1245,00	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
% de absorcion	13,08%		% de absorcion	7,32%		δ ARENA	1245 Kg/m ³
δ relativa	0,70		δ relativa	2,32		δ PIEDRA	375 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
5	cm	Nº 7		217,30	Its	261,63	Its
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					280,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =					896,40	Kg
AGUA	Vol. de agua + porcentajes de absorcion					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1618,03	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,095	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua)) *proporción =					0,257	m ³
AGREGADO FINO	(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua))*proporción =					0,386	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³	
CEMENTO	280,00	Kg	*	0,0188	=	5,278	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393	Kg
AGREGADO FINO	896,40	Kg	*	0,0188	=	16,897	Kg
AGUA	261,63	Kg	*	0,0188	=	4,932	Kg

PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					300,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					880,66	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1622,29	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,102	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,257	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,379	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	300,00	Kg	*		0,0188	=	5,655 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*		0,0188	=	3,393 Kg
AGREGADO FINO	880,66	Kg	*		0,0188	=	16,600 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					350,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					841,31	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1632,93	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,119	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,257	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,362	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	350,00	Kg	*		0,0188	=	6,597 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*		0,0188	=	3,393 Kg
AGREGADO FINO	841,31	Kg	*		0,0188	=	15,858 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO					



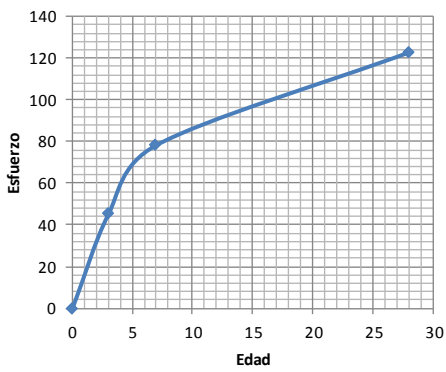
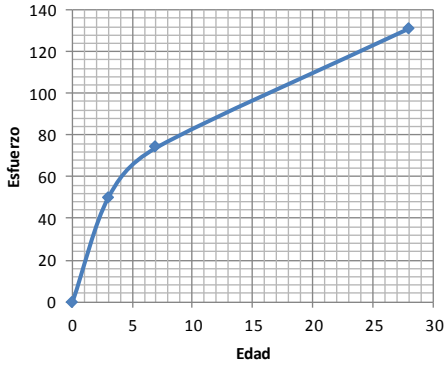
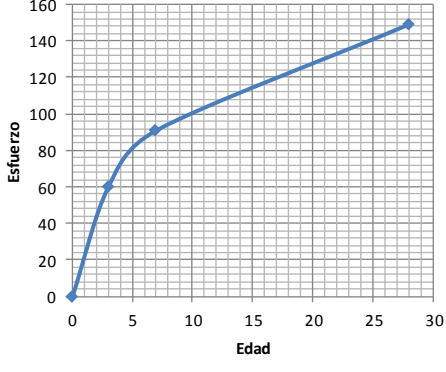
Anexo 4.33 Esfuerzo a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 40 A.fino - 60 A. grueso

IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO		N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO				RELACION L/D	PESO Kg	DENSIDAD Kg/m³	ROTURA									
				D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)				AREA (cm²)	FECHA	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA kg/cm²	RESISTENCIA PROMEDIO				
CANTIDAD DE CEMENTO = 280 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %		1	08/01/2015	10,04	10,02	10,03	20,05	79,01	1,999	2,84	1792,72	11/01/2015	3	28,90	37,30	37,38				
		2	08/01/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,83	1777,53	11/01/2015	3	29,00	37,28					
		3	08/01/2015	10,03	10,03	10,03	20,04	79,01	1,998	2,82	1780,98	11/01/2015	3	29,10	37,56					
		CANTIDAD DE CEMENTO = 300 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %		4	08/01/2015	10,04	10,04	10,04	20,04	79,17	1,996	2,84	1790,04	15/01/2015	7	51,80	66,72	66,78		
				5	08/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,07	79,33	1,997	2,82	1771,25	15/01/2015	7	51,90	66,72			
				6	08/01/2015	10,05	10,06	10,06	20,05	79,41	1,994	2,83	1777,53	15/01/2015	7	52,10	66,91			
				TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 9 cm		7	08/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,03	79,33	1,993	2,82	1774,79	05/02/2015	28	71,50	91,91	92,36
						8	08/01/2015	10,04	10,06	10,05	20,10	79,33	2,000	2,84	1781,15	05/02/2015	28	71,90	92,42	
						9	08/01/2015	10,03	10,05	10,04	20,07	79,17	1,999	2,84	1787,37	05/02/2015	28	72,00	92,74	
CANTIDAD DE CEMENTO = 350 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %						1	09/01/2015	10,03	10,04	10,04	20,04	79,09	1,997	2,80	1766,59	12/01/2015	3	32,10	41,39	40,95
						2	09/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,10	79,33	2,000	2,81	1762,33	12/01/2015	3	31,90	41,01	
						3	09/01/2015	10,05	10,03	10,04	20,07	79,17	1,999	2,79	1755,90	12/01/2015	3	31,40	40,44	
		TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 9 cm				4	09/01/2015	10,07	10,04	10,06	20,06	79,41	1,995	2,80	1757,81	16/01/2015	7	48,90	62,80	62,90
						5	09/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,07	79,33	1,997	2,80	1758,69	16/01/2015	7	49,00	62,99	
						6	09/01/2015	10,05	10,06	10,06	20,06	79,41	1,995	2,81	1764,09	16/01/2015	7	49,00	62,92	
				CANTIDAD DE CEMENTO = 350 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %		7	09/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,10	79,33	2,000	2,81	1762,33	06/02/2015	28	85,80	110,29	111,05
						8	09/01/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,81	1764,97	06/02/2015	28	86,20	110,81	
						9	09/01/2015	10,02	10,05	10,04	20,04	79,09	1,997	2,80	1766,59	06/02/2015	28	86,90	112,04	
TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 9 cm						1	10/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,06	79,25	1,997	2,75	1729,86	13/01/2015	3	40,90	52,63	51,48
						2	10/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,10	79,33	2,000	2,72	1705,89	13/01/2015	3	40,20	51,68	
						3	10/01/2015	10,07	10,03	10,05	20,07	79,33	1,997	2,76	1733,56	13/01/2015	3	39,00	50,13	
		CANTIDAD DE CEMENTO = 350 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %				4	07/01/2015	10,04	10,04	10,04	20,08	79,17	2,000	2,78	1748,73	14/01/2015	7	64,00	82,43	83,19
						5	10/01/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,76	1733,56	17/01/2015	7	64,80	83,30	
						6	07/01/2015	10,06	10,02	10,04	20,03	79,17	1,995	2,74	1727,87	14/01/2015	7	65,10	83,85	
				TEMPERATURA 30 °C REVENIMIENTO 8 cm		7	07/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,09	79,33	1,999	2,76	1731,84	04/02/2015	28	101,00	129,83	129,19
						8	10/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,10	79,33	2,000	2,75	1724,70	07/02/2015	28	100,50	129,19	
						9	07/01/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,75	1727,28	04/02/2015	28	100,00	128,55	
REVISADO POR:						ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR														

Anexo 4.34 Resumen de resistencias a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 40 A. fino - 60 A. grueso

		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f'c kg/cm ²	
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 280 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	3	37,30	0,687285223	37,38	20,79%	
			37,28				
			37,56				
		7	66,72	0,278509598	66,78	37,12%	
			66,72				
			66,91				
		28	91,91	0,891969121	92,36	51,29%	
			92,42				
			92,74				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 300 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	3	41,39	2,278090694	40,95	22,73%	
			41,01				
			40,44				
		7	62,80	0,204081633	62,90	34,92%	
			62,99				
			62,92				
		28	110,29	1,560331725	111,05	61,76%	
			110,81				
			112,04				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 350 kg AGREGADO FINO = 40 % ARCILLA EXPANDIDA = 60 %	3	52,63	4,740333293	51,48	28,54%	
			51,68				
			50,13				
		7	82,43	1,689708141	83,19	46,19%	
			83,30				
			83,85				
		28	129,83	0,99009901	129,19	71,77%	
			129,19				
			128,55				
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					



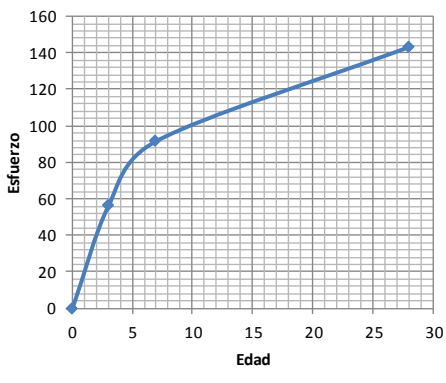
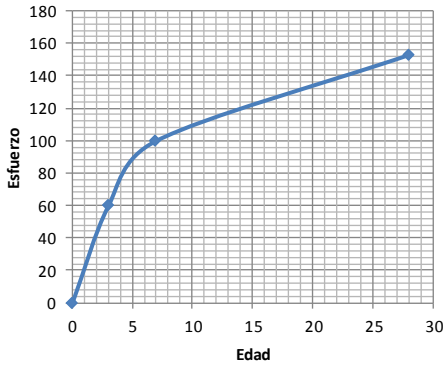
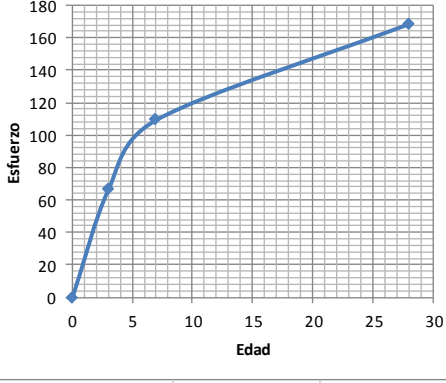
Anexo 4.36 Resumen de resistencias a la compresión Hormigón liviano -Cantidad de cemento- 50 A.fino-50A. Grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f'c kg/cm ²	
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 280 kg AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	3	46,07	3,370470136	45,15	25,17%	
			44,86				
			44,52				
		7	79,31	2,496198295	78,22	43,51%	
			78,03				
			77,33				
		28	122,36	0,40876973	122,49	68,12%	
			122,25				
			122,86				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 300 kg AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	3	51,01	2,175316591	50,26	28,03%	
			49,88				
			49,90				
		7	76,69	7,064325411	74,13	41,10%	
			74,43				
			71,27				
		28	130,73	0,688888869	131,12	72,88%	
			130,99				
			131,64				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 350 kg AGREGADO FINO = 50 % ARCILLA EXPANDIDA = 50 %	3	60,67	2,153320864	60,11	33,34%	
			60,29				
			59,37				
		7	90,16	1,685393258	91,00	50,52%	
			91,14				
			91,71				
		28	149,50	0,74841242	148,87	82,74%	
			148,73				
			148,38				
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					



Anexo 4.37 Esfuerzo a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 60 A.fino - 40 A. grueso

UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		ESFUERZO A LA COMPRESION (ASTM C39-96/INEN 1573)													
HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA DIANA YAGUAL VERA - DA NIEL VILLACIS A POLINARIO LAFARGE - SELVA ALEGRE		METODO DE DISEÑO: CANT. CEMENTO / RESISTENCIA													
TIPO DE CEMENTO: LAFARGE - SELVA ALEGRE		METODO DE CURADO: INMERSION EN AGUA													
RESISTENCIA VARIA SEGUN LA CANTIDAD DE CEMENTO		CANTIDAD DE AGUA: 261,63 lt													
IDENTIFICACION DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO			PESO Kg	DENSIDAD Kg/m³	RELACION L/D	AREA (cm²)	LONGITUD (cm)	PROM. "D" (cm)	ROTURA			
			D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)							CARGA kN	RESISTENCIA kg/cm²	RESISTENCIA PROMEDIO	
CANTIDAD DE CEMENTO = 280 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	09/01/2015	10,03	10,05	10,04	20,08	79,17	2,00	2,66	1673,25	3	12/01/2015	44,50	57,32	56,32
	2	09/01/2015	10,05	10,04	10,05	20,04	79,25	2,00	2,67	1681,22	3	12/01/2015	43,80	56,36	
	3	09/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,04	79,33	1,99	2,67	1679,54	3	12/01/2015	43,00	55,27	
	4	09/01/2015	10,05	10,07	10,06	20,04	79,49	1,99	2,65	1663,65	7	16/01/2015	72,10	92,50	
	5	09/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,07	79,25	2,00	2,69	1691,28	7	16/01/2015	71,50	92,00	
	6	09/01/2015	10,05	10,03	10,04	20,10	79,17	2,00	2,68	1684,15	7	16/01/2015	71,00	91,45	
	7	09/01/2015	10,06	10,04	10,05	20,03	79,33	1,99	2,68	1686,68	28	06/02/2015	110,00	141,40	
	8	09/01/2015	10,05	10,04	10,05	20,10	79,25	2,00	2,68	1682,48	28	06/02/2015	111,10	142,96	
	9	09/01/2015	10,02	10,02	10,02	20,07	78,85	2,00	2,67	1687,09	28	06/02/2015	113,00	146,13	
CANTIDAD DE CEMENTO = 300 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	10/01/2015	10,03	10,04	10,04	20,06	79,09	2,00	2,66	1676,59	3	13/01/2015	47,00	60,60	59,90
	2	10/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,10	79,25	2,00	2,66	1669,92	3	13/01/2015	46,50	59,83	
	3	10/01/2015	10,04	10,06	10,05	20,04	79,33	1,99	2,67	1679,54	3	13/01/2015	46,10	59,26	
	4	10/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,05	79,25	2,00	2,67	1680,38	7	17/01/2015	77,50	99,72	
	5	10/01/2015	10,05	10,04	10,05	20,07	79,25	2,00	2,65	1666,13	7	17/01/2015	77,90	100,24	
	6	10/01/2015	10,03	10,06	10,05	20,03	79,25	1,99	2,62	1650,56	7	17/01/2015	78,00	100,37	
	7	10/01/2015	10,06	10,05	10,06	20,05	79,41	1,99	2,64	1658,19	28	07/02/2015	118,70	152,43	
	8	10/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,10	79,25	2,00	2,67	1676,20	28	07/02/2015	115,80	149,00	
	9	10/01/2015	10,03	10,04	10,04	20,07	79,09	2,00	2,68	1688,35	28	07/02/2015	122,00	157,30	
CANTIDAD DE CEMENTO = 350 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	11/01/2015	10,02	10,02	10,02	20,06	78,85	2,00	2,63	1662,64	3	14/01/2015	52,10	67,37	66,51
	2	11/01/2015	10,05	10,04	10,05	20,07	79,25	2,00	2,61	1640,98	3	14/01/2015	51,60	66,40	
	3	11/01/2015	10,04	10,03	10,04	20,10	79,09	2,00	2,61	1641,80	3	14/01/2015	51,00	65,75	
	4	11/01/2015	10,07	10,05	10,06	20,07	79,49	2,00	2,61	1636,09	7	18/01/2015	84,90	108,92	
	5	11/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,10	79,25	2,00	2,61	1638,53	7	18/01/2015	84,90	109,24	
	6	11/01/2015	10,05	10,02	10,04	20,05	79,09	2,00	2,61	1645,89	7	18/01/2015	85,60	110,36	
	7	11/01/2015	10,04	10,05	10,05	20,10	79,25	2,00	2,61	1638,53	28	08/02/2015	129,50	166,63	
	8	11/01/2015	10,05	10,04	10,05	20,07	79,25	2,00	2,61	1640,98	28	08/02/2015	131,50	169,21	
	9	11/01/2015	10,02	10,04	10,03	20,08	79,01	2,002	2,62	1651,38	28	08/02/2015	131,50	169,71	
REVISADO POR:												ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR			

Anexo 4.38 Resumen de resistencia a la compresión -Hormigón liviano - contenido de cemento- 60 A. fino - 40 A. grueso

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f'c kg/cm ²	
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 280 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	57,32	3,562987789	56,32	31,28%	
			56,36				
			55,27				
		7	92,50	1,13293999	91,98	51,10%	
			92,00				
			91,45				
		28	141,40	3,235164818	143,50	79,87%	
			142,96				
			146,13				
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 300 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	60,60	2,207466478	59,90	33,29%	
			59,83				
			59,26				
		7	99,72	0,641025641	100,11	55,58%	
			100,24				
			100,37				
		28	152,43	3,091584643	152,91	86,04%	
			149,00				
			157,30				
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 350 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	67,37	2,403747441	66,51	36,98%	
			66,40				
			65,75				
		7	108,92	1,310097987	109,51	60,91%	
			109,24				
			110,36				
		28	166,63	1,814806701	168,52	93,43%	
			169,21				
			169,71				
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.39 Diseño de Hormigón liviano -Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso (Arena triturada)



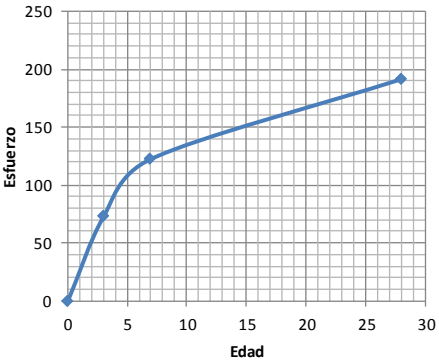
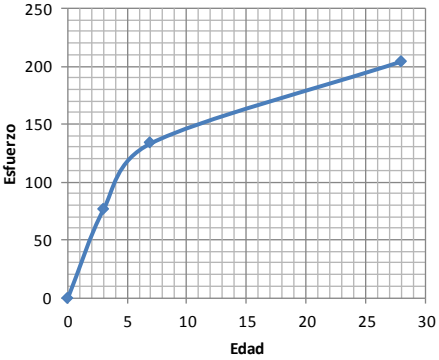
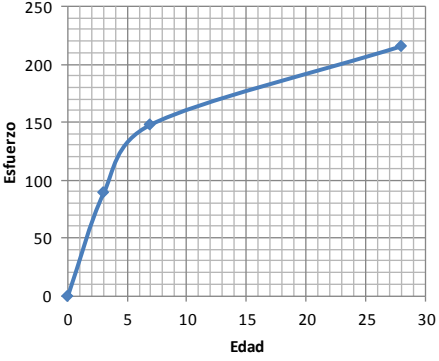
		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON LIVIANO CON ARENA TRITURADA							
METODO DE DISEÑO:		Cantidad de cemento / Resistencia					
RESISTENCIA:		Variable			NORMA:		ACI 211.2
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal			TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE
CONSISTENCIA:		Plastica			TRABAJABILIDAD:		Trabajable
PROPORCION DE LOS AGREGADOS							
ARCILLA EXPANDIDA		40%		AGREGADO FINO		60%	
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			REVENIMIENTO	
TAMAÑO	Nº 7	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950 Kg/m ³
P.V.S.	375,00	Kg/m ³	P.V.S.	1245,00	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
% de absorcion		13,08%	% de absorcion		7,32%	δ ARENA	1245 Kg/m ³
δ relativa		0,75	δ relativa		2,48	δ PIEDRA	375 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
5		cm		Nº 7		217,30 lts 261,63 lts	
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO		La cantidad de cemento varia según la resistencia				400,00 Kg	
ARCILLA EXPANDIDA		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =				180,00 Kg	
AGREGADO FINO		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =				896,40 Kg	
AGUA		Vol. de agua + porcentajes de absorcion				261,63 Kg	
PESO POR M³ DE HORMIGON						1738,03 Kg	
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO		Peso / Densidad =				0,136 m ³	
ARCILLA EXPANDIDA		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua)) *proporcion =				0,241 m ³	
AGREGADO FINO		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua))*proporcion =				0,362 m ³	
AGUA		Peso / Densidad =				0,262 m ³	
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000 m ³	
CANTIDAD EN KG PARA 12 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO		0,0016	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³
CEMENTO		400,00	Kg	*	0,0188	=	7,540 Kg
ARCILLA EXPANDIDA		180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393 Kg
AGREGADO FINO		896,40	Kg	*	0,0188	=	16,897 Kg
AGUA		261,63	Kg	*	0,0188	=	4,932 Kg

PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON						
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia				450,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000				180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000				854,39	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad				261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON					1746,02	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON						
CEMENTO	Peso / Densidad =				0,153	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior				0,241	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =				0,345	m ³
AGUA	Peso / Densidad =				0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON					1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS						
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³
CEMENTO	450,00	Kg	*	0,0188	=	8,482 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393 Kg
AGREGADO FINO	854,39	Kg	*	0,0188	=	16,105 Kg
AGUA	261,63	Kg	*	0,0188	=	4,932 Kg
PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON						
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia				500,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000				180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000				812,38	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad				261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON					1754,01	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON						
CEMENTO	Peso / Densidad =				0,169	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior				0,241	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =				0,328	m ³
AGUA	Peso / Densidad =				0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON					1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS						
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³
CEMENTO	500,00	Kg	*	0,0188	=	9,425 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393 Kg
AGREGADO FINO	812,38	Kg	*	0,0188	=	15,313 Kg
AGUA	261,63	Kg	*	0,0188	=	4,932 Kg
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO					



Anexo 4.40 Esfuerzo a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso (Arena triturada)

IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO		N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO				PESO Kg	DENSIDAD Kg/m³	ROTURA										
				D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)			AREA (cm²)	RELACION L/D	FECHA	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA Kg/cm²	RESISTENCIA PROMEDIO				
CANTIDAD DE CEMENTO = 400 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C	1	07/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,60	1633,07	10/05/2015	3	55,60	71,47	72,72				
		2	07/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,62	1649,73	10/05/2015	3	56,70	73,03					
		3	07/05/2015	10,06	10,04	10,05	20,05	79,33	1,995	2,62	1647,27	10/05/2015	3	57,30	73,66					
		CANTIDAD DE CEMENTO = 450 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C	4	07/05/2015	10,05	10,05	10,05	20,04	79,33	1,994	2,67	1679,54	14/05/2015	7	92,80	119,29	122,50		
				5	07/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,07	79,17	1,999	2,67	1680,38	14/05/2015	7	94,80	122,10			
				6	07/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,05	79,33	1,995	2,69	1691,28	14/05/2015	7	98,10	126,10			
				CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C	7	07/05/2015	10,05	10,07	10,06	20,07	79,49	1,995	2,68	1679,97	04/06/2015	28	149,30	191,54	191,14
						8	07/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,67	1681,21	04/06/2015	28	148,39	191,13	
						9	07/05/2015	10,04	10,04	10,04	20,06	79,17	1,998	2,67	1681,21	04/06/2015	28	148,10	190,76	
CANTIDAD DE CEMENTO = 450 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C					1	06/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,61	1643,43	09/05/2015	3	58,70	75,61	76,46
						2	06/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,07	79,17	1,999	2,62	1648,91	09/05/2015	3	59,30	76,38	
						3	06/05/2015	10,06	10,04	10,05	20,05	79,33	1,995	2,63	1653,56	09/05/2015	3	60,20	77,38	
		CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C			4	06/05/2015	10,07	10,06	10,065	20,03	79,56	1,990	2,68	1681,65	13/05/2015	7	103,60	132,78	133,52
						5	06/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,07	79,17	1,999	2,64	1661,50	13/05/2015	7	103,90	133,83	
						6	06/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,05	79,33	1,995	2,60	1634,70	13/05/2015	7	104,20	133,95	
				CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C	7	06/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,03	79,17	1,995	2,68	1690,04	03/06/2015	28	157,80	203,25	203,82
						8	06/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,07	79,17	1,999	2,67	1680,38	03/06/2015	28	157,90	203,38	
						9	06/05/2015	10,02	10,04	10,03	20,06	79,01	2,000	2,67	1684,57	03/06/2015	28	158,70	204,82	
CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C					1	05/05/2015	10,05	10,04	10,045	20,07	79,25	1,998	2,68	1684,99	08/05/2015	3	68,50	88,14	88,63
						2	05/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,64	1662,32	08/05/2015	3	68,90	88,74	
						3	05/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,62	1649,73	08/05/2015	3	69,10	89,00	
		CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C			4	05/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,62	1649,73	12/05/2015	7	114,70	147,74	148,12
						5	05/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,65	1668,62	12/05/2015	7	114,80	147,87	
						6	05/05/2015	10,06	10,03	10,05	20,04	79,25	1,995	2,67	1681,22	12/05/2015	7	115,60	148,75	
				CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	°C	7	05/05/2015	10,06	10,05	10,06	20,07	79,41	1,996	2,61	1637,72	02/06/2015	28	165,90	213,05	215,52
						8	05/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,63	1656,03	02/06/2015	28	167,80	216,13	
						9	05/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,66	1670,75	02/06/2015	28	169,10	217,37	
REVISADO POR:						ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR														

Anexo 4.41 Resumen de resistencias a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso (Arena triturada)

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO f'c kg/cm ²	
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 400 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	71,47	2,966841187	72,72	34,55%	
			73,03				
			73,66				
		7	119,29	5,402650357	122,50	58,43%	
			122,10				
			126,10				
		28	191,54	0,408153028	191,14	91,02%	
			191,13				
			190,76				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 450 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	75,61	2,297357967	76,46	36,43%	
			76,38				
			77,38				
		7	132,78	0,871941216	133,52	63,51%	
			133,83				
			133,95				
		28	203,25	0,765082599	203,82	97,16%	
			203,38				
			204,82				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	88,14	0,966969839	88,63	42,18%	
			88,74				
			89,00				
		7	147,74	0,679695956	148,12	70,59%	
			147,87				
			148,75				
		28	213,05	1,989918107	215,52	102,48%	
			216,13				
			217,37				
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					



Anexo 4.42 Diseño de Hormigón patrón Arena de Río $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON CON ARENA DE RIO $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$							
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Agregado grueso 40%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		$f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:		Vibración Normal		TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE	
CONSISTENCIA:		plástica		TRABAJABILIDAD:		Trabajable	
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2950 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	0,0		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	7,20		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		249,92	lts	286,20	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m ³	
8	cm	0,60		286,20		477,00	lts
CALCULO DE AGREGADOS POR M ³ DE HORMIGON ($V= P/\delta$)							
CEMENTO	477 Kg				0,162 m ³	162 dm ³	
	2950 Kg/m ³						
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$				0,218 m ³	218 dm ³	
AGUA	286 lts				0,286 m ³	286 dm ³	
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%				0,015 m ³	15 dm ³	
ARENA	$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$				0,319 m ³	319 dm ³	
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		218 dm ³		319 dm ³		537 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		215 dm ³		322 dm ³		537 dm ³	
PESO EN Kg POR M ³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2950 Kg/m ³	*	0,162 m ³	=	477 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,215 m ³	=	507 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,322 m ³	=	608 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,286 m ³	=	286 lts.		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1878	Kg
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	477 Kg	/	50 Kg	9,54			
No SACOS - CEMENTO	477 Kg	/	50 Kg	10	Sacos		
PIEDRA	507 Kg	/	9,54	53,11	Kg		
ARENA	608 Kg	/	9,54	63,74	Kg		
AGUA	286 lts	/	9,54	30,00	lts		
VOLUMEN DE MATERIALES POR M ³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032	m ³		
PIEDRA	53,1 Kg	/	1137 Kg/m ³	0,047	m ³		
ARENA	63,7 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,051	m ³		
AGUA	30,00 lts			30,00	lts		
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,024	No. De cilindros	12	
CEMENTO	477 Kg	*	0,024 m ³	=	11,24	Kg	
AGUA	286 lts	*	0,024 m ³	=	6,74	lts	
ARENA	608 Kg	*	0,024 m ³	=	14,33	Kg	
PIEDRA	507 Kg	*	0,024 m ³	=	11,94	Kg	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR						



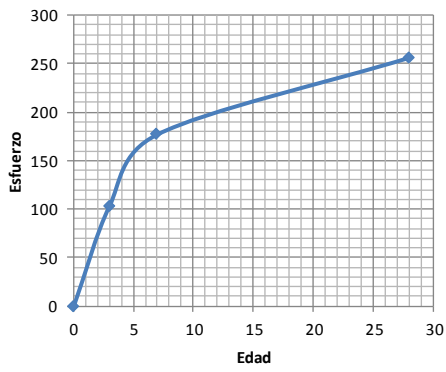
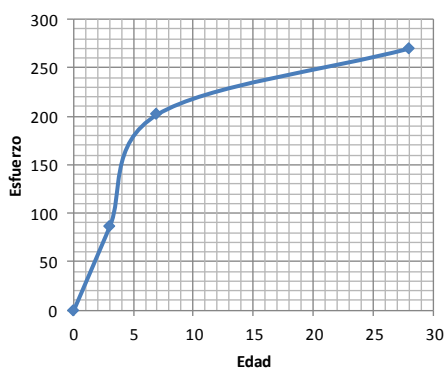
Anexo 4.43 Diseño de Hormigón patrón con Cemento HE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON PATRON CON CEMENTO HE							
PROPORCION:		Agregado fino 60% - Agregado grueso 40%		METODO DE DISEÑO:		Agua / Cemento	
RESISTENCIA:		$f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$		NORMA:		ACI 211.1	
METODO DE COMPACTACION:				Vibracion Normal		TIPO DE CEMENTO:	
CONSISTENCIA:				plastica		TRABAJABILIDAD:	
				Trabajable			
DATOS DE LABORATORIO							
AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO			DENSIDADES	
D.S.S.S.	2358	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ_{CEMENTO}	2900 Kg/m ³
P.V.S.	1137	Kg/m ³	P.V.S.	1245	Kg/m ³	δ_{AGUA}	1000 Kg/m ³
P.V.V.	1284	Kg/m ³	M.F.	0,0		δ_{ARENA}	1887 Kg/m ³
% DE ABSORCION	7,20		% DE ABSORCION	7,32		δ_{PIEDRA}	2358 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
8	cm	Nº 9		249,92	lts	286,20	lts
CALCULO DE CANTIDAD DE CEMENTO							
REVENIMIENTO		A / C		VOL. DE AGUA CORREGIDO		CEMENTO POR m³	
8	cm	0,60		286,20		477,00 lts	
CALCULO DE AGREGADOS POR M³ DE HORMIGON (V= P/δ)							
CEMENTO	477 Kg				0,164 m ³	164 dm ³	
	2900 Kg/m ³						
PIEDRA	$\frac{P.V.V * V.A.G}{D.S.S.S}$				0,218 m ³	218 dm ³	
AGUA	286 lts				0,286 m ³	286 dm ³	
	1000 Kg/m ³						
AIRE	1,5%				0,015 m ³	15 dm ³	
ARENA	$1000 - V_{\text{cimento}} - V_{\text{piedra}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$				0,317 m ³	317 dm ³	
CORRECCION ACI							
		PIEDRA		ARENA		TOTAL	
VOLUMEN CALCULADO		218 dm ³		317 dm ³		534 dm ³	
VOLUMEN CORREGIDO		214 dm ³		321 dm ³		534 dm ³	
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON (SI REQUIERE CORRECCION DEL ACI).							
CEMENTO	2900 Kg/m ³	*	0,164 m ³	=	477 Kg		
PIEDRA	2358 Kg/m ³	*	0,214 m ³	=	504 Kg		
ARENA	1887 Kg/m ³	*	0,321 m ³	=	605 Kg		
AGUA	1000 Kg/m ³	*	0,286 m ³	=	286 lts.		
PESO POR M³ DE HORMIGON						1872 Kg	
CANTIDAD DE MATERIALES POR SACO CEMENTO DE 50KG							
COEFICIENTE	477 Kg	/	50 Kg	9,54			
No SACOS - CEMENTO	477 Kg	/	50 Kg	10		Sacos	
PIEDRA	504 Kg	/	9,54	52,84		Kg	
ARENA	605 Kg	/	9,54	63,40		Kg	
AGUA	286 lts	/	9,54	30,00		lts	
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
1 SACO - CEMENTO	(0,4*0,4*0,2)			0,032		m ³	
PIEDRA	52,8 Kg	/	1137 Kg/m ³	0,046		m ³	
ARENA	63,4 Kg	/	1245 Kg/m ³	0,051		m ³	
AGUA	30,00 lts			30,00		lts	
PESO EN KG PARA EL TOTAL DE CILINDROS							
VOLUMEN DE CILINDRO	0,00196	m ³	VOLUMEN CORREGIDO	0,024	No. De cilindros	12	
CEMENTO	477 Kg	*	0,024 m ³	=	11,24		Kg
AGUA	286 lts	*	0,024 m ³	=	6,74		Lts
ARENA	605 Kg	*	0,024 m ³	=	14,25		Kg
PIEDRA	504 Kg	*	0,024 m ³	=	11,88		Kg
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.44 Esfuerzo a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso cemento HE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL						ESFUERZO A LA COMPRESIÓN (ASTM C39-96/INEN 1573)									
						HORMIGON PATRON									
TEMA:		HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA													
TESTISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO													
TIPO DE CEMENTO:		HOLCIM HE / SELVALEGRE													
METODO DE DISEÑO:		AGUA / CEMENTO													
METODO DE CURADO:		INMERSION EN AGUA													
CANTIDAD DE AGUA:		249,92 lt													
IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO				PESO Kg	DENSIDAD Kg/m³	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA				
			D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)					AREA (cm²)	RELACION L/D	kg/cm²	PROMEDIO	
RESISTENCIA 210 kg/cm² ARENA TRITURADA = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	1	30/12/2014	10,07	10,04	10,055	20,05	79,41	1,994	3,57	2242,33	02/01/2015	3	81,90	105,17	103,45
	2	30/12/2014	10,05	10,07	10,06	20,05	79,49	1,993	3,52	2208,73	02/01/2015	3	79,10	101,48	
	3	30/12/2014	10,04	10,04	10,04	20,04	79,17	1,996	3,51	2212,34	02/01/2015	3	80,50	103,69	
	4	30/12/2014	10,07	10,04	10,055	20,05	79,41	1,994	3,52	2210,93	06/01/2015	7	137,90	177,09	176,70
	5	30/12/2014	10,07	10,05	10,06	20,05	79,49	1,993	3,56	2233,83	06/01/2015	7	136,50	175,12	
	6	30/12/2014	10,08	10,02	10,05	20,07	79,33	1,997	3,58	2248,61	06/01/2015	7	138,40	177,91	
	7	30/12/2014	10,05	10,04	10,045	20,07	79,25	1,998	3,55	2231,98	27/01/2015	28	199,10	256,19	255,30
	8	30/12/2014	10,07	10,07	10,07	20,05	79,64	1,991	3,57	2235,66	27/01/2015	28	198,40	254,02	
	9	30/12/2014	10,07	10,07	10,07	20,10	79,64	1,996	3,56	2223,85	27/01/2015	28	199,70	255,69	
RESISTENCIA 210 kg/cm² ARENA "EL TRIUNFO" = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	1	22/04/2015	10,03	10,02	10,03	20,04	78,93	1,999	3,62	2288,51	25/04/2015	3	67,70	87,46	86,17
	2	22/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,05	79,41	1,994	3,64	2286,30	25/04/2015	3	67,80	87,07	
	3	22/04/2015	10,04	10,04	10,04	20,05	79,17	1,997	3,63	2286,84	25/04/2015	3	65,20	83,98	
	4	22/04/2015	10,05	10,05	10,05	20,05	79,33	1,995	3,66	2301,15	29/04/2015	7	123,70	159,01	160,07
	5	22/04/2015	10,07	10,07	10,07	20,05	79,64	1,991	3,65	2285,75	29/04/2015	7	124,60	159,53	
	6	22/04/2015	10,05	10,06	10,06	20,07	79,41	1,996	3,64	2284,02	29/04/2015	7	125,90	161,68	
	7	22/04/2015	10,07	10,06	10,07	20,04	79,56	1,991	3,65	2289,17	20/05/2015	28	174,00	223,00	222,81
	8	22/04/2015	10,06	10,05	10,06	20,05	79,41	1,994	3,66	2298,86	20/05/2015	28	175,40	225,25	
	9	22/04/2015	10,02	10,04	10,03	20,06	79,01	2,000	3,67	2315,49	20/05/2015	28	170,60	220,18	
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR														

Anexo 4.45 Resumen de resistencia a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A.
Grueso cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO			PROMEDIO Fc kg/cm ²	
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²		
HORMIGON PATRON	RESISTENCIA 210 kg/cm ² ARENA TRITURADA = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	3	105,17	1,415485307	103,45	49,73%	
			101,48				
			103,69				
		7	177,09	0,460340751	176,70	84,52%	
			175,12				
			177,91				
	28	256,19	0,196046335	255,30	121,88%		
		254,02					
		255,69					
	RESISTENCIA 210 kg/cm ² ARENA DE "EL TRIUNFO" = 60 % AGREGADO GRUESO = 40 %	3	87,46	3,980317849	86,17	40,82%	
			87,07				
			83,98				
7		221,08	2,128694522	202,17	106,42%		
		159,53					
		225,89					
28		299,90	5,067407066	269,95	139,19%		
		225,25					
		284,70					
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.46 Diseño de Hormigón liviano con cemento HE



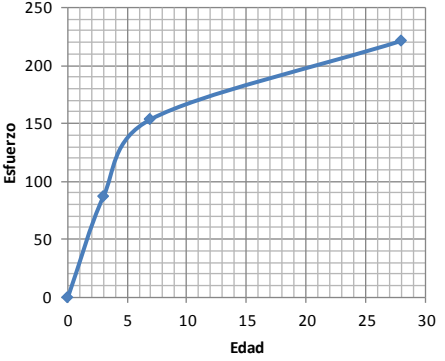
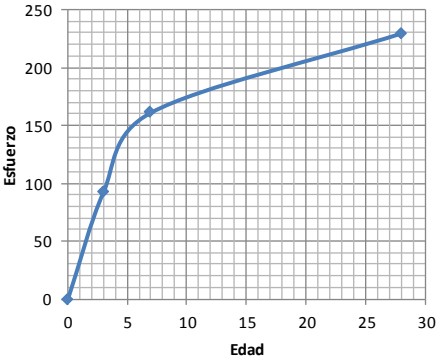
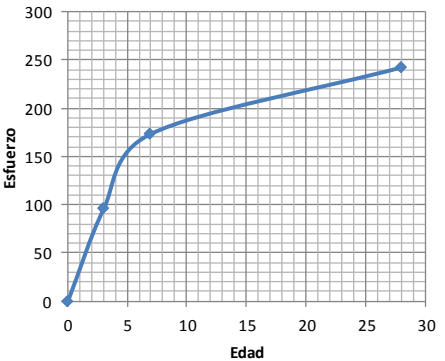
		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida					
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario					
DISEÑO HORMIGON LIVIANO CON CEMENTO HE							
METODO DE DISEÑO:		Cantidad de cemento / Resistencia					
RESISTENCIA:		Variable			NORMA:		ACI 211.2
METODO DE COMPACTACION:		Vibración Normal			TIPO DE CEMENTO:		HOLCIM HE
CONSISTENCIA:		Plástica			TRABAJABILIDAD:		Trabajable
PROPORCION DE LOS AGREGADOS							
ARCILLA EXPANDIDA		40%		AGREGADO FINO		60%	
DATOS DE LABORATORIO							
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			REVENIMIENTO	
TAMAÑO	Nº 7	Kg/m ³	D.S.S.S.	1887	Kg/m ³	δ CEMENTO	2900 Kg/m ³
P.V.S.	375,00	Kg/m ³	P.V.S.	1245,00	Kg/m ³	δ AGUA	1000 Kg/m ³
% de absorción		13,08%	% de absorción		7,32%	δ ARENA	1245 Kg/m ³
δ relativa		0,75	δ relativa		2,49	δ PIEDRA	375 Kg/m ³
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA							
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO		VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO	
5 cm		Nº 7		217,30 lts		261,63 lts	
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varía según la resistencia					400,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. total x proporción del agregado x P.V.S =					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. total x proporción del agregado x P.V.S =					896,40	Kg
AGUA	Vol. de agua + porcentajes de absorción					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1738,03	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,138	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua)) *proporción =					0,240	m ³
AGREGADO FINO	(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua))*proporción =					0,360	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN Kg PARA 12 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,0016	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	400,00	Kg	*	0,0188	=	7,540	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393	Kg
AGREGADO FINO	896,40	Kg	*	0,0188	=	16,897	Kg
AGUA	261,63	Kg	*	0,0188	=	4,932	Kg

PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					450,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					853,50	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1745,13	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,155	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,240	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,343	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³	
CEMENTO	450,00	Kg	*		0,0188	=	8,482 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*		0,0188	=	3,393 Kg
AGREGADO FINO	853,50	Kg	*		0,0188	=	16,088 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					500,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					810,60	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					261,63	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						1752,23	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,172	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,240	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,326	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,262	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³	
CEMENTO	500,00	Kg	*		0,0188	=	9,425 Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*		0,0188	=	3,393 Kg
AGREGADO FINO	810,60	Kg	*		0,0188	=	15,280 Kg
AGUA	261,63	Kg	*		0,0188	=	4,932 Kg
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO						



Anexo 4.47 Esfuerzo a la compresión- Contenido de cemento - Cemento HE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL													
ESFUERZO A LA COMPRESION (ASTM C39-96/INEN 1573)		ESFUERZO A LA COMPRESION (ASTM C39-96/INEN 1573)													
HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS A POLINARIO HOLCIM HE		HORMIGON LIVIANO ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS A POLINARIO HOLCIM HE													
TEMA: TESISTAS: TIPO DE CEMENTO:		METODO DE DISEÑO: METODO DE CURADO: CANTIDAD DE AGUA:													
		CANT. CEMENTO / RESISTENCIA INMERSION EN AGUA 261,63 lt													
RESISTENCIA VARIA SEGUN LA CANTIDAD DE CEMENTO															
IDENTIFICACION DEL CILINDRO	N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO				PESO Kg	DENSIDAD Kg/m³	ROTURA						
			D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)	LONGITUD (cm)			AREA (cm²)	RELACION L/D	FECHA	EDAD (días)	CARGA kN	RESISTENCIA kg/cm²	PROMEDIO
CANTIDAD DE CEMENTO = 400 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	08/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,64	1658,19	11/05/2015	3	68,60	88,18	87,30
	2	08/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,62	1649,73	11/05/2015	3	67,70	87,20	
	3	08/05/2015	10,06	10,04	10,05	20,05	79,33	1,995	2,62	1647,27	11/05/2015	3	67,30	86,51	
	4	08/05/2015	10,05	10,05	10,05	20,04	79,33	1,994	2,64	1660,67	15/05/2015	7	118,80	152,71	153,80
	5	08/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,07	79,17	1,999	2,67	1680,38	15/05/2015	7	120,80	155,59	
	6	08/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,05	79,33	1,995	2,65	1666,13	15/05/2015	7	119,10	153,10	
	7	08/05/2015	10,05	10,07	10,06	20,07	79,49	1,995	2,65	1661,16	05/06/2015	28	172,30	221,04	221,16
	8	08/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,67	1681,21	05/06/2015	28	172,39	222,04	
	9	08/05/2015	10,04	10,04	10,04	20,06	79,17	1,998	2,64	1662,32	05/06/2015	28	171,10	220,38	
CANTIDAD DE CEMENTO = 450 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	08/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,66	1674,92	11/05/2015	3	72,70	93,64	92,76
	2	08/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,07	79,17	1,999	2,62	1648,91	11/05/2015	3	71,30	91,84	
	3	08/05/2015	10,06	10,04	10,05	20,05	79,33	1,995	2,63	1653,56	11/05/2015	3	72,20	92,81	
	4	08/05/2015	10,07	10,06	10,065	20,03	79,56	1,990	2,62	1644,00	15/05/2015	7	126,60	162,25	161,36
	5	08/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,07	79,17	1,999	2,64	1661,50	15/05/2015	7	125,90	162,16	
	6	08/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,05	79,33	1,995	2,65	1666,13	15/05/2015	7	124,20	159,65	
	7	08/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,03	79,17	1,995	2,65	1671,12	05/06/2015	28	177,80	229,01	229,59
	8	08/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,07	79,17	1,999	2,63	1655,20	05/06/2015	28	177,90	229,14	
	9	08/05/2015	10,02	10,04	10,03	20,06	79,01	2,000	2,63	1659,33	05/06/2015	28	178,70	230,63	
CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	1	08/05/2015	10,05	10,04	10,045	20,07	79,25	1,998	2,63	1653,55	11/05/2015	3	74,50	95,86	95,50
	2	08/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,64	1662,32	11/05/2015	3	73,90	95,18	
	3	08/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,62	1649,73	11/05/2015	3	74,10	95,44	
	4	08/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,62	1649,73	15/05/2015	7	134,70	173,50	173,87
	5	08/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,65	1668,62	15/05/2015	7	134,80	173,63	
	6	08/05/2015	10,06	10,03	10,05	20,04	79,25	1,995	2,63	1656,03	15/05/2015	7	135,60	174,48	
	7	08/05/2015	10,06	10,05	10,06	20,07	79,41	1,996	2,62	1643,99	05/06/2015	28	188,90	242,58	242,52
	8	08/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,63	1656,03	05/06/2015	28	187,80	241,89	
	9	08/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,66	1670,75	05/06/2015	28	189,10	243,08	
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR													

Anexo 4.48 Resumen de resistencia a la compresión- Contenido de cemento - Cemento HE

		UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO F _c kg/cm ²	
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 400 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	88,18	1,895043732	87,30	41,59%	
			87,20				
			86,51				
		7	152,71	0,251889169	153,80	72,81%	
			155,59				
			153,10				
		28	221,04	0,300433973	221,16	105,10%	
			222,04				
			220,38				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 450 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	93,64	0,885295885	92,76	44,39%	
			91,84				
			92,81				
		7	162,25	1,6026675	161,36	76,64%	
			162,16				
			159,65				
28		229,01	0,701738601	229,59	109,44%		
		229,14					
		230,63					
CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg AGREGADO FINO = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	95,86	0,437821264	95,50	45,55%		
		95,18					
		95,44					
	7	173,50	0,564751656	173,87	82,85%		
		173,63					
		174,48					
	28	242,58	0,205087268	242,52	115,63%		
		241,89					
		243,08					
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.49 Diseño de Hormigón liviano con Arena de río



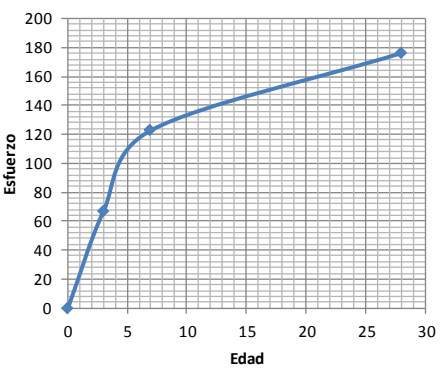
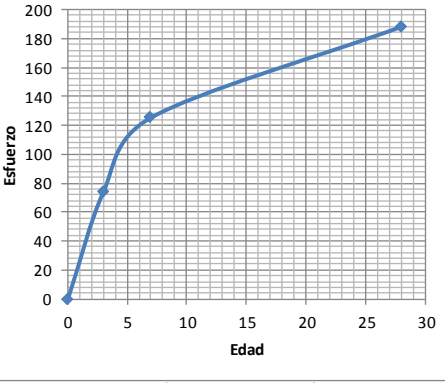
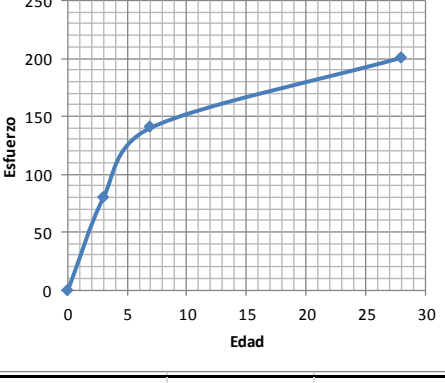
		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
TEMA:		Hormigon liviano de alto desempeño con arcilla expandida								
TESISTAS:		Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario								
DISEÑO HORMIGON LIVIANO CON ARENA DE RIO										
METODO DE DISEÑO:		Cantidad de cemento / Resistencia								
RESISTENCIA:		Variable				NORMA:		ACI 211.2		
METODO DE COMPACTACION:		Vibracion Normal				TIPO DE CEMENTO:		LAFARGE-SELVA ALEGRE		
CONSISTENCIA:		Plastica				TRABAJABILIDAD:		Trabajable		
PROPORCION DE LOS AGREGADOS										
ARCILLA EXPANDIDA			40%		AGREGADO FINO			60%		
DATOS DE LABORATORIO										
ARCILLA EXPANDIDA			AGREGADO FINO			REVENIMIENTO				
TAMAÑO	Nº 7	Kg/m ³	D.S.S.S.	2422	Kg/m ³	δ CEMENTO	2950	Kg/m ³		
P.V.S.	375,00	Kg/m ³	P.V.S.	1676,00	Kg/m ³	δ AGUA	1000	Kg/m ³		
% de absorcion		13,08%	% de absorcion		10,37%	δ ARENA	1676	Kg/m ³		
δ relativa		0,75	δ relativa		3,37	δ PIEDRA	375	Kg/m ³		
CALCULO DE CANTIDAD DE AGUA										
REVENIMIENTO		TAMAÑO DEL AGREGADO			VOLUMEN TABULADO		VOL - CORREGIDO			
5	cm	Nº 7			217,30	lts	268,26	lts		
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON										
CEMENTO		La cantidad de cemento varia según la resistencia					400,00	Kg		
ARCILLA EXPANDIDA		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =					180,00	Kg		
AGREGADO FINO		Vol. total x proporcion del agregado x P.V.S =					1206,72	Kg		
AGUA		Vol. de agua + porcentajes de absorcion					268,26	Kg		
PESO POR M³ DE HORMIGON							2054,98	Kg		
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON										
CEMENTO		Peso / Densidad =					0,136	m ³		
ARCILLA EXPANDIDA		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua)) *proporcion =					0,238	m ³		
AGREGADO FINO		(1-(Vol. de cemento + Vol. De agua))*proporcion =					0,358	m ³		
AGUA		Peso / Densidad =					0,268	m ³		
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON							1,000	m ³		
CANTIDAD EN Kg PARA 12 CILINDROS										
VOL. DE CILINDRO		0,0016	m ³		VOL. TOTAL DE CILINDROS		0,0188	m ³		
CEMENTO		400,00	Kg	*	0,0188	=	7,540	Kg		
ARCILLA EXPANDIDA		180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393	Kg		
AGREGADO FINO		1206,72	Kg	*	0,0188	=	22,746	Kg		
AGUA		268,26	Kg	*	0,0188	=	5,057	Kg		

PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					450,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					1149,54	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					268,26	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						2047,80	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,153	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,238	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,341	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,268	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	450,00	Kg	*	0,0188	=	8,482	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393	Kg
AGREGADO FINO	1149,54	Kg	*	0,0188	=	21,668	Kg
AGUA	268,26	Kg	*	0,0188	=	5,057	Kg
PESO EN Kg POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	La cantidad de cemento varia según la resistencia					500,00	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	Vol. * δ relativa * 1000					180,00	Kg
AGREGADO FINO	Vol. * δ relativa * 1000					1092,36	Kg
AGUA	Peso = volumen * densidad					268,26	Kg
PESO POR M³ DE HORMIGON						2040,62	Kg
VOLUMEN DE MATERIALES POR M³ DE HORMIGON							
CEMENTO	Peso / Densidad =					0,169	m ³
ARCILLA EXPANDIDA	Igual que el anterior					0,238	m ³
AGREGADO FINO	1-(Vol. de cemento + Vol. De agua + vol. De grueso) =					0,324	m ³
AGUA	Peso / Densidad =					0,268	m ³
VOLUMEN EN M³ DE HORMIGON						1,000	m ³
CANTIDAD EN KG PARA 1 2 CILINDROS							
VOL. DE CILINDRO	0,00157	m ³	VOL. TOTAL DE CILINDROS			0,0188	m ³
CEMENTO	500,00	Kg	*	0,0188	=	9,425	Kg
ARCILLA EXPANDIDA	180,00	Kg	*	0,0188	=	3,393	Kg
AGREGADO FINO	1092,36	Kg	*	0,0188	=	20,591	Kg
AGUA	268,26	Kg	*	0,0188	=	5,057	Kg
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO						



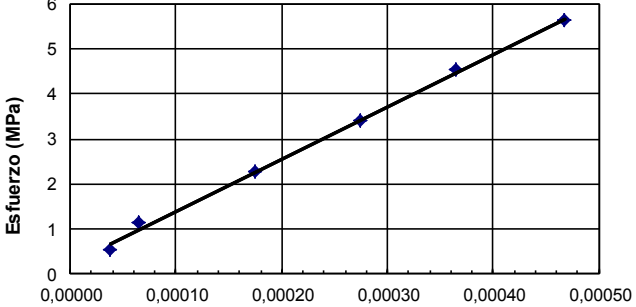
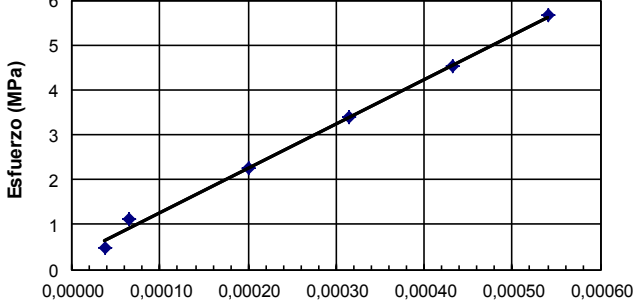
Anexo 4.50 Esfuerzo a la compresión Cantidad de cemento- 60 A. fino – 40 A. Grueso (Arena de río)

IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO		N°	FECHA DE VACIADO	DIMENSIONES DEL CILINDRO			RELACION L/D	PESO Kg	DENSIDAD Kg/m³	FECHA	EDAD (días)	RESISTENCIA		
				D1 (cm)	D2 (cm)	PROM. "D" (cm)						LONGITUD (cm)	AREA (cm²)	CARGA KN
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO														
CANTIDAD DE CEMENTO = 400 kg ARENA "EL TRIUNFO" = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %		1	10/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,67	1677,03	3	51,60	66,33
		2	16/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,66	1674,92	3	54,70	70,45
		3	16/05/2015	10,06	10,04	10,05	20,05	79,33	1,995	2,67	1678,71	3	50,30	64,66
		4	16/05/2015	10,05	10,05	10,05	20,04	79,33	1,994	2,65	1666,96	7	94,80	121,86
		5	16/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,07	79,17	1,999	2,67	1680,38	7	96,80	124,68
		6	16/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,05	79,33	1,995	2,68	1684,99	7	95,10	122,25
		7	16/05/2015	10,05	10,07	10,06	20,07	79,49	1,995	2,65	1661,16	28	134,30	172,29
		8	16/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,67	1681,21	28	139,39	179,54
		9	16/05/2015	10,04	10,04	10,04	20,06	79,17	1,998	2,67	1681,21	28	137,10	176,59
CANTIDAD DE CEMENTO = 450 kg ARENA "EL TRIUNFO" = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %		1	16/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,65	1668,62	3	57,70	74,32
		2	16/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,07	79,17	1,999	2,67	1680,38	3	59,30	76,38
		3	16/05/2015	10,06	10,04	10,05	20,05	79,33	1,995	2,64	1659,85	3	56,20	72,24
		4	16/05/2015	10,07	10,06	10,065	20,03	79,56	1,990	2,63	1650,28	7	98,60	126,37
		5	16/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,07	79,17	1,999	2,67	1680,38	7	96,90	124,81
		6	16/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,05	79,33	1,995	2,62	1647,27	7	97,20	124,95
		7	16/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,03	79,17	1,995	2,68	1690,04	28	143,80	185,22
		8	16/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,07	79,17	1,999	2,67	1680,38	28	147,90	190,50
		9	16/05/2015	10,02	10,04	10,03	20,06	79,01	2,000	2,66	1678,26	28	145,70	188,04
CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg ARENA "EL TRIUNFO" = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %		1	16/05/2015	10,05	10,04	10,045	20,07	79,25	1,998	2,66	1672,42	3	62,50	80,42
		2	16/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,62	1649,73	3	62,90	81,02
		3	16/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,65	1668,62	3	62,10	79,99
		4	16/05/2015	10,03	10,05	10,04	20,06	79,17	1,998	2,67	1681,21	7	109,70	141,30
		5	16/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,63	1656,03	7	108,80	140,14
		6	16/05/2015	10,06	10,03	10,05	20,04	79,25	1,995	2,67	1681,22	7	109,60	141,03
		7	16/05/2015	10,06	10,05	10,06	20,07	79,41	1,996	2,64	1656,54	28	156,90	201,49
		8	16/05/2015	10,05	10,03	10,04	20,06	79,17	1,998	2,65	1668,62	28	155,80	200,67
		9	16/05/2015	10,04	10,06	10,05	20,07	79,33	1,997	2,64	1658,19	28	156,70	201,43
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR												

Anexo 4.51 Resumen de ensayo a la compresión Cantidad de cemento- 60A.fino-40A. Grueso (Arena de río)



		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TEMA:		HORMIGON ESTRUCTURAL CON ARCILLA EXPANDIDA					
TESISTAS:		DIANA YAGUAL VERA - DANIEL VILLACIS APOLINARIO					
RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							
DISEÑO	MUESTRA	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				GRAFICA
			ESFUERZO				
			kg/cm ²	PRECISION 6,6%	PROMEDIO kg/cm ²	PROMEDIO F'c kg/cm ²	
RESISTENCIA VARIA SEGÚN LA CANTIDAD DE CEMENTO	CANTIDAD DE CEMENTO = 400 kg ARENA "EL TRIUNFO" = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	66,33	2,519379845	67,15	31,19%	
			70,45				
			64,66				
		7	121,86	0,315457413	122,93	58,12%	
			124,68				
			122,25				
		28	172,29	2,431411534	176,14	83,07%	
			179,54				
			176,59				
	CANTIDAD DE CEMENTO = 450 kg ARENA "EL TRIUNFO" = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	74,32	2,793388482	74,31	34,90%	
			76,38				
			72,24				
7		126,37	1,125389672	125,38	59,84%		
		124,81					
		124,95					
28		185,22	1,500556985	187,92	88,87%		
		190,50					
		188,04					
CANTIDAD DE CEMENTO = 500 kg ARENA "EL TRIUNFO" = 60 % ARCILLA EXPANDIDA = 40 %	3	80,42	0,541011214	80,47	38,19%		
		81,02					
		79,99					
	7	141,30	0,190594215	140,82	67,22%		
		140,14					
		141,03					
	28	201,49	0,028069354	201,20	95,93%		
		200,67					
		201,43					
REVISADO POR:		ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR					

Anexo 4.52 Modulo de elasticidad y coeficiente de Poisson

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL				
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACION DE POISSON				
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida			
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario			
LABORATORIO	Centro tecnico del hormigon HOLCIM	NORMA:	ASTM C469-02	
HORMIGON LIVIANO 60 % arena triturada 40 % arcilla expandida 500 kg cemento tipo 1P (Selvagre)		<div style="text-align: center;"> Curva esfuerzo - deformación </div>  <p style="text-align: center;"> Deformación unitaria $y = 11638x + 0,2355$ $R^2 = 0,9981$ </p>		
Esfuerzo (MPa)	Deformación unitaria longitudinal			Deformación unitaria transversal
0,6	0,00004			0,00001
1,1	0,00007			0,00007
2,3	0,00018			0,00003
3,4	0,00028			0,00004
4,5	0,00037	0,00006		
5,7	0,00047			
$E_c = W_c^{1,5} - 0,043\sqrt{f'_c}$ $E_c = 13,4 \text{ GPa}$				
$E = (S_1 - S_2) / (e_2 - 0.000050)$ $E = 12,2 \text{ GPa}$				
$\mu = (et_1 - et_2) / (e_2 - 0.000050)$ $\mu = 0,12$				
HORMIGON LIVIANO 60 % arena triturada 40 % arcilla expandida 500 kg cemento Tipo HE (Holcim premium)		<div style="text-align: center;"> Curva esfuerzo - deformación </div>  <p style="text-align: center;"> Deformación unitaria $y = 9905,9x + 0,2836$ $R^2 = 0,9962$ </p>		
Esfuerzo (MPa)	Deformación unitaria longitudinal			Deformación unitaria transversal
0,5	0,00004			0,00002
1,1	0,00007			0,00007
2,3	0,00020			0,00003
3,4	0,00032			0,00003
4,5	0,00043	0,00004		
5,7	0,00054	0,00004		
$E_c = W_c^{1,5} - 0,043\sqrt{f'_c}$ $E = 11,5 \text{ GPa}$				
$E = (S_1 - S_2) / (e_2 - 0.000050)$ $E = 10,6 \text{ GPa}$				
$\mu = (et_1 - et_2) / (e_2 - 0.000050)$ $\mu = 0,04$				
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR			



Anexo 4.53 Permeabilidad al aire del hormigón liviano con arcilla expandida por el método Torrent.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL																					
	PERMEABILIDAD DEL AIRE A TRAVES DEL HORMIGON																					
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida																					
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario																					
LABORATORIO	HOLCIM	METODO:	Torrent																			
Clasificacion de la permeabilidad al aire del hormigon																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Clase</th> <th style="width: 25%;">kT (10^{-16} m^2)</th> <th style="width: 50%;">Permeabilidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PK1</td> <td>< 0,01</td> <td>Muy baja</td> </tr> <tr> <td>PK2</td> <td>0,01 – 0,1</td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td>PK3</td> <td>0,1 – 1,0</td> <td>Moderada</td> </tr> <tr> <td>PK4</td> <td>1,0 – 10,0</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>PK5</td> <td>> 10</td> <td>Muy alta</td> </tr> </tbody> </table>					Clase	kT (10^{-16} m^2)	Permeabilidad	PK1	< 0,01	Muy baja	PK2	0,01 – 0,1	Baja	PK3	0,1 – 1,0	Moderada	PK4	1,0 – 10,0	Alta	PK5	> 10	Muy alta
Clase	kT (10^{-16} m^2)	Permeabilidad																				
PK1	< 0,01	Muy baja																				
PK2	0,01 – 0,1	Baja																				
PK3	0,1 – 1,0	Moderada																				
PK4	1,0 – 10,0	Alta																				
PK5	> 10	Muy alta																				
Elemento	Kt ($\times 10^{-16} \text{ m}^2$)	L (mm)	Resistencia a la Compresion (kg/cm²)	Permeabilidad																		
HL-GU-1	0,208	31,7	215	moderada																		
HL-GU-2	0,205	31,4	215	moderada																		
HL-HE-3	0,396	42,7	242	moderada																		
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR																					





Anexo 4.54 Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del hormigón



	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL															
	DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE PULSOS ULTRASONICOS A TRAVES DEL HORMIGON															
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida															
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario															
LABORATORIO	HOLCIM	NORMA:	ASTM C597-09													
Clasificación del hormigon según la velocidad de pulsos ultrasonicos																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Velocidad ultrasónica, v (m/s)</th> <th style="width: 50%;">Clasificación del concreto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">V > 4 575</td> <td style="text-align: center;">Excelente</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4 575 > V > 3 660</td> <td style="text-align: center;">Bueno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3 660 > V > 3 050</td> <td style="text-align: center;">Cuestionable</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3 050 > V > 2 135</td> <td style="text-align: center;">Pobre</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V < 2 135</td> <td style="text-align: center;">Muy pobre</td> </tr> </tbody> </table>					Velocidad ultrasónica, v (m/s)	Clasificación del concreto	V > 4 575	Excelente	4 575 > V > 3 660	Bueno	3 660 > V > 3 050	Cuestionable	3 050 > V > 2 135	Pobre	V < 2 135	Muy pobre
Velocidad ultrasónica, v (m/s)	Clasificación del concreto															
V > 4 575	Excelente															
4 575 > V > 3 660	Bueno															
3 660 > V > 3 050	Cuestionable															
3 050 > V > 2 135	Pobre															
V < 2 135	Muy pobre															
Elemento	Velocidad (mts/seg)	Tiempo mc/seg	Resistencia a la Compresion (kg/cm²)	Clasificacion del concreto												
HL-GU-1	3330	90	215	cuestionable												
HL-GU-2	3127	96	215	cuestionable												
HL-HE-3	3106	97	242	cuestionable												
REVISADO POR:	ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR															



Anexo 4.55 Análisis de costo para 1m³ de hormigón convencional

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
	Análisis de costo para 1m³ de hormigón			
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida			
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario			
FECHA:	28 de Mayo del 2105	Agregado fino:	San Vicente	
RESISTENCIA:	210 kg/cm ²	Agregado fino:	San Vicente	
RUBRO:	HORMIGON SIMPLE f'c=210 kg/cm ²			
UNIDAD:	m ³			
EQUIPO				
Cantidad	Descripción	C. Horario	Rendimiento	Total
1	Concreteira	3,5	0,38	9,21
1	Vibrador	2,75	0,38	7,24
1	Herramienta menor	1	1	1,95
TOTAL				18,40
MATERIAL				
Cantidad	Descripción	Unidad	C. Unitario	Total
9,54	Cemento	Saco	7,5	71,55
0,52	Agregado grueso	m ³	17,57	9,14
0,63	Agregado fino	m ³	16,7	10,52
1	Aditivo	kg	2,75	2,75
TOTAL				93,96
MANO DE OBRA				
Cantidad	Descripción	Jornada	Rendimiento	Total
1	Maestro	3,12	0,38	8,21
1	Albañil	2,92	0,38	7,68
3	Peón	2,92	0,38	23,05
TOTAL				38,95
SUBTOTAL				151,30
COSTOS INDIRECTOS 25%				37,83
COSTO TOTAL m³				189,13
REVISADO POR:	Ing. Lucrecia Moreno Alcívar			

Anexo 4.56 Análisis de costo para 1m³ de hormigón liviano con arcilla expandida

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
	Análisis de costo para 1m³ de hormigón			
TEMA:	Hormigon de alto desempeño con arcilla expandida			
TESISTAS:	Diana Yagual Vera - Daniel Villacis Apolinario			
FECHA:	28 de Mayo del 2105	Agregado fino:	San Vicente	
CEMENTO	TIPO 1P	Agregado fino:	San Vicente	
RUBRO:	HORMIGON LIVIANO CON ARCILLA EXPANDIDA f'c=210 kg/cm ²			
UNIDAD:	m ³			
EQUIPO				
Cantidad	Descripción	C. Horario	Rendimiento	Total
1	Concreteira	3,5	0,38	9,21
1	Vibrador	2,75	0,38	7,24
1	Herramienta menor	1	1	1,95
TOTAL				18,40
MATERIAL				
Cantidad	Descripción	Unidad	C. Unitario	Total
10	Cemento	Saco (50kg)	7,5	75,00
9	Arcilla expandida	Saco (20kg)	10,63	95,67
0,328	Agregado fino	m ³	16,7	5,48
1	Aditivo	kg	2,75	2,75
TOTAL				178,90
MANO DE OBRA				
Cantidad	Descripción	Jornada	Rendimiento	Total
1	Maestro	3,12	0,38	8,21
1	Albañil	2,92	0,38	7,68
3	Peón	2,92	0,38	23,05
TOTAL				38,95
SUBTOTAL				236,24
COSTOS INDIRECTOS 25%				59,06
COSTO TOTAL m³				295,30
<p>NOTA: Para el hormigón liviano con arcilla expandida, se realizó el análisis considerando el costo del saco de la A.E. como fabricado en el país.</p>				
REVISADO POR:	Ing. Lucrecia Moreno Alcívar			