

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DEL HORMIGÓN CON CASCO DE LADRILLO Y SU
APLICACIÓN COMO ALTERNATIVA DEL HORMIGÓN CONVENCIONAL”**

UNIVERSITARIO: GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ HORACIO JOSÉ

JULIO DEL 2014

TARIJA – BOLIVIA

Dedicatoria:

Este trabajo está dedicado a mis padres por haberme dado la vida y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi formación como profesional, pilares de enseñanza, amor y apoyo incondicional, por brindarme buenos valores y guiarme en el camino de la vida, para superarme y ser mejor cada día.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 El problema.....	1
1.1.1.1 Planteamiento	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 justificación teórica.....	3
1.3.2 Justificación metodológica.....	3
1.3.3 Justificación práctica	3
1.4 Alcance del estudio	4
1.4.1 Consideraciones generales.....	4
1.4.2 Análisis de alternativas	4
1.4.3 Resultados a lograr.....	7
1.4.4 Hipótesis	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Hormigón con cascote de ladrillo	9
2.1.1 Antecedentes.....	9
2.1.2 Hormigones de agregados livianos	9
2.1.2.1 Propiedades.....	10
2.1.2.2 Aplicaciones	11
2.1.3 Cascotes de ladrillo	12

2.1.3.1	Procedencia	13
2.1.3.2	Características del agregado	13
2.1.4	Hormigón con cascote.....	14
2.1.4.1	Características del hormigón que forma.....	14
2.1.4.2	Usos.....	15
2.1.4.3	Características sujetas a comparación en el desarrollo de la investigación.....	15
2.2	Materiales componentes del hormigón	16
2.3	Cemento portland	16
2.3.1	Propiedades del cemento portland	18
2.4	Agregados del concreto	20
2.4.1	Funciones de los agregados	22
2.4.2	Propiedades de los agregados	22
2.5	Agua para mezclas de hormigón	29
2.5.1	Agua de mezclado	30
2.5.2	Agua de curado	30
2.5.3	Calidad del agua.....	31
2.6	Aditivos.....	32
2.7	Dosificación de hormigones	32
2.7.1	Hormigón fresco.....	34
2.7.2	Concreto endurecido.....	36
2.7.3	Dosificación.....	38
2.8	Metodología y procedimientos para la investigación	39
2.8.1	Dosificación de la mezcla de hormigón método ACI 211	39
2.8.2	Criterios y metodología para la dosificación del hormigón con cascote de ladrillo....	48

CAPÍTULO III
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Generalidades	56
3.2	Ensayos a los componentes del hormigón para caracterización de los componentes de la mezcla	57
3.2.1	Determinación de la finura del cemento	57
3.2.2	Determinación del peso específico del cemento.....	58
3.2.3	Análisis granulométrico de los agregados	60
3.2.4	Peso específico y absorción del agregado grueso	63
3.2.5	Peso específico y absorción del agregado fino	65
3.2.6	Determinación del peso unitario del agregado grueso	67
3.2.7	Determinación del peso unitario del agregado fino	69
3.2.8	Dosificación método ACI - 211	71
3.2.9	Preparación del hormigón en el laboratorio para los ensayos de compresión.	74
3.2.10	Determinación de resistencia a compresión en probetas	78
3.2.11	Valores de resistencia obtenidos	80
3.2.12	Determinación de la densidad de las mezclas.....	83
3.2.13	Determinación de la absorción de las mezclas de hormigón.....	84

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1	Metodología para el análisis de resistencia en el hormigón.....	85
4.1.1	Planteamiento de curvas y ábacos	85
4.2	Curvas de densidad del hormigón respecto de su resistencia a la compresión.....	91
4.3	Análisis del costo de producción y general del cascote de ladrillo.....	93
4.4	Identificación y definición de parámetros de análisis.....	97
4.4.1	Características generales de los componentes del hormigón	97
4.4.2	Evaluación de las resistencias a compresión y densidades.....	97
4.4.3	Diferencia entre resultados obtenidos y esperados	98
4.5	Análisis de la trabajabilidad en las mezclas de hormigón.....	99

4.6 Reciclaje del ladrillo.....	99
4.7 Aplicabilidad del trabajo de investigación.....	102
4.8 Valoración del análisis.....	105

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	106
Recomendaciones.....	108

BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	110
Anexo A-1: Análisis de laboratorio a los materiales componentes de las mezclas de hormigón	110
Anexo A-2: Ensayos de resistencia a compresión para las mezclas de hormigón	121
Anexo A-3: Determinación de la densidad de las mezclas de hormigón	129
Anexo A-4: Determinación de la absorción de las mezclas de hormigón	131
Anexo A-5: Tabla de resistencia a la compresión de cilindros de rotura antes de los 28 días	132
Anexo A-6: Fotografías de rotura de probetas	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.4.2-1: Cuadro resumen para definición de alternativas.....	7
Tabla 2.3-1: Composición química del cemento	17
Tabla 2.3.1-1: Calor generado en los primeros 7 días.....	18
Tabla 2.4-1: Clasificación general de los agregados.....	21
Tabla 2.4-2: Clasificación general de los agregados por densidad	22
Tabla 2.4.2-1: Gradación del agregado grueso según ASTM C33.....	23
Tabla 2.4.2-2: Gradación del agregado fino según ASTM C33	23
Tabla 2.4.2-3: Porcentaje de sustancias dañinas en arena.....	24
Tabla 2.4.2-4: Módulo de finura de los agregados	24
Tabla 2.4.2-5: Tamaño máximo del agregado grueso	25
Tabla 2.4.2-6: Porcentaje de absorción en los agregados	27
Tabla 2.5.3-1: Ensayos requeridos para el agua de mezclado	31
Tabla 2.5.3-2: Valores de impurezas en el agua de mezclado.....	31
Tabla 2.7.1-1: Clasificación del hormigón por su consistencia	33
Tabla 2.7.2-1: Incremento de la resistencia del hormigón con respecto al tiempo.....	37
Tabla 2.7.3-1: Condiciones para dosificación	38
Tabla 2.8.1-1: Resistencia de diseño fcm	40
Tabla 2.8.1-2: Asentamientos recomendados.....	41
Tabla 2.8.1-3: Tamaño máximo del agregado.....	42
Tabla 2.8.1-4: Cantidad de agua de mezclado para agregados de canto rodado y sin inclusión de aire	43
Tabla 2.8.1-5: Cantidad de agua de mezclado para agregados de trituración y sin inclusión de aire	43
Tabla 2.8.1-6: Cantidad de agua de mezclado para agregados de canto rodado y con inclusión de aire	44
Tabla 2.8.1-7: Cantidad de agua de mezclado para agregados de trituración y con inclusión de aire	44
Tabla 2.8.1-8: Relación agua / cemento en hormigones sin aire incluido.....	45
Tabla 2.8.1-9: Relación agua / cemento en hormigones con aire incluido.....	46
Tabla 2.8.1-10: Estimación del contenido de agregado grueso.....	47
Tabla 2.8.1-11: Volumen absoluto de los ingredientes de hormigón	48

Tabla 2.8.2-1: Análisis del agua potable en la ciudad	50
Tabla 2.8.2-2: Tiempos de mezclado recomendados	51
Tabla 4.3-1: Precio del ladrillo en la ciudad	93
Tabla 4.3-2: Precio promedio del ladrillo.....	93
Tabla 4.3-3: Costos adicionales al ladrillo.....	94
Tabla 4.3-4: Costo producción del cascote de ladrillo.....	94
Tabla 4.3-5: Costo unitario de los componentes del hormigón	94
Tabla 4.3-6: Costo por kg de los componentes del hormigón.....	95
Tabla 4.3-7: Costo producción del hormigón patrón	95
Tabla 4.3-8: Material reemplazado para el hl 15%	95
Tabla 4.3-9: Costo producción del hormigón con ladrillo hl 15%	96
Tabla 4.3-10: Material reemplazado para el hl 25%	96
Tabla 4.3-11: Costo producción del hormigón con ladrillo hl 25%	96
Tabla 4.3-12: Material reemplazado para el hl 50%	97
Tabla 4.3-13: Costo producción del hormigón con ladrillo hl 50%	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.2.2-1: Resumen tipos de hormigones livianos.....	12
Figura 2.1.4.1-1: Mezclas de prueba aproximadas para algunos elementos estructurales	14
Figura 2.2-1: Materiales componentes del hormigón.....	16
Figura 2.4.2-1: Contenidos de humedad en agregados	28
Figura 2.8.2-1: Curva tiempo - resistencia	54
Figura 3.2.1-1: Materiales y equipo empleado para la determinación de la finura del cemento	58
Figura 3.2.3-1: Análisis granulométrico del agregado grueso (grava y ladrillo).....	61
Figura 3.2.3-2: Análisis granulométrico del agregado fino	62
Figura 3.2.4-1: Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (grava y ladrillo)	64
Figura 3.2.5-1: Determinación del peso específico y absorción del agregado fino	67
Figura 3.2.6-1: Determinación del peso unitario del agregado grueso (grava y ladrillo)	69
Figura 3.2.7-1: Determinación del peso unitario del agregado fino	70
Figura 3.2.9-1: Materiales ya pesados y listos para la elaboración de las mezclas de hormigón	74
Figura 3.2.9-2: Mezclado de las muestras de hormigón.....	75
Figura 3.2.9-3: Ensayo de asentamiento a las mezclas realizadas	76
Figura 3.2.9-4: Probetas realizadas y moldes utilizados en la elaboración de mezclas.....	77
Figura 3.2.9-5: Vaciado y realización de probetas	78
Figura 3.2.9-6: Curado de las probetas de prueba	78
Figura 3.2.10-1: Ensayos de rotura de probetas	79
Figura 3.2.11-1: Diagramas de barras de los valores de resistencia obtenidos.....	80
Figura 3.2.11-2: Diagramas de barras de comparación de resistencias entre las mezclas	82
Figura 3.2.12-1: Diagramas de barras de comparación de densidades entre las mezclas	83
Figura 3.2.13-1: Diagramas de barras de comparación de absorción entre las mezclas ..	84

Figura 4.1.1-1: Curva resistencia a compresión vs. edad del hormigón para el hormigón patrón	86
Figura 4.1.1-2: Curva resistencia a compresión vs. edad del hormigón para el hormigón con ladrillo 15%	87
Figura 4.1.1-3: Curva resistencia a compresión vs. edad del hormigón para el hormigón con ladrillo 25%	88
Figura 4.1.1-4: Curva resistencia a compresión vs. edad del hormigón para el hormigón con ladrillo 50%	89
Figura 4.1.1-5: Ábaco de mezclas.....	90
Figura 4.2-1: Curva densidad del hormigón vs. resistencia a la compresión a la edad de 14 días	91
Figura 4.2-2: Curva densidad del hormigón vs. resistencia a la compresión a la edad de 28 días	92
Figura 4.6-1: Acopio del deshecho de ladrillo en cerámicas.....	100
Figura 4.6-2: Selección del material reciclado	100
Figura 4.6-3: Máquina trituradora de ladrillo	101
Figura 4.6-4: Seleccionadora de material triturado	101
Figura 4.7-1: Losa armada de hormigón con ladrillo	103
Figura 4.7-2: Losa con viguetas pretensadas de hormigón con ladrillo	103
Figura 4.7-3: Losa aligerada vertida in situ de hormigón con ladrillo.....	103
Figura 4.7-4: Panel de fachada prefabricada de hormigón con ladrillo	104
Figura 4.7-5: Disposición de losa en estructuras prefabricadas.....	104