

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**



**PROYECTO DE GRADO**

**“RECICLADO DE ESCOMBROS COMO MATERIALES  
ALTERNATIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS  
SOCIALES DE BAJA COMPLEJIDAD EN LA CIUDAD DE  
TARIJA”**

**POSTULANTE:**

**SULMA REYES ORDOÑEZ**

**DOCENTE DE PROYECTO DE GRADO:**

**ARQ. ÁLVARO BORDA VILLENA**

Modalidad de graduación proyecto de grado – TES 501, presentada a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Arquitectura y Urbanismo

**GESTIÓN 2017**

**TARIJA – BOLIVIA**

**Vº Bº**

.....  
Msc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**DECANO**  
Facultad de Ciencias y Tecnología

.....  
Msc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
**VICEDECANA**  
Facultad de Ciencias y Tecnología

.....  
Arq. Mario C. Ventura Flores  
**DIRECTOR**  
Dpto. de Arquitectura y urbanismo

.....  
Arq. Álvaro Borda Villena  
**DOCENTE GUIA**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL**

.....  
Arq. Santos Puma León  
**TRIBUNAL**

.....  
Arq. Jessica Baldivieso A.  
**TRIBUNAL**

.....  
Arq. Raquel Cruz C.  
**TRIBUNAL**

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo la misma únicamente responsabilidad del autor.

**Dedicatoria:**

Quiero dedicar el presente primeramente a **Dios ante todo** por la vida que me ha regalado, a **Jesucristo** por estar siempre conmigo, protegerme guiarme, por darme siempre fuerza y la fe, a la **Virgen María** por darme siempre la esperanza y a la memoria de mi hermano **Edmundo Reyes Ordoñez** por tu amor, tu motivación constaté en todo momento supieron animarme a seguir adelante en este proyecto que me propuse en esta etapa de mi vida brindándome de diferente manera tu solidaridad, tu paz y tu amor incondicional.

### **Agradecimientos:**

A **Dios** por protegerme e iluminar mi camino, por darme la fuerza, la fe y la esperanza para lograr esta meta a la cual he llegado gracias a ti. A **mis padres**, por la paciencia, el apoyo, la comprensión y dedicación durante todos estos años de continua lucha. A **mis hermanos**, en especial a mi hermano Edmundo por su apoyo incondicional y sus reproches en los momentos necesarios. A **mis docentes**, en especial al Arq. Miguel Terán, Arq. Bertha Reynoso y al Arq. Juan De La Riva por brindarme la guía necesaria para la culminación de este proyecto y a todos mis demás docentes por haberse tomado el arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación. A todos ellos, ¡muchas gracias!

## Índice

	<b>Paginas</b>
1.Introducción .....	9
2.Planteamiento y fundamentación del problema científico .....	12
2.1 Propuesta .....	16
2.2 Justificación del problema.....	17
2.3 Objetivos de la investigación .....	18
2.3.1 Objetivo general .....	18
2.3.2 Objetivos específicos .....	19
2.4 Preguntas de investigación .....	19
3. Marco teórico conceptual.....	20
3.1 Historia del reciclaje .....	20
3.2 ¿Qué es el reciclaje?.....	23
3.4 ¿Qué es el reciclaje de residuos de construcción? .....	24
3.4 ¿Por qué reciclar? .....	24
3.5 Ventajas del reciclaje .....	25
3.6 Residuo de construcción y demolición (escombros).....	25
3.7 Clasificación de los residuos de construcción y demolición.....	26
3.8 Origen de los residuos de construcción y demolición.....	28
3.9 Composición física de los residuos de la construcción .....	29
3.10 Gestión integral de residuos de construcción a nivel internacional .....	29
3.11 Residuos admitidos a tratamiento .....	31
3.12 Usos potenciales de los residuos reciclados.....	32
3.13 ¿Qué es una central o planta de reciclaje? .....	35
3.14 Hipótesis.....	39
3.15 Definición y operacionalización de variables .....	40
3.15.1 Variable independiente.....	41
3.15.2 Variable dependiente.....	41

4. Diseño teórico de la investigación .....	42
4.1 Diseño de la investigación .....	42
4.2 Tipo de investigación experimental .....	43
4.3 Población de la investigación.....	44
4.4 Selección y definición del tamaño de la muestra de estudio científico.....	44
4.4.1 Muestra de estudios de residuos de la construcción.....	44
4.4.2 Proyección lineal para cada material de residuos .....	45
4.5 Muestra de estudio de bloques de hormigón 3 huecos reciclado .....	47
4.6 Aplicación de instrumentos de investigación.....	47
4.6.2 Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	47
4.6.2 Recopilación de información .....	48
5. Materiales y herramientas a utilizar .....	49
5.1 Materia prima, obtención y caracterización .....	50
5.1.1 Materiales utilizados para la base del hormigón .....	50
5.2 Obtención y caracterización del material de reciclaje.....	52
5.2.1 Recogida y transporte.....	52
5.2.2 Triaje primario .....	53
5.2.3 Tratamiento de residuos pétreos (triturado) .....	54
5.2.4 Cribado.....	56
5.2.5 Áridos reciclados obtenidos .....	57
5.3 Desarrollo experimental .....	58
5.3.1 Diseño de las mezclas .....	58
5.3.2 Rendimiento por bloque según cada dosificación.....	60
5.3.3 Tipos de tamices utilizados en cada dosificación para elaborar un bloque.....	61
5.3.4 Elaboración de la mezcla .....	62
5.3.5 Preparación del molde.....	63

5.3.6 Moldeado, vibrado y compactación del bloque de hormigón 3 huecos reciclado .....	63
5.3.7 Fraguado del bloque de hormigón 3 huecos reciclado .....	65
5.3.8 Curado del bloque de hormigón 3 huecos reciclado .....	66
5.3.9 Almacenamiento y entrega del producto.....	68
5.4 Pruebas de laboratorio aplicadas a los bloques de hormigón.....	69
5.4.1 Ensayos físicos.....	69
5.4.2 Pesado de los bloques de hormigón 3 huecos reciclados.....	71
5.4.3 Dimensiones de los bloques de hormigón 3 huecos reciclados .....	73
5.4.4 Tolerancias .....	76
5.5 Resistencia a compresión (rotura a compresión) .....	76
5.5.1 Resistencia a compresión obtenidas por las tres mezclas de concreto.....	77
6. Rendimientos y costos .....	81
1.1 Calculo de rendimientos.....	81
6.1.1 Cantidad de materiales para la base de cada mezcla.....	81
6.1.2 Calculo de rendimientos por bloque de hormigón 3 huecos reciclado ....	83
6.2 Calculo de precio unitario para elaborar una pieza de bloque de hormigón 3 huecos reciclado .....	88
6.2.1 Calculo de precio unitario para elaborar 1 M2 de muro de bloques de hormigón 3 huecos reciclado.....	91
7. Resultado y análisis de datos obtenidos .....	94
7.1 Calculo de los residuos de la construcción depositados en los principales botaderos clandestinos de la ciudad de Tarija.....	94
7.2 Análisis de resultados de dosificaciones .....	95
7.3 Análisis de resultados de rendimientos .....	96
7.4 Análisis de resultados obtenidos de laboratorio.....	98
7.4.1 Ensayos físicos .....	98
7.4.2 Apariencia y acabados.....	98

7.4.3 Configuración dimensional y peso.....	99
7.4.4 Resistencia.....	99
7.5 Análisis de precios unitarios .....	101
8. Conclusiones y recomendaciones .....	103
8.1 Conclusiones .....	103
8.2 Recomendaciones.....	104
9. Aplicación de los bloques de hormigón 3 huecos reciclados en viviendas sociales.....	107
9.1 Vivienda social progresiva con dos dormitorios.....	108
9.2 Vivienda social con 2 dormitorios .....	109
9.3 Vivienda social con un dormitorio.....	110
9.4 Líneas de acción futuras.....	112
10. Bibliografía .....	113
11. Anexos .....	115
11.1 Anexos 1 Rotura a compresión de los bloques de hormigón 3 huecos reciclados.....	115
11.2 Anexo 2 Calculo del volumen del bloque.....	116
11.3 Anexo 3 Calculo de rendimiento de piezas por m <sup>2</sup> .....	116
11.4 Anexo 4 Clasificación de los residuos de construcción y demolición encontrados en los diferentes botaderos clandestinos de la ciudad de Tarija .....	117
11.5 Anexo 5 Origen de los residuos de construcción y demolición .....	122

### **Índice de Esquemas**

Esq. 1: Metodología de la investigación .....	11
---	----

## Índice de figuras

Ilustración 1: Botaderos clandestinos y municipales de escombros en la ciudad de Tarija .....	13
Ilustración 2: Escombros originados a causa de la segunda guerra mundial .....	20
Ilustración 3: Esquema general de la planta de tratamiento fija .....	36
Ilustración 4: Planta recicladora de escombros móvil.....	37
Ilustración 5: Planta recicladora de escombros móvil.....	37
Ilustración 6: Planta recicladora de escombros fija en México equipo de cribado.....	38
Ilustración 7: Planta recicladora de escombros fija39	
Ilustración 8: Departamento de Tarija tenencia de la vivienda censo 2012.....	40
Ilustración 9: Recorrido de la quebrada El Monte por la ciudad de Tarija .....	44
Ilustración 10: Recorrido de la quebrada Sagredo por la ciudad de Tarija .....	45
Ilustración 11: Bloquera ponedora de accionamiento manual .....	50
Ilustración 12: Recogida de residuos de la construcción en los diferentes botaderos clandestinos de la ciudad de Tarija .....	52
Ilustración 13: Residuos de adobes .....	53
Ilustración 14: Residuos mixtos (mosaicos y morteros) .....	53
Ilustración 15: Residuos de ladrillos .....	53
Ilustración 16: Residuos de yeso.....	53
Ilustración 17: Residuos de ladrillo gambote.....	54
Ilustración 18: Residuos de hormigón.....	54
Ilustración 19: Residuos seleccionados de hormigón armado .....	55
Ilustración 20: Residuos seleccionados de prefabricados de hormigón.....	55
Ilustración 21: Residuos seleccionados de ladrillo cerámico.....	55
Ilustración 22: Trituración de residuos de ladrillo .....	56
Ilustración 23: Trituración de residuos de hormigón .....	56
Ilustración 24: Residuos de ladrillo triturados .....	56
Ilustración 25: Residuos de hormigón triturados .....	56
Ilustración 26: Primer cribado de los residuos por la malla N° 4 .....	56
Ilustración 27: Segundo tamizado de los residuos por la malla # 3/8.....	56

Ilustración 28: Tercer tamizado de los residuos por la malla N° 2 .....	57
Ilustración 29: Grava de hormigón tamiz #3/8 .....	57
Ilustración 30: Grava de hormigón tamiz N° 4 .....	57
Ilustración 31: Grava de ladrillo tamiz # 3/8 .....	58
Ilustración 32: Grava de hormigón tamiz N°2 .....	58
Ilustración 33: Residuos de ladrillo tamiz N° 2 .....	58
Ilustración 34: Mezclado de materiales con la incorporación del agua .....	63
Ilustración 35: Mezclado en seco de los componentes .....	63
Ilustración 36: Moldeado, vibrado y compactación del bloque .....	64
Ilustración 37: Fraguado del bloque en el lugar de su elaboración.....	65
Ilustración 38: Problemas que se pueden presentar si no existe un buen fraguado .....	66
Ilustración 39: Curado del bloque durante los primeros 3 días después de su elaboración .....	66
Ilustración 40: Curado del bloque con láminas de plástico para evitar que no se sequen.....	67
Ilustración 41: Curado del bloque sumergido en el agua a partir del cuarto día de su elaboración .....	68
Ilustración 42: Almacenamiento de los bloques bajo la sombra.....	69
Ilustración 43: Pesado de los bloques a los 14 días .....	71
Ilustración 44: Pesado del bloque a los 28 días.....	71
Ilustración 45: Tomado de dimensiones a los 14 días.....	74
Ilustración 46: Tomado de dimensiones a los 28 días.....	74
Ilustración 47: Ensayos de resistencia a compresión de los bloques en el laboratorio de ingeniería civil de la U.A.J.M. S .....	76
Ilustración 48: Tipología B-2 .....	99
Ilustración 49: Tipología B .....	99
Ilustración 50: Tipología A-3.....	99
Ilustración 51: Vivienda social progresiva con bloques de hormigón-hilada par.....	108
Ilustración 52: Vivienda social progresiva con bloques de hormigón- hilada impar.....	108
Ilustración 53: Ampliación de la vivienda social progresiva con bloques de hormigón hasta 5 dormitorios o más-hilada par .....	109
Ilustración 54: Ampliación de la vivienda social progresiva con bloques de hormigón hasta 5 dormitorios o más-hilada impar .....	109

Ilustración 55: Vivienda social con bloques de hormigón con 2 dormitorios-hilada par ...	110
Ilustración 56: Vivienda social con bloques de hormigón con 2 dormitorios-hilada impar .....	110
Ilustración 57: Vivienda social con bloques de hormigón con un dormitorio-hilada par.....	111
Ilustración 58: Vivienda social con bloques de hormigón con un dormitorio-hilada impar .....	111

### **Índice de tablas**

Tabla 1: Cuadro de vectores, transmisión y principales enfermedades .....	16
Tabla 2: Clasificación de los residuos de la construcción.....	27
Tabla 3: Composición de los residuos de la construcción .....	29
Tabla 4: Residuos admitidos para ser reciclados .....	31
Tabla 5: Usos potenciales de los escombros .....	32
Tabla 6: Residuos depositados en la quebrada el Monte .....	44
Tabla 7: Residuos depositados en la quebrada Sagredo.....	45
Tabla 8: Total de residuos depositados en las quebradas el Monte en una semana.....	45
Tabla 9: Total de residuos depositados en las quebradas el Monte y Sagredo a la semana, mes y año.....	46
Tabla 10: Cantidad de escombros que se tendrá desde el 2017 al 2034 .....	47
Tabla 11: Dosificaciones utilizadas para elaborar el bloque de hormigón 3 huecos reciclado5 .....	9
Tabla 12: Tipos de tamices utilizados en la dosificación.....	61
Tabla 13: Peso tomado de las 3 muestra de la tipología B.....	72
Tabla 14: Peso tomado de las 3 muestras tipología B-2 .....	72
Tabla 15: Peso tomado de las 3 muestras de la tipología A-3 .....	72
Tabla 16: Dimensiones tomadas de la tipología B.....	74
Tabla 17: Dimensiones tomadas de la tipología B-2 .....	74
Tabla 18: Dimensiones tomadas de la tipología A-3 .....	75
Tabla 19: Datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión de la tipología B .....	77
Tabla 20: Datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión de la tipología B-2.....	78

Tabla 21: Datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión de la tipología A-3 .....	79
Tabla 22: Datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión de las tres tipologías .....	80
Tabla 23: Dosificaciones utilizada en las tres tipologías .....	81
Tabla 24: Cantidad de material utilizado en litros, m3 y peso para la tipología B .....	82
Tabla 25: Cantidad de material utilizado en litros, m3 y peso para la tipología B-2.....	82
Tabla 26: Cantidad de material utilizado en litros, m3 y peso para la tipología A-3 .....	83
Tabla 27: Rendimiento del material en litros, m3 y peso para elaborar un bloque de tipo B.....	83
Tabla 28: Rendimiento del material en litros, m3 y peso para elaborar un bloque de tipo B-2 .....	85
Tabla 29: Rendimiento del material en litros, m3 y peso para elaborar un bloque de tipo A-3 .....	86
Tabla 30: Total de residuos depositados en las quebradas el Monte y Sagredo a la semana, mes y año.....	94
Tabla 31: Residuos depositados en la quebrada Sagredo .....	95
Tabla 32: Residuos depositados en la quebrada el Monte .....	95
Tabla 33: Dosificaciones utilizadas en las tres tipologías.....	95
Tabla 34: Cantidad de material utilizado para elaborar cada una de las tipologías .....	97
Tabla 35: Peso y dimensión de cada una de las tipologías .....	99
Tabla 36: Costo de cada tipología por pieza y peso l .....	02

### **Índice de Gráficos**

Gráfica: 1 Crecimiento lineal hasta el 2034.....	47
Gráfica: 2 Rendimiento del material utilizado en porcentajes para la tipología B .....	60
Gráfica: 3 Rendimiento del material utilizado en litros para la tipología B .....	60
Gráfica: 4 Rendimiento del material en porcentajes para la tipología B-2.....	60
Gráfica: 5 Rendimiento del material en litros para la tipología B-2.....	60
Gráfica: 6 Rendimiento del material en litros para la tipología A-3.....	61
Gráfica: 7 Rendimiento del material en porcentajes para la tipología A-3.....	61
Gráfica: 8 Resistencia a compresión obtenida de la tipología B.....	77
Gráfica: 9 Resistencia a compresión obtenida de la tipología B-2 .....	78

Gráfica: 10 Resistencia a compresión obtenida de la tipología A-3 .....	78
Gráfica: 11 Rendimiento del material utilizado en litros para la tipología B .....	84
Gráfica: 12 Rendimiento del material utilizado en porcentajes para la tipología B .....	84
Gráfica: 13 Rendimiento del material en litros para la tipología B-2 .....	85
Gráfica: 14 Rendimiento del material en porcentajes para la tipología B-2 .....	86
Gráfica: 15 Rendimiento del material en litros para la tipología A-3 .....	87
Gráfica: 16 Rendimiento del material en porcentajes para la tipología A-3 .....	87
Gráfica: 17 Rendimiento del material utilizado en litros para la tipología B .....	96
Gráfica: 18 Rendimiento del material en litros para la tipología B-2 .....	96
Gráfica: 19 Rendimiento del material en litros para la tipología A-3 .....	97
Gráfica: 20 Resistencia de cada una de las tipologías.....	100