

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO**

**TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“COMPORTAMIENTO RESILIENTE DE RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA BASES Y SUB BASES DE  
PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

**POR:**

**VICTOR ALFONZO ESCOBAR HERRERA**

Proyecto de Grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar al grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

**Semestre I - 2018**

**TARIJA- BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO**

**DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“COMPORTAMIENTO RESILIENTE DE  
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y  
DEMOLICIÓN PARA BASES Y SUB BASES DE  
PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

**Por:**

**VICTOR ALFONZO ESCOBAR HERRERA**

**Semestre I – 2018**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
M.Sc.Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez

**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

.....  
M.Sc.Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Ada Gladys Lopez Rueda

.....  
Ing. Fernando Ernesto Mur Lagraba

.....  
Ing. Moises Díaz Ayarde

## **ACLARACIÓN**

El tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a Dios por brindarme el regalo de la vida y salud permitiéndome alcanzar mis metas, siendo mi fortaleza y guía en todo momento.

A la memoria del querido Ingeniero “Alberto Tomas Calderón Orellana” por aconsejar, motivar e inculcar valores en mi persona que son aplicados y tienen por resultado la conclusión de esta etapa de formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por protegerme siempre, darme salud, para alcanzar este logro.

A mi madre “Miguelina Herrera Condori” por cuidar de mi persona a lo largo de mi vida permitiendo alcanzar este momento, siendo una meta importante en mi vida.

A mis docentes por la paciencia y dedicación al momento de transmitir conocimientos.

## **PENSAMIENTO**

“Solo hasta que se haya talado el último árbol, contaminado el último mar y muerto el último pez, el hombre entenderá que no se puede comer el dinero”.

Anónimo

# ÍNDICE

1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. DISEÑO TEÓRICO.....	3
1.3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.3.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.3.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	5
1.3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.3.3. HIPÓTESIS .....	6
1.4. DISEÑO METODOLÓGICO .....	6
1.4.1. COMPONENTES.....	6
1.4.1.1. UNIDAD DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.....	6
1.4.1.1.1. UNIDAD DE ESTUDIO .....	6
1.4.1.1.2. POBLACIÓN .....	6
1.4.1.1.3. MUESTRA.....	6
1.4.1.1.4. MUESTREO.....	7
1.4.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADOS.....	7
1.4.2.1. DEFINICIÓN, SELECCIÓN Y ELABORACIÓN DE LOS MÉTODOS Y TÉCNICAS EN FUNCIÓN DE OBJETIVO Y LOS OBJETIVOS.....	7
1.4.2.2. TÉCNICAS DE MUESTREO .....	8
1.4.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.....	8
1.4.2.4. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN.....	9



1.4.2.5. PREPARACIÓN PREVIA PARA LA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS, REQUISITOS Y CONDICIONES DE APLICACIÓN.....	10
1.4.3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	10
1.4.3.1. TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	10
2.1. INTRODUCCIÓN .....	14
2.2. PAVIMENTOS .....	22
2.2.1. PAVIMENTO RÍGIDO.....	26
2.2.2. PAVIMENTO FLEXIBLE.....	27
2.3. COMPONENTES DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	29
2.3.1. CAPA BASE .....	31
2.3.1.1. PROPIEDADES DE LA CAPA BASE .....	33
2.3.2. CAPA SUB BASE.....	47
2.3.2.1. PROPIEDADES DE LA CAPA SUB BASE .....	49
2.4. RESIDUOS DE CONTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	50
2.4.1. TASA DE GENERACIÓN ESPECÍFICA .....	53
2.4.2. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN .....	54
2.5. MÓDULO RESILIENTE.....	58
3.1. INTRODUCCIÓN .....	62
3.2. UBICACIÓN.....	62
3.2.1. UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE DEMOLICIÓN.....	62
3.3. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS .....	63
3.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN .....	64
3.4.1. GRANULOMETRÍA AASHTO T-88.....	64

3.4.1.1. GRANULOMETRÍA DE MATERIAL RECICLADO HORMIGÓN .....	65
3.4.1.2. GRANULOMETRÍA DE MATERIAL FINO PARA MEZCLA.....	68
3.4.2. LÍMITES DE ATTERBERG DE MATERIAL FINO .....	70
3.4.3. DESGASTE DE LOS ÁNGELES AASHTO T-96.....	71
3.4.4. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419 .....	74
3.5. DISEÑO DE CAPAS .....	77
3.5.1. CAPA SUB BASE.....	78
3.5.2. CAPA BASE .....	78
3.6. ENSAYO DE APLICACIÓN .....	79
3.6.1. CLASIFICACIÓN, COMPACTACIÓN Y CBR DE CAPA SUB BASE .....	79
3.6.2. CLASIFICACIÓN, COMPACTACIÓN Y CBR DE CAPA BASE .....	83
3.7. MÓDULO RESILIENTE.....	87
3.8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....	89
3.8.1. MEDIA .....	89
3.8.2. DESVIACIÓN ESTANDAR.....	90
3.9. CUADRO DE RESULTADOS.....	91
4.1. INTRODUCCIÓN .....	93
4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO VALORES NORMA Y RESULTADOS .....	94
4.2.1. CAPA SUB BASE.....	94
4.2.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS CAPA SUB BASE CONTRASTANDO MUESTRAS .....	99
4.2.2. CAPA BASE .....	102
4.2.2.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS CAPA BASE CONTRASTANDO MUESTRAS .....	107

4.3. APORTE ACADÉMICO .....	110
5.1. CONCLUSIONES .....	112
5.2. RECOMENDACIONES .....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ensayos realizados .....	11
Tabla 2.1 Clasificación de suelos .....	43
Tabla 2.2 Valores de K en función de $E_{\text{subrasante}}$ .....	59
Tabla 3.1 Resultados de granulometría .....	67
Tabla 3.2 Resultados de granulometría .....	69
Tabla 3.3 Resultados de límites de Atterberg .....	71
Tabla 3.4 Resultados de laboratorio desgaste de los ángeles .....	73
Tabla 3.5 Resultados de laboratorio equivalente de arena .....	76
Tabla 3.6 Determinación de módulo resiliente capa sub base .....	87
Tabla 3.7 Determinación de módulo resiliente capa base .....	88
Tabla 3.9 Determinación de media para compactación y CBR capa base .....	89
Tabla 3.10 Determinación de desviación para compactación y CBR capa base .....	90
Tabla 3.11 Determinación de desviación para compactación y CBR capa base .....	90
Tabla 3.13 Resultados promediados finales para capa sub base .....	91
Tabla 3.12 Resultados promediados finales para capa base .....	91
Tabla 4.1 Resumen de capa sub base muestra número 2 .....	94
Tabla 4.2 Resumen de capa sub base muestra número 5 .....	96

Tabla 4.3 Resumen de capa sub base muestra número 6 .....	97
Tabla 4.4 Resumen de capa sub base muestra número 7 .....	98
Tabla 4.5 Características capa sub base contrastando muestras capa sub base.....	99
Tabla 4.6 Verificación de resultados módulo resiliente capa sub base .....	101
Tabla 4.7 Resumen de capa sub base muestra número 2 .....	102
Tabla 4.8 Resumen de capa sub base muestra número 3 .....	103
Tabla 4.9 Resumen de capa sub base muestra número 4 .....	105
Tabla 4.10 Resumen de capa sub base muestra número 5 .....	106
Tabla 4.11 Características capa sub base contrastando muestras capa base .....	107
Tabla 4.12 Verificación de resultados módulo resiliente capa sub base .....	109

## **ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Grafica 3.1 Muestra la curva granulométrica de material granular.....	67
Grafica 3.2 Muestra la curva granulométrica de material fino .....	69
Grafica 4.1 Variación granulometría para las cuatro muestras capa sub base .....	100
Grafica 4.2 Variación CBR para las cuatro muestras capa sub base.....	100
Grafica 4.3 Variación módulo resiliente para las cuatro muestras capa sub base.....	101
Grafica 4.4 Variación granulometría para las cuatro muestras capa base.....	108
Grafica 4.5 Variación CBR para las cuatro muestras capa base .....	108
Grafica 4.6 Variación módulo resiliente para las cuatro muestras capa sub base.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Capas del pavimento.....	15
Figura 2.2 Distribución del esfuerzo en las capas del pavimento flexible.....	16
Figura 2.3 Distribución del esfuerzo en las capas del pavimento rígido.....	17
Figura 2.4 Distribución del esfuerzo en las capas del pavimento articulado .....	18
Figura 2.5 Distribución del esfuerzo en las capas del pavimento .....	19
Figura 2.6 Corte transversal de capas de un paquete estructural .....	24
Figura 2.7 Sección típica de un pavimento rígido.....	27
Figura 2.8 Sección típica de un pavimento .....	30
Figura 2.8 Vivienda tipo de 217 m <sup>2</sup> utilizada para estimación de residuos generados en la construcción y demolición. ....	55

## ÍNDICE DE ÁBACOS

Abaco 2.1 Valores del coeficiente estructural (ab) para bases granulares no-tratadas .....	34
Abaco 2.2 Valores del coeficiente estructural (ab) para bases de suelo-cemento.....	35
Abaco 2.3 Valores del coeficiente estructural (asb) para sub-bases granulares no-tratadas .....	50
Abaco 5.1 Modulo resiliente para bases granulares con más del 5% de finos.....	59
Abaco 5.2 relación entre Mr y CBR para base y sub base .....	60

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2.1 Residuos de construcción y demolición carretera a Santivañez.....	52
Imagen 2.2 Residuos de construcción en laderas del rio Rocha camino a Sacaba .....	53
Imagen 2.3 Cilindro para el ensayo de acuerdo a la NB 743.....	55
Imagen 2.4 Balanza para el ensayo de acuerdo a la NB 743 .....	56
Imagen 2.5 Materiales utilizados en el ensayo de acuerdo a la NB 743 .....	56
Imagen 3.1 Lugar de extracción material de demolición.....	63
Imagen 3.2 El momento de la extracción de muestra en bolsas plásticas.....	64
Imagen 3.3 Cuarteo de material .....	65
Imagen 3.4 Pesaje en balanza digital .....	65
Imagen 3.5 Juego de tamices en agitadora.....	66
Imagen 3.6 Pesaje de material grueso.....	66
Imagen: 3.7 Material fino remojado para lavar.....	68
Imagen: 3.8 Material seco y tamizado nuevamente .....	68
Imagen 3.9 Equipo de casa grande.....	70
Imagen 3.10 Muestra para secado horno .....	70
Imagen 3.11 Material fino Límite plástico.....	70
Imagen 3.12 Material listo para iniciar ensayo .....	72
Imagen 3.13 Material al finalizar el ensayo .....	72
Imagen: 3.14 Material separado para realizar en ensayo .....	74
Imagen: 3.15 Colocando material enrazado.....	74
Imagen: 3.16 Vertido de material en probeta.....	75
Imagen 3.17 Sedimentando para obtener alturas de arena arcilla .....	75

Imagen 3.18 Hormigón extraído de demolición material grueso para la mezcla.....	77
Imagen 3.19 Material coluvial natural existente en grandes cantidades.....	77
Imagen 3.20 Material preparado para ensayo capa sub base.....	78
Imagen 3.21 Material preparado para ensayo capa base.....	78

## **ANEXOS**

ANEXO I Guías de laboratorio

ANEXO II Lab. clasificación material fino y grueso seleccionado para la mezcla

ANEXO III Lab. desgaste de los ángeles y equivalente de arena material mezcla para  
capa sub base y base

ANEXO IV Clasificación compactación y C.B.R. material mezcla para capa sub base

ANEXO V Clasificación compactación y C.B.R. material mezcla para capa base

ANEXO VI Metodología para caracterización de residuos

ANEXO VII Análisis de costos de aplicación del proyectoO