

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“COMPARACIÓN EXPERIMENTAL EN LA FUNCIONALIDAD DE LOS
SUBDRENES GRANULARES CON Y SIN LA UTILIZACIÓN DE
GEOTEXTIL”**

POR:

REYES SÁNCHEZ IVAN SANTIAGO

Proyecto de Ingeniería Civil presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I-2019

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A mis padres que supieron mantenerse constantes apoyándome a lo largo de la realización del presente trabajo nutriendo con sus acertados consejos para el logro de mis objetivos.

ÍNDICE	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO	
1.1. DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.	2
1.1.1. Determinación de línea de estudio. Argumentos.	2
1.1.2. Breve descripción de causales identificados.....	2
1.1.3. Identificación del objeto de estudio.	3
1.1.4. Determinación de la perspectiva de solución.	3
1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA.	3
1.2.1. Conceptualización puntual del objeto de estudio.	3
1.2.2. Descripción del fenómeno ocurrido.....	3
1.2.3. Breve explicación de la perspectiva de solución.	3
1.3. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.3.1. Problema de investigación.	3
1.4. OBJETIVOS.	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.	4
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	4
1.5.1. Hipótesis.	4
1.5.2. Identificación de variables.	4
1.5.3. Conceptualización y operacionalización de las variables.....	5
1.6. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.6.1. UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.	7
1.6.1.1. Unidad de estudio o muestreo.....	7
1.6.1.2. Población y muestra.....	8
1.6.1.3 Tamaño de muestra.....	8
1.6.1.4. Selección de las técnicas de muestreo.	9
1.7. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS LÓGICOS.	10
1.7.1. Listado de actividades a realizar.....	10
1.7.2. Esquema de actividades en función a procedimiento definido por la perspectiva	10

1.8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	13
1.8.1. Selección de programa a utilizar.....	13
1.8.2. Estadística descriptiva.....	13
CAPÍTULO II: SUBDRENES GRANULARES CON Y SIN GEOTEXTIL	
2.1. SUBDRENES.....	17
2.2. MATERIAL DE FILTRO.....	18
2.3. FILTROS DE GEOTEXTIL.....	19
2.4. DISEÑO DE SUBDRENES TIPO ZANJA.....	20
2.4.1. Procedimiento empírico.....	20
2.4.2. Procedimiento analítico.....	20
2.5. FLUJO DE AGUA HACIA LOS SUBDRENES.....	22
2.6. LEY DE DARCY.....	24
2.7. GRADIENTE HIDRÁULICO.....	25
2.8. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.....	27
2.8.1. Ensayo de carga constante para determinar la permeabilidad.....	29
2.8.2. Ensayo de carga variable para determinar la permeabilidad.....	30
2.9. RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS.....	31
2.9.1. Relaciones de pesos y volúmenes.....	34
2.9.2. Relaciones de vacíos y porosidad.....	34
2.10. GEOTEXTIL.....	35
2.11. MATERIAL GRANULAR DRENANTE.....	36
2.11.1. Granulometría.....	36
2.11.2. Calidad de las partículas minerales.....	36
2.12. MATERIAL DE COBERTURA.....	36
2.13. JUSTIFICACIÓN NORMATIVA DE LOS ENSAYOS DEL PROYECTO....	37
2.14. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422 AASHTO-T88.....	37
2.15. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS ASTM- D4318 AASHTO-T89.....	39
2.16. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM-D4318 AASHTO-T90.....	41

2.17. RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES ASTM C-113 AASHTO T-96.....	42
2.18. SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO ASTM C-88 AASHTO T-104.....	44
2.19. DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS ASTM C-142 AASHTO T-112.....	46
2.20. CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN UN AGREGADO PÉTREO ASTM C-123 AASHTO T-113.....	48
2.21. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ORGÁNICO DE UN SUELO MEDIANTE EL ENSAYO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN AASHTO T-267.....	49
2.22. PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (CARGA CONSTANTE) ASTM D-2434 AASHTO T-215.....	50

CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. SELECCIÓN DE MATERIAL GRANULAR.....	52
3.2. MUESTREO DEL MATERIAL GRANULAR.....	52
3.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	53
3.3.1. Material granular drenante.....	53
3.3.2. Material de cobertura (Suelo arcilloso).....	54
3.3.3. Material de cobertura (Suelo arenoso).....	55
3.4. ENSAYO DE DESGASTE EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.....	56
3.5. ENSAYO DE SOLIDEZ DE SULFATOS.....	56
3.6. DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS.....	57
3.7. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN LOS AGREGADOS PÉTREOS.....	57
3.8. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.....	58
3.9. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO.....	58
3.10. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD.....	59
3.11. PERMEABILIDAD.....	60
3.11.1. Cálculo de coeficiente de permeabilidad.....	60

3.11.1.1. Permeámetro con geotextil suelo arcilloso.	60
3.11.1.2. Permeámetro sin geotextil suelo arcilloso.	61
3.11.1.3. Permeámetro con geotextil suelo arenoso.	61
3.11.1.4. Permeámetro sin geotextil suelo arenoso.....	62
3.11.2.- Comparación de coeficientes de permeabilidad obtenidos.	62
3.12. COLMATACIÓN.	63
3.12.1. Cálculo de colmatación.	63
3.12.1.1. Permeámetro con geotextil suelo arcilloso.	64
3.12.1.2. Permeámetro sin geotextil suelo arcilloso.	64
3.12.1.3. Permeámetro con geotextil suelo arenoso.	65
3.12.1.4. Permeámetro sin geotextil suelo arenoso.....	65
3.12.2. Comparación de colmatación obtenida.	66
3.13. PORCENTAJE DE PARTÍCULAS QUE PASAN.	66
3.13.1. Cálculo de porcentaje de partículas que pasan.	66
3.13.1.1. Permeámetro con geotextil suelo arcilloso.	67
3.13.1.2. Permeámetro sin geotextil suelo arcilloso.	67
3.13.1.3. Permeámetro con geotextil suelo arenoso.	68
3.13.1.4. Permeámetro sin geotextil suelo arenoso.....	68
3.13.2. Comparación de porcentaje de partículas que pasan.	69
3.14. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO POR VARIABLES.....	69
3.14.1. Estadística descriptiva.	69
3.14.1.1. Permeabilidad suelo arcilloso con geotextil.	69
3.14.1.2. Permeabilidad suelo arcilloso sin geotextil.	72
3.14.1.3. Permeabilidad suelo arenoso con geotextil.....	75
3.14.1.4. Permeabilidad suelo arenoso sin geotextil.....	78
3.14.1.5. Colmatación suelo arcilloso con geotextil.	81
3.14.1.6. Colmatación suelo arcilloso sin geotextil.	82
3.14.1.7. Colmatación suelo arenoso con geotextil.	84
3.14.1.8. Colmatación suelo arenoso sin geotextil.	85
3.14.1.9. Porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso con geotextil.	88
3.14.1.10. Porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso sin geotextil.	91

3.14.1.11. Porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso con geotextil.....	94
3.14.1.12. Porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso sin geotextil.....	95
3.15. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	99
3.16. APLICABILIDAD TECNICA DEL TRABAJO.....	101

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....	102
4.2. RECOMENDACIONES.....	105

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO I CARTAS Y CERTIFICADO DE CALIDAD.

ANEXO II REPORTE FOTOGRÁFICO.

ANEXO III TABULACIÓN DE DATOS.

ANEXO IV PLANILLAS DE CÁLCULO DE PERMEABILIDAD.

ANEXO V PLANILLAS DE CÁLCULO DE COLMATACIÓN.

ANEXO VI PLANILLAS DE CÁLCULO DE PORCENTAJE DE PARTÍCULAS QUE PASAN.

ANEXO VII PLANILLAS DE ENSAYOS COMPLEMENTARIOS.

ANEXO VIII ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

ÍNDICE DE TABLAS	Página
Tabla 1.1 Operacionalización de las variables.....	6
Tabla 1.2 Confianza.....	8
Tabla 1.3 Tamaño de muestras.....	9
Tabla 1.4 Lista de actividades.....	10
Tabla 1.5 Definición del método según perspectiva.....	11
Tabla 2.1 Requisitos del material granular drenante.....	36
Tabla 2.2 Serie de tamices.....	37
Tabla 2.3 Carga abrasiva en maquina de los Ángeles.....	43
Tabla 2.4 Granulometrías de la muestra de ensayo.....	43
Tabla 2.5 Tamiz empleado para determinar la perdida frente a la acción soluciones de sulfato.....	46
Tabla 2.6 Masa mínima de ensayo para determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable.....	46
Tabla 2.7 Tamaño del tamiz para remover el residuo de terrones de arcilla y partículas deleznable.....	47
Tabla 2.8 Masa mínima de ensayo para determinar la cantidad de partículas livianas en un agregado.....	48
Tabla 3.1 Clasificación granulométrica material granular drenante.....	53
Tabla 3.2 Clasificación granulométrica suelo arcilloso.....	54
Tabla 3.3 Clasificación granulométrica suelo arenoso.....	55
Tabla 3.4 Ensayo de desgaste en la máquina de los Ángeles.....	56
Tabla 3.5 Determinación del índice de plasticidad.....	58
Tabla 3.6 Determinación del límite plástico.....	59
Tabla 3.7 Resultados clasificacion material granular drenante.....	59
Tabla 3.8 Coeficiente de permeabilidad, permeámetro con geotextil suelo arcilloso, tiempo de 2 días.....	60
Tabla 3.9 Coeficiente de permeabilidad, permeámetro sin geotextil suelo arcilloso, tiempo de 2 días.....	61
Tabla 3.10 Coeficiente de permeabilidad, permeámetro con geotextil suelo arenoso, tiempo de 2 días.....	61

Tabla 3.11 Coeficiente de permeabilidad, permeámetro sin geotextil suelo arenoso, tiempo de 2 días	62
Tabla 3.12 Comparación de coeficientes de permeabilidad obtenidos	62
Tabla 3.13 Colmatación permeámetro con geotextil suelo arcilloso, tiempo 2 días...	64
Tabla 3.14 Colmatación permeámetro sin geotextil suelo arcilloso, tiempo 2 días....	64
Tabla 3.15 Colmatación permeámetro con geotextil suelo arenoso, tiempo 2 días	65
Tabla 3.16 Colmatación permeámetro sin geotextil suelo arenoso, tiempo 2 días	65
Tabla 3.17 Comparación de colmatación obtenida	66
Tabla 3.18 Porcentaje de partículas que pasan permeámetro con geotextil suelo arcilloso, tiempo de 2 días	67
Tabla 3.19 Porcentaje de partículas que pasan permeámetro sin geotextil suelo arcilloso, tiempo de 2 días	67
Tabla 3.20 Granulometría de porcentaje de partículas que pasan permeámetro sin geotextil suelo arcilloso, tiempo de 2 días	67
Tabla 3.21 Porcentaje de partículas que pasan permeámetro con geotextil suelo arenoso, tiempo de 2 días.....	68
Tabla 3.22 Porcentaje de partículas que pasan permeámetro sin geotextil suelo arenoso, tiempo de 2 días.....	68
Tabla 3.23 Granulometría de porcentaje de partículas que pasan permeámetro sin geotextil suelo arenoso, tiempo de 2 días	68
Tabla 3.24 Comparación de porcentaje de partículas que pasan	69
Tabla 3.25 Resumen estadístico permeabilidad suelo arcilloso con geotextil	69
Tabla 3.26 Frecuencias para permeabilidad de suelo arcilloso con geotextil	70
Tabla 3.27 Resumen estadístico permeabilidad suelo arcilloso sin geotextil	72
Tabla 3.28 Frecuencias para permeabilidad de suelo arcilloso sin geotextil	73
Tabla 3.29 Resumen estadístico permeabilidad suelo arenoso con geotextil	75
Tabla 3.30 Frecuencias para permeabilidad suelo arenoso con geotextil	76
Tabla 3.31 Resumen estadístico para permeabilidad suelo arenoso sin geotextil.....	78
Tabla 3.32 Frecuencias para permeabilidad suelo arenoso sin geotextil	79
Tabla 3.33 Resumen estadístico para colmatación suelo arcilloso sin geotextil.....	82
Tabla 3.34 Frecuencias para colmatación suelo arcilloso sin geotextil	82

Tabla 3.35 Resumen estadístico para colmatación suelo arenoso sin geotextil.....	85
Tabla 3.36 Frecuencias para colmatación suelo arenoso sin geotextil.....	85
Tabla 3.37 Resumen estadístico para porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso con geotextil.....	88
Tabla 3.38 Frecuencias para porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso con geotextil	89
Tabla 3.39 Resumen estadístico para porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso sin geotextil	91
Tabla 3.40 Frecuencias para porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso sin geotextil	92
Tabla 3.41 Resumen estadístico para porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso sin geotextil	95
Tabla 3.42 Frecuencias para porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso sin geotextil	96
Tabla 3.43 Análisis y comparación de resultados.....	99
Tabla 3.44 Análisis comparativo costo vida útil.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura 2.1 Tipos de subdrenes	18
Figura 2.2 Tipos de tegidos en geotextil	19
Figura 2.3 Disminución promedio de la presión de poros con el espaciamiento entre drenes	21
Figura 2.4 Subdrenes en taludes saturados de suelo arenoso y su efecto sobre el nivel freático	23
Figura 2.5 Solución analítica de red de flujo hacia un subdren	23
Figura 2.6 Líneas de flujo de agua con y sin subdren	24
Figura 2.7 Principios hidráulicos	26
Figura 2.8 Rango de permeabilidad y drenaje para distintos tipos de suelos	28
Figura 2.9 Proporciones en volumen-peso de un suelo.....	33
Figura 3.1 Material arenoso talud río Santa Ana	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS	Página
Gráfico 1 Histograma de frecuencias permeabilidad suelo arcilloso con geotextil	71
Gráfico 2 Dispersión permeabilidad suelo arcilloso con geotextil	71
Gráfico 3 Probabilidad normal permeabilidad suelo arcilloso con geotextil	72
Gráfico 4 Densidad suavizada permeabilidad suelo arcilloso con geotextil	72
Gráfico 5 Histograma de frecuencias permeabilidad suelo arcilloso sin geotextil	74
Gráfico 6 Dispersión permeabilidad suelo arcilloso sin geotextil	74
Gráfico 7 Probabilidad normal permeabilidad suelo arcilloso sin geotextil	75
Gráfico 8 Densidad suavizada permeabilidad suelo arcilloso sin geotextil	75
Gráfico 9 Histograma de frecuencias permeabilidad suelo arenoso con geotextil	77
Gráfico 10 Dispersión permeabilidad suelo arenoso con geotextil	77
Gráfico 11 Probabilidad normal permeabilidad suelo arenoso con geotextil	78
Gráfico 12 Densidad suavizada permeabilidad suelo arenoso con geotextil	78
Gráfico 13 Histograma permeabilidad suelo arenoso sin geotextil	80
Gráfico 14 Dispersión permeabilidad suelo arenoso sin geotextil	80
Gráfico 15 Probabilidad normal permeabilidad suelo arenoso sin geotextil	81
Gráfico 16 Densidad suavizada permeabilidad suelo arenoso sin geotextil	81
Gráfico 17 Histograma de frecuencias colmatación suelo arcilloso sin geotextil	83
Gráfico 18 Dispersión colmatación suelo arcilloso sin geotextil	83
Gráfico 19 Probabilidad normal colmatación suelo arcilloso sin geotextil	84
Gráfico 20 Densidad suavizada colmatación suelo arcilloso sin geotextil	84
Gráfico 21 Dispersión colmatación suelo arenoso sin geotextil	86
Gráfico 22 Histograma de frecuencias colmatación suelo arenoso sin geotextil	86
Gráfico 23 Probabilidad normal colmatación suelo arenoso sin geotextil	87
Gráfico 24 Densidad suavizada colmatación suelo arenoso sin geotextil	87
Gráfico 25 Dispersión porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso con geotextil	89
Gráfico 26 Histograma de frecuencias porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso con geotextil	90
Gráfico 27 Probabilidad normal porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso con geotextil	90

Gráfico 28 Densidad suavizada porcentaje de partículas que pasan suelo con geotextil.....	91
Gráfico 29 Dispersión porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso sin geotextil	93
Gráfico 30 Histograma de frecuencias porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso sin geotextil	93
Gráfico 31 Probabilidad normal porcentaje de partículas que pasan suelo sin geotextil.....	94
Gráfico 32 Densidad suavizada porcentaje de partículas que pasan suelo arcilloso sin geotextil.....	94
Gráfico 33 Dispersión porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso sin geotextil	96
Gráfico 34 Histograma de frecuencias porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso sin geotextil	97
Gráfico 35 Probabilidad normal porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso sin geotextil.....	97
Gráfico 36 Densidad suavizada porcentaje de partículas que pasan suelo arenoso sin geotextil.....	98