

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



**“DISEÑO DE DRENAJE SUPERFICIAL PARA LAS QUEBRADAS
PLUVIALES (EL COCO, PUCO, LOS PALOS Y LOS CHAÑARES) QUE
CRUZAN LA VÍA PRINCIPAL DE LA COMUNIDAD DE SAN MATEO”**

Por:

MARCO DANIEL SOSA ESTRADA

Semestre I - 2021

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS

**“DISEÑO DE DRENAJE SUPERFICIAL PARA LAS QUEBRADAS
PLUVIALES (EL COCO, PUCO, LOS PALOS Y LOS CHAÑARES) QUE
CRUZAN LA VÍA PRINCIPAL DE LA COMUNIDAD DE SAN MATEO”**

Por:

MARCO DANIEL SOSA ESTRADA

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

Semestre I - 2021

TARIJA – BOLIVIA

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez
DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGIA

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGIA

TRIBUNAL:

M. Sc. Ing. Juan Carlos Loza Vélez

M. Sc. Ing. Henry Monzón De Los Ríos

M. Sc. Ing. Moisés Agustín Lozano Velásquez

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

DEDICATORIA

A mis padres Roberto Sosa y Edelvina Estrada, 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.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me brindó salud, cariño, felicidad, ánimo y coraje para superar todos los obstáculos vividos.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. PROBLEMA.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación.....	2
1.1.3. Sistematización	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.3.1. Justificación académica	3
1.3.2. Justificación técnica.....	3
1.3.3. Justificación práctica	3
1.4. MARCO DE REFERENCIA.....	4
1.4.1. Marco teórico.....	4
1.4.2. Marco conceptual.....	7
1.4.3. Marco espacial	8
1.5. ALCANCE DEL PROYECTO.....	10

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. TRANSFORMACIÓN DE LLUVIA EN ESCURRIMIENTO	11
2.1.1. Método racional.....	11
2.1.2. Coeficiente de escorrentía (C)	11
2.1.3. Tormentas de diseño	16
2.1.4. Curvas IDF.....	16
2.1.5. Prueba estadística de homogeneidad (test de Mann-Kendall).....	19
2.1.6. Distribución Gumbel	20

2.1.7. Selección del Período de Retorno.....	21
2.1.8. Tiempo de concentración.....	22
2.2. ALCANTARILLAS	25
2.2.1. Ubicación, alineación y pendiente de conducto	25
2.2.2. Diseño hidráulico.....	27
2.2.3. Relaciones geométricas de alcantarillas cajón múltiples	36
2.3. DIQUES DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS	38
2.3.1. Selección del sitio de construcción.....	38
2.3.2. Material de construcción.....	39
2.3.3. Criterios de diseño	39
2.3.4. Diseño estructural	43
2.4. CANAL DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES	48
2.4.1. Criterios de diseño	48
2.4.2. Diseño hidráulico.....	49
2.4.3. Diseño estructural	51
2.5. CAIDA VERTICAL.....	52
2.5.1. Diseño hidráulico.....	53
2.5.2. Diseño estructural	54
CAPÍTULO III: HIDROLOGÍA DE ZONA DE ESTUDIO	
3.1. PERIODO DE RETORNO (T).....	55
3.2. ÁREA DE APORTE (A).....	55
3.3. PENDIENTE Y LONGITUD DE CAUCES PRINCIPALES	55
3.4. COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)	56
3.5. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c)	59
3.6. INTENSIDAD (I).....	61

3.6.1. Prueba estadística de homogeneidad (test de Mann-Kendall).....	63
3.6.2. Distribución Gumbel	63
3.6.3. Modelo de Sherman ($5\text{min} \leq D \leq 60 \text{ min}$).....	64
3.6.4. Modelo de Bernard ($5\text{min} \leq D \leq 60 \text{ min}$).....	67
3.6.5. Modelo de Sherman ($60 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$).....	69
3.6.6. Modelo de Bernard ($60 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$).....	70
3.6.7. Intensidad.....	70
3.7. CAUDALES MÁXIMOS.....	72
CAPÍTULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE OBRAS DE DRENAJE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS	
4.1. QUEBRADA “EL COCO”.....	73
4.1.1. Diseño de diques retención de sedimentos	73
4.1.2. Diseño de canal de encauzamiento	83
4.1.3. Diseño de caída vertical.....	84
4.1.4. Diseño de canal de evacuación	87
4.1.5. Caudal de desbordamiento.....	90
4.2. QUEBRADA “PUCO”	91
4.2.1. Dimensión estructural de alcantarilla cajón múltiple	91
4.2.2. Cálculo hidráulico.....	91
4.3. QUEBRADA “LOS PALOS”	94
4.3.1. Dimensión estructural de alcantarilla cajón múltiple	94
4.3.2. Cálculo hidráulico.....	95
4.4. QUEBRADA “LOS CHAÑARES”	98
4.4.1. Dimensión estructural de alcantarilla cajón múltiple	98
4.4.2. Cálculo hidráulico.....	98
CONCLUSIONES.....	101

RECOMENDACIONES	102
-----------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	
--------------------	--

ANEXOS	
--------------	--

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Métodos hidrológicos en función a áreas de cuenca	11
Tabla 2: Valores propuestos por Molchanov.....	12
Tabla 3: Valores propuestos por Pevert.....	13
Tabla 4: Factores para la fórmula de Nadal.....	14
Tabla 5: V_{crit} para diferentes niveles de significación α	20
Tabla 6: Periodos de retorno para drenaje canalizado	21
Tabla 7: Periodos de retorno para drenaje en carreteras.....	21
Tabla 8: Fórmulas para estimar el tiempo de concentración (T_c).....	23
Tabla 9: Carga hidráulica de diseño	28
Tabla 10: Velocidades máximas admisibles (m/s) en canales no revestidos	28
Tabla 11: Clasificación de tubos y cajones, según condiciones de entrada para el cálculo de H_e , con control de entrada.....	30
Tabla 12: Coeficientes de pérdida de carga a la entrada en alcantarillados con control de entrada	33
Tabla 13: Relaciones geométricas para cajón doble.....	36
Tabla 14: Relaciones geométricas para cajón triple	37
Tabla 15: Factores de sedimento de Lacey.....	40
Tabla 16: Factores de ajuste de socavación.....	40
Tabla 17: Valores de área	55
Tabla 18: Parámetros de cauce principal.....	56
Tabla 19: Valores de "C" por método de Nadal	56
Tabla 20: Valores de "C" por método de Keler.....	57
Tabla 21: Valores de "C" por método de SCS.....	58
Tabla 22: Valores de "C" por método MOPU	59
Tabla 23: Parámetros para estimación de T_c	59
Tabla 24: Valores generales de T_c	60

Tabla 25: División de serie de resultados de T_c	60
Tabla 26: Valor final de T_c	61
Tabla 27: Precipitaciones máximas ($5\text{min} \leq D \leq 60\text{ min}$).....	62
Tabla 28: Precipitaciones máximas ($60\text{ min} \leq D \leq 1440\text{ min}$).....	62
Tabla 29: Test de Mann-Kendall	63
Tabla 30: Precipitación para T años, según Gumbel	64
Tabla 31: Intensidad para T años ($5\text{ min} \leq D \leq 60\text{ min}$)	64
Tabla 32: Correlación múltiple para Sherman ($5\text{ min} \leq D \leq 60\text{ min}$)	65
Tabla 33: Correlación múltiple para Bernard ($5\text{ min} \leq D \leq 60\text{ min}$).....	67
Tabla 34: Intensidad para T años ($60\text{ min} \leq D \leq 1440\text{ min}$)	69
Tabla 35: Comparación de ecuaciones	71
Tabla 36: Resultados de estimación de intensidad	71
Tabla 37: Caudales máximos.....	72
Tabla 38: Dimensiones comerciales de gaviones	73
Tabla 39: Resultados de socavación (dique 0+000 m).....	74
Tabla 40: Teorema de Steiner (dique 0+000 m).....	77
Tabla 41: Resultados de socavación (dique 0+021 m).....	79
Tabla 42: Teorema de Steiner (dique 0+021 m).....	81
Tabla 43: Comportamiento hidráulico alcantarilla Puco	92
Tabla 44: Comportamiento hidráulico alcantarilla Los Palos	95
Tabla 45: Comportamiento hidráulico alcantarilla Los Chañares	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cauces con fuerte esviaje respecto del eje del camino	26
Figura 2: Altura de entrada para alcantarillas tipo cajón.....	31
Figura 3: Esguimientos en alcantarillas con control de salida (Clase I)	34
Figura 4: Esguimientos en alcantarillas con control de salida (Clase II).....	35
Figura 5: Distribución de cargas de camión de diseño HS20-44	38
Figura 6: Geometría del flujo en caídas.....	43
Figura 7: Dimensiones de dique de retención de sedimentos.....	43
Figura 8: Fuerzas actuantes en dique de retención de sedimentos	44

Figura 9: Perfil longitudinal del flujo en alcantarilla Puco	93
Figura 10: Perfil longitudinal del flujo de desbordamiento en alcantarilla Puco	94
Figura 11: Perfil longitudinal del flujo en alcantarilla Los Palos	96
Figura 12: Perfil longitudinal del flujo de desbordamiento en alcantarilla Los Palos	97
Figura 13: Perfil longitudinal del flujo en alcantarilla Los Chañares.....	99
Figura 14: Perfil longitudinal del flujo de desbordamiento en alcantarilla Los Chañares .	100

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Vista general de las quebradas de la comunidad de San Mateo	9
---	---

ÍNDICE DE ANEXOS

A. Carta solicitud de la comunidad	
B. Ubicación de zona de proyecto	
C. Número de curva	
D. Perfiles longitudinales de cauce principal	
E. Precipitaciones máximas acumuladas (estación pluviométrica El Tejar)	
F. Precipitaciones anuales (estación pluviométrica El Tejar)	
G. Áreas de cuencas en estudio	
H. Análisis de los datos de precipitación de estación Campus Universitario (escala temporal)	
I. Prueba de bondad de ajuste y aplicación de distribución Gumbel	
J. Modelos matemáticos por correlación múltiple lineal y su precisión según estadística	
K. Curvas IDF ($5 \text{ min} \leq D \leq 60 \text{ min}$)	
L. Curvas IDF ($60 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$)	
M. Sección transversal para diseño de diques de sedimentación en quebrada “El Coco”	
N. Caudal unitario (q) y factor de sedimento de Lacey (f)	
O. Diseño y análisis estructural	
P. Planos de diseño	