

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“COMPARACIÓN DE ALCANTARILLAS DE SECCIÓN
RECTANGULAR Y CIRCULAR EN FUNCIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO TIPO I, TIPO II Y TIPO III”**

AUTOR:

MYRIAM TINTILAY TOLABA

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

JULIO DEL 2013

TARIJA–BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“COMPARACIÓN DE ALCANTARILLAS DE SECCIÓN
RECTANGULAR Y CIRCULAR EN FUNCIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO TIPO I, TIPO II Y TIPO III”**

Realizado por:

MYRIAM TINTILAY TOLABA

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502

TARIJA – BOLIVIA

El docente y tribunal evaluador del presente Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleados en la elaboración del actual trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Este trabajo está ofrendado a DIOS, por darme la vida.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin su cooperación, jamás hubiese alcanzado conseguir lo que hasta ahora. Su perseverancia y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos. A quienes consagro este proyecto, que sin su colaboración, no hubiese podido ser logrado.

AGRADECIMIENTO

Gratitud principalmente a Dios por darme las fuerzas para seguir adelante, cuando estuve en los momentos más críticos de mi carrera. Y hacerme ver que siempre hay solución ante cada problema no importa el tamaño que sea. A mis padres quiénes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades. A mis Profesores y Docentes a aquellos que les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza, preparándonos para un futuro competitivo y estableciéndonos como personas de bien.

.

PENSAMIENTO

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

Albert Einstein

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

CAPITULO I - INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.-	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	4
1.4.1 HIPÓTESIS DE PRIMER GRADO	4
1.4.2 HIPÓTESIS DE SEGUNDO GRADO.....	4
1.4.3 HIPÓTESIS DE TERCER GRADO.....	5

CAPITULO II - CONCEPTOS GENERALES DE ALCANTARILLAS

2.1 CONCEPTOS GENERALES - ALCANTARILLAS	6
2.2 TIPOLOGÍA	7
2.2.1 ALCANTARILLA TRANSVERSAL.-	7
2.2.2 ALCANTARILLA LONGITUDINAL.-	7
2.3 ELECCIÓN DEL TIPO DE ALCANTARILLA	7
2.3.1 FORMA Y SECCIÓN	7
2.3.2 MATERIALES	9
2.4 UBICACIÓN Y PENDIENTE	10
2.4.1 UBICACIÓN	10
2.4.2 PENDIENTE	13
2.5 ABRASIÓN	14
2.6 CORROSIÓN.....	14
2.7 EROSIÓN	15

CAPITULO III - HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS

3.1 INTRODUCCIÓN	16
3.2 FLUJO EN CANALES ABIERTOS.....	16
3.2.1 CLASIFICACIÓN DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS.....	16
3.2.1.1 FLUJO PERMANENTE Y FLUJO NO PERMANENTE	17
3.2.1.2 FLUJO UNIFORME Y FLUJO VARIADO	17
3.3 EFECTO DE LA GRAVEDAD	20
3.3.1 NÚMERO DE FROUDE	20
3.4 REGÍMENES DE FLUJO.....	22

3.5 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL	23
3.5.1 RELACIONES GEOMÉTRICAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES MAS FRECUENTES.....	25
3.6 ENERGÍA Y FENÓMENOS LOCALES EN CANALES ABIERTOS	30
3.6.1 ENERGÍA DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS	30
3.6.2 ENERGÍA ESPECÍFICA	35
3.6.3 FENÓMENOS LOCALES	38
3.6.3.1 RESALTO HIDRÁULICO	38
3.6.3.1.1 ECUACIÓN GENERAL DEL RESALTO HIDRÁULICO	41
3.6.3.1.2 ECUACIONES DEL RESALTO HIDRÁULICO PARA DIFERENTES FORMAS DE SECCIÓN	43
3.6.3.1.3 FORMAS DE RESALTO EN CANALES CON PENDIENTE CASI HORIZONTAL	45
3.6.3.1.4 UBICACIÓN DEL RESALTO HIDRÁULICO	48
3.7 FLUJO CRÍTICO.....	49
3.7.1 CRITERIO PARA EL ESTADO CRÍTICO DEL FLUJO.....	50
3.7.1.1 CAUDAL CRÍTICO	53
3.7.1.2 TIRANTE CRÍTICO	53
3.7.1.3 VELOCIDAD CRÍTICA	53
3.7.1.4 RÉGIMEN SUBCRÍTICO	53
3.7.1.5 RÉGIMEN SUPERCRÍTICO.....	53
3.7.2 ECUACIÓN DEL RÉGIMEN CRÍTICO	55
3.7.2.1 CONDICIÓN PARA LA ENERGÍA ESPECIFICA MÍNIMA (Q CONSTANTE)	55
3.7.2.2 RELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS PARA UN RÉGIMEN CRÍTICO	56
3.8 FLUJO GRADUALMENTE VARIADO.....	60
3.8.1 DEFINICIÓN	60
3.8.2 CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES	61
3.8.3 SECCIÓN DE CONTROL	62
3.9 HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS	63
3.9.1 FLUJO A TRAVÉS DE ALCANTARILLAS	64
3.9.1.1 FLUJO TIPO I.....	66
3.9.1.2 FLUJO TIPO II.....	69
3.9.1.3 FLUJO TIPO III	71
3.9.2 COEFICIENTE DE GASTO PARA LOS FLUJOS TIPO I, II, III	73

CAPITULO IV - DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL MODELO

4.1 INTRODUCCIÓN.-	75
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS DIMENSIONES DEL MODELO, EL ESPACIO Y EL CAUDAL DISPONIBLES.	75
4.3 DISEÑO GEOMÉTRICO E HIDRÁULICO DEL MODELO:	76
4.4 CONSTRUCCIÓN , MONTAJE Y FUNCIONAMIENTO DEL MODELO	77
4.5 DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO.	83

CAPITULO V - PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DEL PROYECTO

5.1 VERIFICACIONES SEGÚN EL TIPO DE FLUJO QUE SE PRESENTA EN ALCANTARILLAS.	89
5.1.1 FLUJO TIPO I.	89
5.1.2 FLUJO TIPO II	91
5.1.3 FLUJO TIPO III.	93
5.2 CÁLCULO DE LOS CAUDALES PARA CADA TIPO DE FLUJO	95
5.2.1 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO I.	95
5.2.2 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO II	97
5.2.3 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO III.	99
5.3 RESUMEN DE CAUDALES	101
5.3.1 CAUDAL FLUJO TIPO I.	101
5.3.2 CAUDAL FLUJO TIPO II	103
5.3.3 CAUDAL FLUJO TIPO III.	105
5.4 CURVAS SUPERFICIALES	107
5.4.1 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO I.	107
5.4.2 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO II	115
5.4.3 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO III.	123
5.5 VARIACIÓN Y LÍNEA DE ENERGÍA	131
5.5.1 ENERGÍA EN EL FLUJO TIPO I.	131
5.5.2 ENERGÍA EN EL FLUJO TIPO II	133
5.5.3 ENERGÍA EN EL FLUJO TIPO III.	135
5.6 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA	137
5.6.1 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA - FLUJO TIPO I.	137
5.6.2 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA - FLUJO TIPO II	139

5.6.3 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA - FLUJO TIPO III.....	141
5.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
CONCLUSIONES.....	146
RECOMENDACIONES.....	147
BIBLIOGRAFÍA.....	148
ANEXOS	150

ÍNDICE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 2-1: CAUCES CON FUERTE ESVAJE RESPECTO DEL EJE DEL CAMINO.....	11
FIGURA 2-2: UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS, RESPECTO DE LA PENDIENTE DEL CAUCE	13
FIGURA 3-1: FLUJO UNIFORME PERMANENTE.....	18
FIGURA 3-2: FLUJO UNIFORME NO PERMANENTE	19
FIGURA 3-3: FLUJO RÁPIDAMENTE VARIADO	19
FIGURA 3-4: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO	20
FIGURA 3-5: RELACIÓN PROFUNDIDAD-VELOCIDAD PARA CUATRO REGÍMENES	22
FIGURA 3-6: ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL.	23
FIGURA 3-7: SECCIÓN RECTANGULAR.....	25
FIGURA 3-8: SECCIÓN CIRCULAR	26
FIGURA 3-9: ENERGIA TOTAL EN UNA SECCION DE UN CANAL.....	30
FIGURA 3-10: ENERGIA DE UN FLUJO GRADUALMENTE VARIADO	31
FIGURA 3-11: LÍNEA DE ALTURAS TOTALES, PIEZOMÉTRICAS Y HORIZONTE DE ENERGÍA	33
FIGURA 3-12: ENERGÍAS EN LAS SECCIONES 1 Y 2.....	34
FIGURA 3-13: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA	36
FIGURA 3-14: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA	37
FIGURA 3-15: RESALTO HIDRÁULICO.....	38
FIGURA 3-16: LUGARES APROPIADOS PARA FORMARSE EL RESALTO HIDRÁULICO	39
FIGURA 3-17: ELEMENTOS DEL RESALTO HIDRÁULICO	40
FIGURA 3-18: VOLUMEN DE CONTROL.....	42
FIGURA 3-19: RESALTO ONDULADO.....	46
FIGURA 3-20: RESALTO DÉBIL.....	46
FIGURA 3-21: RESALTO OSCILANTE.....	46
FIGURA 3-22: RESALTO ESTABLE.....	47
FIGURA 3-23: RESALTO FUERTE	47

	PÁGINA
FIGURA 3-24: UBICACIÓN DEL RESALTO HIDRÁULICO	48
FIGURA 3-25: RESALTO BARRIDO	48
FIGURA 3-26: RESALTO CLARO.....	49
FIGURA 3-27: RESALTO AHOGADO	49
FIGURA 3-28: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL.....	50
FIGURA 3-29: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA	54
FIGURA 3-30: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL.....	55
FIGURA 3-31: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL RECTANGULAR	56
FIGURA 3-32: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL CIRCULAR	58
FIGURA 3-33: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO	60
FIGURA 3-34: EJEMPLO DE UNA SECCIÓN DE CONTROL.....	63
FIGURA 3-35: VISTA EN PLANTA DE UNA ALCANTARILLA	64
FIGURA 3-36: DEFINICIÓN ESQUEMÁTICA DEL FLUJO EN ALCANTARILLAS	64
FIGURA 3-37 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FLUJO EN ALCANTARILLAS	65
FIGURA 3-38: FLUJO TIPO I.....	66
FIGURA 3-39: FLUJO TIPO II	69
FIGURA 3-40: FLUJO TIPO III.....	71
FIGURA 3-41: COEFICIENTE BASE DE GASTO PARA FLUJO TIPO 1, 2 Y 3 EN ALCANTARILLAS CIRCULARES CON ENTRADAS CUADRADAS MONTADAS A PAÑO EN PARED VERTICAL (BODHAINE, 1976)	73
FIGURA 3-42: COEFICIENTE DE GASTO BASE PARA FLUJOS TIPO 1, 2 Y 3 EN ALCANTARILLAS RECTANGULARES CON ENTRADA CUADRADA MONTADAS A PAÑO EN PARED VERTICAL (BODHAINE, 1976)	73
FIGURA 3-43: RELACIÓN $Y1/D$, C_D Y TIRANTE CRITICO PARA ALCANTARILLAS CIRCULARES (BODHAINE, 1976)	74

ÍNDICE TABLAS

	PÁGINA
TABLA 3-1: SECCIONES TRANSVERSALES MÁS FRECUENTES.....	29
TABLA 3-2 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FLUJO EN ALCANTARILLAS	66
TABLA 3-3: COEFICIENTES DE PÉRDIDA DE CARGA EN LA ENTRADA (KE) PARA ALCANTARILLAS DE HORMIGÓN	68
TABLA 4-1: DIMENSIONES PARA LA MODELACIÓN.....	75
TABLA 4-2: DISTRIBUCIÓN DE TOMAS PIEZOMÉTRICA	76