

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



**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN UN CANAL DE
ADUCCIÓN DE AGUA POTABLE**

**APLICACIÓN PRACTICA: ADUCCIÓN DE AGUA “VERTEDERO RINCÓN DE
LA VICTORIA A DESARENADOR TABLADITA DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

CRISTIAN MARCELO SANGUINO VALENCIA

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

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

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN UN CANAL DE
ADUCCIÓN DE AGUA POTABLE”**

**APLICACIÓN PRÁCTICA: ADUCCIÓN DE AGUA “VERTEDERO RINCÓN DE
LA VICTORIA A DESARENADOR TABLADITA DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

CRISTIAN MARCELO SANGUINO VALENCIA

SEMESTRE I - 2019

TARIJA –BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez
Gozalvez
DECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Nelson Rodríguez Lezana

.....
Ing. Juan Carlos Loza V.

.....
Ing. Henry Monzón de los Ríos

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

PENSAMIENTO

Porque yo sé los pensamientos que tengo acerca de vosotros, dice jehová, pensamientos de paz, y no de mal, para daros el fin que esperáis.

Jeremías 29:11

DEDICATORIA

A Dios, quien me dio: fe, sabiduría, fortaleza y esperanza para poder culminar este trabajo.

A mis padres por haber depositado su confianza en mí, y tenido la paciencia en los momentos más difíciles de esta etapa de mi vida; mis tías Magdalena Sanguino, Cira Sanguino por su apoyo incondicional; a mi querida mamá Teresa que me enseñó a luchar por mis sueños y cumplir las metas propuestas en la vida, mi familia y finalmente a mi prima Kimberly por ser la persona que depositó su cariño en mí; a todos el grupo de amigos Ányelo, Raúl, Nataly, Luis, Silvia, Oscar, Aleyda, Vanessa, Fernando, Judith, M. Rene y Eladio mi más sincero afecto y gratitud.

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto es el resultado del sacrificio y esfuerzo de muchas personas, que directa o indirectamente, participaron a lo largo de la ejecución de este trabajo, dándome sus consejos brindándome el apoyo técnico y sobre todo su amistad.

Al director de infraestructura de COSAALT Ing. Gualberto Alarcón, a los técnicos y encargados de la planta del sistema de aducción y a todos quienes aportaron en la elaboración de este trabajo, les doy mis más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE

Revisión gramatical
Ética de autoría del proyecto
Pensamiento
Dedicatoria
Agradecimiento
Resumen ejecutivo

CAPÍTULO I

Pag.

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción:	1
1.2. Problema de investigación:	2
1.3. Planteamiento del problema:	2
1.4. Formulación del problema:	2
1.5. Sistematización del problema:	3
1.6. Objetivos del proyecto:	3
1.6.1. Objetivo general:	3
1.6.2. Objetivos específicos:	3
1.7. Hipótesis	3
1.7.1. Hipótesis de la Investigación de Primer Grado:	3
1.7.2. Hipótesis de la Investigación de Segundo Grado:	4
1.7.3. Hipótesis de la Investigación de Segundo Grado:	4
1.7.4. Variables	4
1.7.5. Variable Independiente:	4
1.7.6. Variable Dependiente:	4
1.8. Justificación del proyecto:	4
1.8.1. Justificación académica:	5
1.8.2. Justificación técnica:	5
1.8.3. Justificación social:	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Pérdidas de agua	6

2.1.1.	Tipos de pérdidas	10
2.2.	Pérdidas reales	13
2.2.1.	Clasificación	13
2.2.2.	Tamaño y tiempo de la fuga.....	14
2.2.3.	Causas de las pérdidas reales	15
2.2.4.	Colectores y Uniones Defectuosos.....	16
2.2.5.	Diseño e instalación /calidad de la mano de obra	17
2.2.6.	Impactos de las pérdidas reales	18
2.3.	Pérdidas aparentes.....	20
2.3.1.	Clasificación	20
2.3.2.	Razones de las pérdidas aparentes	21
2.4.	Determinación de las pérdidas aparentes	22
2.4.1.	Consumo no autorizado	22
2.4.2.	Mediciones de consumo autorizado	23
2.5.	Determinación de las pérdidas por Evaporación.....	28
2.6.	Desperdicio	29
2.6.2.	Hidráulica y Construcción	31
2.7.	Canales Abiertos y sus Propiedades.....	32
2.7.1.	Clases de Canales Abiertos	32
2.7.2.	Geometría de Canal.....	33
2.8.	Definición de vertederos	34
2.9.	Clasificación de los vertederos	35
2.9.1.	Vertederos de pared delgada	36
2.10.	Marco conceptual:.....	37
2.10.1.	Marco Institucional:	41
2.10.2.	Marco espacial:	45
2.10.3.	Marco temporal:	45
2.11.	Alcance:	45

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNIDADES Y PARTES DEL CANAL DE ADUCCIÓN DE EL RINCÓN DE LA VICTORIA 46

3.1.	Ubicación geográfica del proyecto	46
------	-----------------------------------------	----

3.2.	Coordenadas UTM y geodésicas.....	49
3.3.	Descripción general del sistema de aducción del Rincón de la Victoria	49
3.4.	Componentes del sistema de Aducción:	50
3.4.1.	Fuentes de abastecimiento (Obras de toma).....	50
3.4.2.	Canal de Aducción.....	50
3.4.3.	Vertederos o medidores de flujo	50
3.5.	Fuentes de abastecimiento del canal de aducción Rincón de la Victoria.....	50
3.5.1.	Río La Victoria.....	50
3.6.	Obras de toma sobre el río La Victoria	52
3.6.1.	Presa de derivación	52
3.6.2.	Toma directa	53
3.6.3.	Galería filtrante	53
3.7.	Aducción Rincón de la Vitoria - Desarenador Tabladita	54
3.7.1.	Diagnóstico	55
3.8.	Vertedero de entrada Rincón de la Victoria.....	56
3.8.1.	Diagnóstico	57
3.9.	Vertedero de salida Desarenador Tabladita	58
3.9.1.	Diagnóstico	58

CAPÍTULO IV

4.	DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL TRANSPORTE DE AGUA POTABLE DEL SISTEMA DE ADUCCIÓN.....	60
4.1.	Determinación de caudal de entrada y caudal de salida.....	60
4.1.1.	Determinación de la eficiencia del canal de aducción	65
4.1.2.	Cálculo de eficiencia e hipótesis de variación de caudal	68
4.2.	Determinación de las pérdidas aparentes	72
4.2.1.	Medición de Caudales de Usuarios.....	72
4.3.	Determinación de las pérdidas por Evaporación.....	82
4.4.	Determinación de las pérdidas reales.....	82
4.4.1.	Caudales medidos COSAALT Ltda.....	83
4.4.2.	Caudales medidos en campo	83
4.5.	Cálculo de caudales por tramos de 500 m. Rincón de la Victoria	84
4.6.	Estudio económico de la eficiencia del sistema de aducción.....	87

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
5.1. Análisis de caudales y eficiencia del sistema de aducción	90
5.2. Análisis de pérdidas registradas en el Sistema de Aducción	93
5.3. Análisis del tramo más crítico del Sistema de Aducción.....	93
5.4. Análisis comparativo de costos de pérdidas.....	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
Conclusiones	96
Recomendaciones	97
BIBLIOGRAFÍA.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Distribución global de la escases física y económica del agua	6
Figura 2-2: La tasa del flujo de fuga de un único agujero de 6 mm.....	8
Figura 2-3: Los cuatro métodos de intervención centrales para combatir las pérdidas.....	10
Figura 2-4: Factores clave que influyen las fugas, según la OMS	13
Figura 2-5: Relación entre tasa de fuga (Q) y tiempo de fuga (t).....	15
Figura 2-6: Grafica de pérdidas en un canal.....	23
Figura 2-7: Aforo Volumétrico	24
Figura 2-8: Posición de sensores	26
Figura 2-9: Posiciones Adecuadas Flujómetro.....	27
Figura 2-10: Elementos geométricos de secciones de canal	34
Figura 2-11: Vertedero de pared delgada.....	36
Figura 2-12: Vertedero de pared gruesa.....	37
Figura 3-1: Mapa de Bolivia	47
Figura 3-2: Mapa de Tarija.....	47
Figura 3-3: Mapa Provincia Méndez.....	48
Figura 3-4: Mapa Provincia Cercado	48
Figura 3-5: Trazo del sistema de Aducción del Rincón de la Victoria	49
Figura 3-6: Sección transversal del canal.....	54
Figura 3-7: Sección longitudinal del vertedero	57
Figura 3-8: Sección Transversal del vertedero.....	57
Figura 3-9: Sección Transversal del vertedero.....	58
Figura 4-1: Curva de calibración Rincón de la Victoria	61
Figura 4-2: Curva de calibración Rincón de la Victoria	61
Figura 4-3: Variación de Caudales gestión 2017	64
Figura 4-4: Variación de Caudales en la gestión 2018.....	64
Figura 4-5: Variación de Caudales gestión 2017	71
Figura 4-6: Variación de Caudales gestión 2018	71
Figura 4-7: Variación de Caudales 1/2"	78
Figura 4-8: Variación de Caudales 2"	79
Figura 4-9: Pérdidas por tramos en (%)	86
Figura 4-10: Pérdidas por tramo en (%).....	87
Figura 4-11: Comparación económica de ingresos y egresos de pérdidas	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Terminología estándar para el balance hídrico de acuerdo a la IWA	11
Tabla 3-1: Coordenadas UTM y Geográficas	49
Tabla 3-2: Componentes del sistema de Aducción COSAALT Ltda.....	51
Tabla 3-3: Resumen de fuentes de abastecimiento a la planta de tratamiento “Tabladita”	54
Tabla 3-4: Características del Vertedero Rincón de la Victoria.....	56
Tabla 3-5: Características del vertedero desarenador Tabladita.....	58
Tabla 4-1: Caudales mensuales de entrada y salida del sistema	63
Tabla 4-2: Caudales mensuales generados de entrada y salida del sistema	66
Tabla 4-3: Tabla de caudales medidos en época seca	68
Tabla 4-4: Tabla de caudales medios en época húmeda	68
Tabla 4-5: Tabla de caudales medidos en época seca	68
Tabla 4-6: Tabla de Caudales medios en época húmeda.....	69
Tabla 4-7: Diferencia entre caudales de COSAALT Ltda. y campo época seca.....	69
Tabla 4-8: Diferencia entre caudales de COSAALT Ltda. y campo época húmeda.....	69
Tabla 4-9: Caudales mensuales generados de entrada y salida del sistema	70
Tabla 4-10: Primera medición de pérdidas aparentes	74
Tabla 4-11: Segunda medición de pérdidas aparentes	75
Tabla 4-12: Tercera medición de pérdidas aparentes	76
Tabla 4-13: Caudales medidos cada 30 minutos	78
Tabla 4-14: Caudales medidos cada 30 minutos	79
Tabla 4-15: Caudales Ajustados (l/s)	81
Tabla 4-16: Caudales de COSAALT Ltda. en época húmeda y seca.....	83
Tabla 4-17: Caudales de campo en época húmeda y seca.....	83
Tabla 4-18: Datos de campo época de estiaje	85
Tabla 4-19: Medición de Caudales en época húmeda	86
Tabla 4-20: Producción de agua potable gestión 2018.....	87
Tabla 4-21: Ingresos de la gestión 2018.....	88
Tabla 4-22: Ingresos de servicios de agua potable gestión 2018	88
Tabla 4-23: Presupuesto general de mantenimiento.....	89

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 2.1: Puntos de aforo volumétrico.....	25
Fotografía 3.1: Canal de Aducción Rincón de la Victoria	46
Fotografía 3.2: Rio de la Victoria.....	51
Fotografía 3.3: Rio de la Victoria.....	52
Fotografía 3.4: Obra de Toma directa	53
Fotografía 3.5: Canal de Aducción	55
Fotografía 3.6: Cámara de desfogue Desarenador	59
Fotografía 4.1: Puntos de aforo volumétrico.....	72
Fotografía 4.2: Medición flujograma ultrasónico.....	73
Fotografía 4.3: Mediciones con Flujómetro	77
Fotografía 4.4: Aforo Cada 500 m.	85

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I “CROQUIS DE UBICACIÓN”

ANEXO II “REGISTRO VARIACIÓN DE CAUDALES APARENTES”

ANEXO III “REGISTRO TIRANTES DATOS DE ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA 2017-2018”

ANEXO IV “CURVAS CALIBRADAS DE COSAALT LTDA.”

ANEXO V “INFORMES DE AFORO CADA 500 M.”

ANEXO VI “ACTA DE USUARIOS CON CONEXIONES AUTORIZADAS”

ANEXO VII “FICHA TÉCNICA FLUJÓMETRO ULTRASÓNICO”

ANEXO VIII “CARTAS Y ACTAS DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN”

ANEXO IX “INFORME FOTOGRÁFICO”

ANEXO X “REGISTRO DE CAUDALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA 2017-2018”

ANEXO XI “REGISTRO DE CAUDALES DE PRODUCCIÓN GESTIÓN 2016-2018”

ANEXO XII “PRESUPUESTOS DE INGRESO PRODUCCIÓN GESTIÓN 2016-2018”

ANEXO XIII “PRECIOS UNITARIOS MANTENIMIENTO SISTEMA DE ADUCCIÓN”