

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRAÚLICA Y OBRAS SANITARIAS**



**“DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE UN SISTEMA DE RIEGO  
POR GOTEO APLICACIÓN PRÁCTICA: SISTEMA DE RIEGO JAILIA  
(PROVINCIA SUD CINTI - CHUQUISACA)”**

**Por:**

**ELADIO ALVAREZ RODRIGUEZ**

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.

**SEMESTRE II-2018**

**TARIJA-BOLIVIA**

#### Dedicatoria:

Dedico esta tesis a mi familia que me ayudó de forma incondicional a concluir este trabajo. Especialmente a mis hermanos que siempre estuvieron ahí para apoyarme en todo momento aconsejándome y alentándome para concluir con este trabajo, a mis padres, aunque no están conmigo, pero me inculcaron el deber que teníamos que estudiar y salir adelante. Y mis agradecimientos especiales a mi hermana Ely que es como una madre para mí que siempre estuvo apoyándome, guiándome, alentándome y una infinidad de cosas que hizo por mí en este tiempo de estudio. A Cintia mi hermana mi amiga que me apoyó en momentos difíciles. Julio, mi hermano, que estuvo para guiarme en la realización de este trabajo y en los años de estudio.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.2.1 Técnica .....	5
1.2.2 Social.....	5
1.3 OBJETIVOS .....	5
1.3.1 Objetivo general .....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 HIPÓTESIS.....	6
1.4.1 Identificación de variables.....	6
1.5 LIMITANTES DEL ESTUDIO .....	6

### CAPÍTULO II

#### MARCO REFERENCIAL

2 MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 SISTEMAS DE RIEGO.....	7
2.2 MÉTODOS DE RIEGO .....	8
2.2.1 Riego superficial.....	8
2.2.2 Riego sub-superficial.....	9
2.2.3 Riego tecnificado.....	9
2.2.3.1 Riego por aspersión.....	9
2.2.3.2 Riego por goteo .....	10
2.2.3.2.1 Descripción del riego por goteo .....	11
2.2.3.2.2 Ventajas y desventajas del riego por goteo. ....	13
2.2.3.2.3 Componentes de un sistema de riego por goteo .....	14
2.2.3.2.3.1 Fuente de agua.....	15

	Pág.
2.2.3.2.3.2 Fuentes de energía .....	15
2.2.3.2.3.3 Cabezal de control .....	16
2.2.3.2.3.4 Red de tuberías .....	20
2.2.3.2.3.5 Emisores .....	21
2.2.3.2.3.6 Dispositivos de medida de control y protección .....	24
2.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	27
2.3.1 Tipos de evaluación.....	27
2.4 ¿CUÁNDO REALIZAR UNA EVALUACIÓN?.....	28
2.5 EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	28
2.5.1 Unidades de riego.....	29
2.5.2 Laterales y emisores .....	29
2.6 DIAGNÓSTICO DE UN SISTEMA DE RIEGO.....	30
2.7 MARCO CONCEPTUAL .....	30

### **CAPÍTULO III METODOLOGÍAS**

3 METODOLOGÍAS DE ESTUDIO .....	32
3.1 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE RIEGO .....	32
3.2 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO .....	33
3.2.1 Material necesario para la evaluación .....	33
3.2.2 Descripción de la metodología .....	33
3.2.2.1 Evaluación de presiones en la red de distribución .....	34
3.2.2.1.1 Sectores de riego .....	35
3.2.2.1.2 Laterales .....	35
3.2.2.2 Evaluaciones de presión a la entrada del lateral.....	36
3.2.2.3 Evaluación de la subunidad o sector de riego .....	37
3.2.2.3.1 Cálculo de coeficientes de uniformidad de caudales (CUC).....	39
3.2.2.3.2 Cálculo del coeficiente de unidad de presiones (CUP) .....	39
3.2.2.3.3 Uniformidad de la instalación .....	40

**CAPÍTULO IV**  
**APLICACIONES PRÁCTICAS**

	Pág.
4 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE RIEGO .....	42
4.1 SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO “JAILIA” .....	42
4.1.1 Datos generales.....	42
4.1.2 Ubicación del proyecto.....	42
4.1.3 Descripción técnica del proyecto .....	44
4.1.3.1 Análisis de la calidad del agua .....	46
4.1.3.2 Análisis de suelos .....	47
4.1.3.3 Resumen de resultados de los cálculos hidráulicos.....	47
4.1.3.3.1 Aducción .....	47
4.1.3.3.2 Reservorio .....	47
4.1.3.3.3 Diseño hidráulico de la red.....	47
4.1.3.3.4 Selección de goteros para el sistema .....	48
4.1.3.3.4.1 Especificaciones técnicas .....	48
4.1.3.3.4.2 Resumen del cálculo del coeficiente de uniformidad.....	48
4.2 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO .....	49
4.2.1 Diseño agronómico.....	49
4.2.2 Diseño hidráulico .....	53
4.2.3 Cálculo de las tuberías de distribución.....	60
4.2.4 Situación actual del proyecto .....	62
4.2.5 Análisis comparativo del diseño-construcción del sistema.....	72
4.2.6 Entrevista al regante .....	75
4.3 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA.....	75
4.3.1 Cálculos para la evaluación del sistema.....	75
4.3.1.1 Toma de datos .....	75
4.3.1.2 Procesamiento de los datos obtenidos en campo.....	79
4.3.1.2.1 Cálculo del coeficiente de uniformidad de caudales (CUC).....	79
4.3.1.2.2 Cálculo del coeficiente de unidad de presiones (CUP).....	81
4.3.1.3 Interpretación de los resultados de la evaluación.....	82

**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS OBTENIDOS**

	Pág.
5 SOLUCIONES A LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	85
5.1 SOLUCIONES POSIBLES A LOS FALLOS DEL SISTEMA DE RIEGO .....	85
5.1.1 Incrementando la columna de agua en el reservorio .....	85
5.1.2 Mayor dimensión de las tuberías de la red .....	86
5.1.3 Mejores filtros (anillos) .....	87
5.1.4 El cambio de los goteros .....	87
5.1.5 Colocando una bomba de presión .....	89
5.1.6 Operación y mantenimiento .....	90

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	93
6.1 CONCLUSIONES .....	93
6.2 RECOMENDACIONES .....	97
BIBLIOGRAFÍA .....	100

Anexos

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo “A” Tablas y pruebas de laboratorio del sistema.

Anexo “B” Cálculos hidráulicos del sistema de Riego Jailia.

Anexo “C” Entrevista al regante.

Anexo “D” Manual de operación y mantenimiento.

Anexo “E” Materiales básicos para la realización de la evaluación.

Anexo “F” Informe fotográfico de la evaluación y visita de campo.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Aplicación de riego parcelario según área (ha) .....	3
Figura 2-1 Métodos de riego superficial .....	8
Figura 2-2 Formas de riego sub superficial.....	9
Figura 2-3 Micro aspersor en funcionamiento. ....	10
Figura 2-4 Forma de humedecimiento del riego por goteo en la superficie.....	11
Figura 2-5 Humedecimiento de los goteros en el interior del suelo.....	12
Figura 2-6 Humedad del bulbo según el tipo de suelo .....	12
Figura 2-7 Distribución del agua y de las sales en el bulbo húmedo .....	13
Figura 2-8 Componentes del sistema de Riego por Goteo. ....	14
Figura 2-9 Fuentes de agua utilizadas en sistema de riego tecnificado .....	15
Figura 2-10 Fuentes de energía utilizados en sistema de riego tecnificado. ....	16
Figura 2-11 Cabezal de control de riego por goteo. ....	17
Figura 2-12 Filtros de Anillos .....	18
Figura 2-13 Código de colores para filtros de anillo.....	19
Figura 2-14 tuberías de PVC y tuberías de PE.....	21
Figura 2-15 Diferentes clases de goteros .....	22
Figura 2-16 Gotero estándar de 4 l/h desmontable.....	23
Figura 2-17 Gotero autocompensante de 2 l/h .....	23
Figura 2-18 Medidor de turbina o contador. ....	24
Figura 2-19 Medidores de presión.....	25
Figura 2-20 Válvulas de aire. ....	27
Figura 2-21 Esquema de un sistema de riego localizado. ....	29
Figura 2-22 Esquema de la distribución de laterales y emisores. ....	30
Figura 3-1 Pasos a seguir en una evaluación de uniformidad de riego .....	34
Figura 3-2 Ejemplo de conexión a una tubería lateral de (PE). ....	35
Figura 3-3 Ejemplo de conexión a una cinta de goteo. ....	36
Figura 3-4 Esquema de la metodología de toma de muestras. ....	38
Figura 4-1 Mapa geográfico de Bolivia. ....	43
Figura 4-2 Mapa geográfico del departamento de Chuquisaca.....	43
Figura 4-3 Mapa de la provincia Sud Cinti .....	43



Figura 4-4 Sistema de riego Jailia .....44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Métodos de aplicación de riegos en la parcela.....	3
Tabla 3-1 Valores del coeficiente de uniformidad para su respectiva calificación.....	41
Tabla 4-1 Formulario de detalles del sistema de riego.....	76
Tabla 4-2 Planilla de registro de datos de campo.....	78