

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA y OO. SS**



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO  
APLICADO A LA VID”  
“COMUNIDAD CHOCLOCA”**

**Por:**

**RICHARD EBER ALCOBA BALDIVIEZO**

**Julio de 2013**

**TARIJA-BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA y OO. SS**

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

**APLICADO A LA VID”**

**“COMUNIDAD CHOCLOCA”**

**Por:**

**RICHARD EBER ALCOBA BALDIVIEZO**

Proyecto elaborado en la asignatura de Proyecto de Ingeniería Civil II CIV-502.

**Julio de 2013**

**TARIJA-BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
M. Sc. Ing. Juan Carlos Loza Velez

**PROFESOR DE CIV-502**

.....  
M. Sc. Ing. Alberto Yurquina Flores

**DECANO FC y T**

.....  
M. Sc. Ing. José Navia

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO  
DE HIDRÁULICA**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
TRIBUNAL 1

.....  
TRIBUNAL 2

.....  
TRIBUNAL 3

*Diseño Hidráulico de Sistema de Riego  
por Goteo Aplicado a la Vid  
“Comunidad de Chocloca”*, elaborada  
en la materia de Proyecto de Ingeniería  
Civil II CIV- 502.

Autor: Richard Eber Alcoba Baldiviezo

El Tribunal Calificador del presente Proyecto de Ingeniería II, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.



### **DEDICATORIA:**

El presente Proyecto está dedicado a toda mi familia a mis queridos padres Justino y Guindalina, a mis hermanos Grover, Zulma, Winki, a Jimena y a nuestro querido hijo Mauricio por el apoyo incondicional y tolerancia que tuvieron en todo momento, para poder llevar a cabo esta labor con gran responsabilidad, hasta su culminación.

### **AGRADECIMIENTOS:**

A nuestro Supremo Creador Dios por haberme dado muchas bendiciones en mi vida, a mi familia, Tíos y todas las personas que contribuyeron en la realización de este proyecto, aportando consejos y experiencias. Como así mismo a mi profesor guía Ing. Juan Carlos Loza y al Ing. Ivar Colodro.



## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### INFORMACIÓN GENERAL

	<b>Página.</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Ubicación del Proyecto.....	5
<b>1.3. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. ANTECEDENTES .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
1.6.1. Objetivo General .....	8
1.6.2. Objetivos Específicos .....	8
<b>1.7. ALCANCE DEL PROYECTO .....</b>	<b>8</b>

### CAPÍTULO II

#### SITUACIÓN DEL PROYECTO

<b>2.1. ASPECTOS SOCIO ECONÓMICOS .....</b>	<b>9</b>
2.1.1. Principales Actividades Económicas de la Comunidad de Chocloca .....	9
<b>2.2. ASPECTOS SOCIALES .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Servicios Básicos .....	10
2.2.1.1. Agua Potable .....	10
2.2.1.2. Alcantarillado.....	10
2.2.1.3. Energía Eléctrica .....	11
2.2.1.4. Educación .....	11
2.2.1.5. Salud.....	11
<b>2.3. ASPECTOS CLIMÁTICO .....</b>	<b>11</b>
2.3.1. Precipitaciones Pluviales .....	11
2.3.2. Temperatura .....	11

	<b>Página.</b>
2.3.3. Humedad.....	12
2.3.4. Helada – Granizo.....	12
2.3.5. Vientos.....	12
2.3.6 Geología.....	12
<b>2.4. ASPECTOS EDAFOLÓGICOS .....</b>	<b>13</b>
2.4.1. Topografía.....	13
2.4.1.1. Clases de Pendientes .....	13
2.4.1.2. Relieve y Altimetría .....	14
2.4.2. Suelos .....	14
2.4.2.1. Clasificación de los Suelos Según su Aptitud de Riego.....	14
<b>2.5. ASPECTOS ECOLÓGICOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5. ASPECTOS PRODUCTIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.6.1. Tamaño, Tenencia y Uso Actual de la Tierra .....	18
2.6.2. Producción Agrícola Actual.....	18
2.6.3. Sistema a de Riego Actual.....	19
2.6.4. Infraestructura .....	20
2.6.5. Uso del Agua y Riego.....	20

### **CAPÍTULO III**

#### **SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

<b>3.1. CLIMA Y RIEGO .....</b>	<b>21</b>
3.1.1. Riego Integral.....	21
3.1.2. Riego Complementario.....	22
3.1.3. Riego Suplementario .....	22
<b>3.2. DEFINICIÓN DE RIEGO .....</b>	<b>23</b>
3.2.1. Objetivos de Riego .....	23
3.2.2. Aspectos Negativos de Riego .....	24
<b>3.3. EL RIEGO EN EL MUNDO .....</b>	<b>26</b>

	<b>Página.</b>
3.3.1. El Riego en Bolivia .....	28
3.4. MÉTODOS DE RIEGO .....	29
3.4.1. Introducción .....	29
3.4.2. Suelo Como Reservorio de Agua .....	31
3.4.3. Eficiencias en el Sistema de Riego .....	31
3.4.3.1. A Nivel Interno de las Propiedades.....	32
<b>3.5. SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO .....</b>	<b>32</b>
3.5.1. Riego por Aspersión.....	32
3.5.1.1. Ventajas del Riego por Aspersión.....	33
3.5.1.2. Desventajas del Riego por Aspersión.....	35
3.5.1.3. Recomendaciones Generales .....	36
3.5.2. Riego por Goteo .....	38
3.5.2.1. Ventajas Riego del por Goteo .....	42
3.5.2.2. Desventajas del Riego por Goteo.....	46
3.5.3. Componentes del Sistema.....	49
3.5.3.1. Emisores o Goteros .....	50
3.5.3.1.1 Clasificación de Emisores .....	51
3.5.3.1.2 Tipos de Emisores y sus Características.....	56
3.5.3.2. Tuberías .....	62
3.5.3.3. Centro de Control o Cabezal.....	65
3.5.3.4. Cabezal de Control Venturi .....	67
3.5.3.5. Reductor o Regulador de Presión.....	71

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO AGRONÓMICO**

<b>4.1. DATOS DE PARTIDA.....</b>	<b>73</b>
4.1.1. Características del Terreno .....	73
4.1.2. Características del Cultivo .....	73

	<b>Página.</b>
4.1.3. Calidad del Agua.....	75
4.1.4. Características del Suelo.....	77
4.1.5. Datos Climáticos .....	80
<b>4.2. DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE RIEGO .....</b>	<b>80</b>
4.2.1. Balance Hídrico.....	81
<b>4.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET).....</b>	<b>81</b>
4.3.1. Cálculo de la Evapotranspiración.....	82
4.3.2. Evapotranspiración Potencial (Eto).....	82
4.3.3. Evapotranspiración Real de cultivo (Etr) .....	82
4.3.4. Coeficiente de Cultivo (kc).....	84
4.3.5. Coeficiente de Humedad del Suelo (kh) .....	85
4.3.6. Procedimiento de Cálculo .....	86
<b>4.4. DISEÑO AGRONÓMICO.....</b>	<b>87</b>
4.4.1. Necesidades de Agua.....	88
4.4.2.1. Cálculo de la Evapotranspiración Real ETr.....	88
4.4.2.2. Corrección de la Evapotranspiración por efecto de “Localización” (ETrl.).....	88
<b>4.5. NECESIDADES NETAS (Nn) .....</b>	<b>91</b>
<b>4.6. NECESIDADES TOTALES (Nt).....</b>	<b>92</b>
<b>4.7. NÚMERO DE EMISORES.....</b>	<b>95</b>
<b>4.8. DOSIS Y FRECUENCIA DE RIEGO (Intervalo de Riego).....</b>	<b>97</b>
4.8.1. Frecuencia de Riego .....	97
4.8.2. Tiempo de Riego (Tr.).....	98
4.8.3. Caudal Requerido (Qr.) .....	98
<b>4.8. NECESIDADES NETAS (Nn) .....</b>	<b>99</b>

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO HIDRÁULICO**

<b>5.1. DISEÑO HIDRÁULICO.....</b>	<b>100</b>
5.1.1. Coeficiente de Uniformidad.....	100

	<b>Página.</b>
<b>5.2. COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....</b>	<b>102</b>
<b>5.3. CÁLCULO DE LA SUB-UNIDAD DE RIEGO.....</b>	<b>103</b>
5.3.1. Tolerancia de Caudales y Presiones .....	104
5.3.2. Cálculo de Laterales .....	107
<b>5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA .....</b>	<b>109</b>
<b>5.5. DISEÑO DE LA RED.....</b>	<b>110</b>
5.5.1. Tubería Secundaria y Cabezal de Riego.....	110
5.5.2. Tubería de Conexión .....	110
<b>5.6. UNIDAD DE BOMBEO.....</b>	<b>111</b>
5.6.1. Capacidad de Bombeo.....	111
5.6.2. Potencia Necesaria de la Bomba y del Motor.....	112
5.6.3. Elección de la Bomba y del Motor.....	113
<b>5.7. REGULACIÓN EN LA PRESIÓN Y CAUDAL EN LAS TUBERÍAS .....</b>	<b>113</b>

## **CAPÍTULO VI**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO**

<b>6.1. DISEÑO AGRÍCOLA.....</b>	<b>114</b>
6.1.1. Necesidades de Agua.....	116
6.1.1.1. Necesidades Netas.....	116
6.1.1.2. Necesidades Brutas o Totales .....	118
6.1.1.3. Elección del Emisor.....	119
<b>6.2. DISEÑO HIDRÁULICO.....</b>	<b>123</b>
6.2.1. Diseño y cálculo de la Sub-unidad de Riego .....	123
6.2.1.1. Tolerancia de Caudales y Presiones en la Sub-unidad U-1 .....	125
6.2.1.2. Dimensionamiento de la Lateral .....	126
6.2.1.3. Dimensionamiento de la Tubería Terciaria .....	128
6.2.1.4 Estudio de Presiones.....	130
6.2.1.5 Coeficiente de Uniformidad Absoluto (CUa.).....	132
6.2.1.6 Dimensionamiento de la Tubería Secundaria PVC.....	132

	<b>Página.</b>
6.2.1.7 Dimensionamiento de la Tubería Primaria PVC.....	133
6.2.1.8 Cálculo de la Potencia de la Bomba.....	134
6.2.1.9 Cálculo del Grupo de Bombeo del Cabezal.....	135
6.2.2 Cámara o Depósito de Bombeo .....	135
6.2.3 Caseta de Bombeo.....	136
6.2.4 Tanque de Almacenamiento .....	136
6.2.5 Cabezal de Control.....	136
6.2.6 Cámara de Llaves.....	136

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES.....	137
RECOMENDACIONES .....	139

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página.</b>
<b>CUADRO N° 2.1</b>	
Valor Agregado de los Cultivos sin Proyecto (en hectáreas)	19
<b>CUADRO N° 2.2</b>	
Valor Agregado de los Cultivos con Proyecto (en hectáreas)	19
<b>CUADRO N° 4.1</b>	
Marco de Plantación	73
<b>CUADRO N° 4.2</b>	
Marco de Plantación	75
<b>CUADRO N° 4.3</b>	
Obstrucciones de los Emisores	76
<b>CUADRO N° 4.4</b>	
Conductividad del Suelo	78
<b>CUADRO N° 4.5</b>	
Resumen del Análisis Químico del Suelo	79
<b>CUADRO N° 4.6</b>	
Resumen del Análisis Físico del Suelo	79
<b>CUADRO N° 4.7</b>	
Resumen del Análisis Químico del Suelo	79
<b>CUADRO N° 4.8</b>	
Coefficiente de Cultivo (Kc)	85
<b>CADRO N° 4.9</b>	
Valores de (Ea.) en Climas Áridos	94
<b>CUADRO N° 4.10</b>	
Valores de Ea en Climas Húmedos	94
<b>CUADRO N° 5.1</b>	
Valores Recomendados para (CU)	101
<b>CUADRO N° 5.2</b>	
FACTOR DE CHRISTIANSEN	108
<b>CUADRO N° 6.1</b>	
Evapotranspiración Potencial	115
<b>CUADRO N° 6.2</b>	
Evapotranspiración Real de Cultivo	115
<b>CUADRO N° 6.3</b>	
Coefficiente de Localización	117

	<b>Página.</b>
<b>CUADRO N° 6.4</b>	
Cálculo Evapotranspiración Real de Cultivo por Efecto de Localización (ETc.)	118
<b>CUADRO N° 6.5</b>	
Necesidades Totales	119
<b>CUADRO N° 6.6</b>	
Tiempo de Riego	122
<b>CUADRO N° 6.7</b>	
Caudal Requerido	123
<b>CUADRO N° 6.8</b>	
Diámetro de la Tubería Lateral	128
<b>CUADRO N° 6.9</b>	
Diámetro de la Tubería Terciaria	129
<b>CUADRO N° 6.10</b>	
Diámetro de la Tubería Secundaria	132
<b>CUADRO N° 6.11</b>	
Diámetro de la Tubería Primaria	133
<b>CUADRO N° 6.12</b>	
Diámetros, Caudales U1 Punto A y F	133
<b>CUADRO N° 6.13</b>	
Presiones de U1 Punto A y F	134
<b>CUADRO N° 6.14</b>	
Diámetros, Caudales U II Punto A y F	134
<b>CUADRO N° 6.15</b>	
Presiones de U II Punto A y F	134



## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página.</b>
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.1</b>	
Riego por Aspersión	33
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.2</b>	
Riego por Goteo	40
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.3</b>	
Esquema de un Tipo de Sistema de Riego Localizado	49
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.4</b>	
Componentes de un Sistema de Riego	51
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.5</b>	
Diferentes Tipos de Goteros	51
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.6</b>	
Distribución de Agua en los Goteros	52
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.7</b>	
Difusor de 90°	53
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.8</b>	
Micro Aspersor	54
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.9</b>	
Emisores en Línea, Tipo Cola de Cerdo	54
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.10</b>	
Micro Tubo	57
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.11</b>	
Emisor de Laberinto	57

	<b>Página.</b>
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.12</b>	
Tuberías Perforadas	59
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.13</b>	
Goteros Autocompensantes	61
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.14</b>	
Gotero Cabeza Plana	61
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.15</b>	
Gotero Ajustables	62
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.16</b>	
Tuberías	63
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.17</b>	
Cabezal Simple	65
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.18</b>	
Cabezal Simple	65
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.19</b>	
Filtro de Anillas	68
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.20</b>	
Inyector de Fertilizantes Venturi	69
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.21</b>	
Manómetros	70
<b>FIGURA</b>	
<b>N° 3.22</b>	
Controlador de la unidad de riego	71

## **INDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO "1"**

FOTOGRAFÍAS DEL LUGAR DEL PROYECTO

### **ANEXO "2"**

DATOS CLIMATOLÓGICOS (CHOCLOCA)

### **ANEXO "3"**

BALANCE HÍDRICO

### **ANEXO "4"**

ESTUDIO DEL AGUA

### **ANEXO "5"**

ESTUDIO DE SUELOS

### **ANEXO "6"**

CÓMPUTOS MÉTRICOS, PRESUPUESTO GENERAL, PRECIOS  
UNITARIOS Y PREUSPUESTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### **ANEXO "7"**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS