

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DIRIGIDO

**“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO HÍDRICO DE LOS CULTIVOS BAJO
RIEGO EN LAS COMUNIDADES DE SAN LUIS Y EL TEMPORAL”**

**Trabajo dirigido para optar el grado
académico de ingeniería
agronómica.**

POSTULANTE: Giner Gonzales De Los Ríos

TUTOR FACULTATIVO: Ing. Pablo Montaña

TUTOR INSTITUCIONAL: Ing. Alejandro Condori P.

Abril - 2014

Tarija – Bolivia

.....
Ing. Agr. Pablo Montaña

TUTOR FACULTATIVO

.....
Ing. Agr. Alejandro Condori

TUTOR INSTITUCIONAL

.....
M.Sc. Ing. Linder Espinoza

**DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

.....
M.Sc. Ing. Henry Valdez

**VICEDECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Miriam Torrico

.....
M.Sc. Ing. Grover Mealla

.....
M.Sc. Ing. Wilfredo Benítez

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo estas únicamente responsabilidad del (la) autor (a).

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

**En Memoria de
mi abuelita y
madre Blanca
Nieves De Los
Ríos Juárez.**

“No existe una manera fácil. No importa cuán talentoso seas, tu talento te va a fallar si no lo desarrollas. Si no estudias, si no trabajas duro, si no te dedicas a ser mejor cada día”.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Presentación y justificación del trabajo dirigido.	2
1.2 Características y objetivos de la Unidad Técnica Ejecutora de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Gestión Integral de Recursos Hídricos (UTEPTAR – GIRH).	3
1.3 Objetivos del trabajo dirigido.	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
II. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Dinámica de los derechos de agua e intervenciones de riego.....	5
2.2. Ley No. 2878 (Promoción y Apoyo al Sector del Riego) y la transferencia de la gestión de riego.	5
2.3. Precio del agua.....	6
2.4. Propiedades físicas del suelo	7
2.4.1. Textura del suelo	7
2.4.2. Estructura del suelo	10
2.5. La infiltración del agua en el suelo.....	11
2.5.1. Método infiltrómetro de doble cilindro	13
2.6. Permeabilidad	14
2.7. Percolación	15
2.8. El agua y la atmosfera del suelo	16
2.9. Fuerzas de retención del agua.....	16
2.10. Clasificación de humedad en el suelo.....	17
2.11. Determinación de los parámetros de humedad.....	19

2.11.1 Determinación de la Capacidad de Campo	19
2.11.2 Determinación del Punto de Marchitez Permanente	20
2.11.3 Humedad Aprovechable o Disponible.....	21
2.12. Contenido de humedad del suelo.....	21
2.13. Medida del contenido de humedad.....	22
2.13.1 Métodos directos	23
2.14. ¿CUÁNDO Y CUÁNTO REGAR?	24
2.14.1 Evaporación.....	24
2.14.2 Consumo de agua por las plantas	24
2.14.2.1 Diferencia entre evapotranspiración y uso consuntivo.....	25
2.14.2.2 Factores que afectan la evapotranspiración	25
2.14.3 Métodos para estimar la evapotranspiración	26
2.14.3.1 Métodos directos	26
2.14.4 Métodos indirectos	26
2.14.4.1 Método de Penman Monteith utilizado por el programa ABRO (Área Bajo Riego Optimo) para calcular la Evapotranspiración de cultivo de referencia (ET _o)	27
2.15. Determinación del requerimiento de riego	31
2.16. Coeficiente del cultivo (K _c)	32
2.16.1 Coeficientes de cultivo (K _c) para diferentes cultivos.....	34

2.16.2.- Coeficiente de cultivo (K_c) de otros cultivos.....	35
2.17. Precipitación efectiva (PE).....	35
2.18. Necesidades de riego de los cultivos.....	36
2.18.1 Necesidades Netas de riego (N_n).....	37
2.18.2 Necesidades de Riego Brutas (N_b).....	38
2.18.3 Eficiencia Total del Sistema de Riego.....	38
2.19. Necesidades de agua de riego.....	40
2.20 Software ABRO (Área Bajo Riego Optimo) y conceptos dentro del programa.....	40
2.20.1 Área Bajo Riego Optimo (ABRO).....	41
2.20.2 Riego.....	41
2.20.3 Sistema de riego.....	42
2.20.4 Área regable.....	42
2.20.5 Área regada.....	42
2.20.6 Área incremental.....	42
2.20.7 Balance hídrico.....	42
2.20.8 Determinación de la demanda de agua.....	43
2.20.9 Cedula de cultivo.....	43

III. METODOLOGIA DEL TRABAJO DIRIGIDO.....	45
3.1. Descripción sistematizada del desarrollo del trabajo	45
3.2. Descripción del área de estudio	48
3.2.1 Localización.....	48
3.2.2 Ubicación.....	49
3.3. Características Climáticas.....	49
3.3.1. Clima	49
3.3.2. Temperatura.....	49
3.3.3. Precipitación	49
3.3.4. Humedad.....	49
3.3.5. Suelo	50
3.4. Características Agro edafológicas	50
3.4.1. Vegetación natural	50
3.4.2. Agricultura.....	51
3.4.3. Cultivos representativos	51
3.5. Método, técnicas y materiales empleados en el trabajo dirigido.....	51
3.5.1. Métodos	51
3.5.1.1. Método Analítico	51
3.5.1.2. Método Sistémico	52
3.5.1.3. Método Inductivo	52
3.5.1.4. Método Deductivo	52
3.5.2. Técnicas	53
3.5.2.1. Revisión bibliográfica	53
3.5.2.2. Entrevistas	53
3.5.2.3. Encuestas	53
3.5.2.4. Determinación de la Muestra.....	54
3.5.2.4.1. Definición de la población objetivo	54
3.5.2.4.2. Tipo de diseño de muestra	54

3.5.2.4.3. Selección de las técnicas de muestreo	54
3.5.2.5.Requerimiento hídrico con el software ABRO.....	54
3.5.2.6.Cuantificación de superficie cultivada representativa, de cultivos bajo riego	54
3.5.2.7.Identificación de los distintos cultivos representativos y elaboración de un cronograma de producción de los mismos	55
3.5.2.8.Ensayos de campo para medir la Infiltración	55
3.5.2.9.Determinación de caudales.....	56
3.5.3. Materiales empleados	57
3.5.3.1.Materiales empleados en campo.....	57
3.5.3.2.Materiales de gabinete	57
IV. RESULTADOS.....	58
4.1.Presentación, análisis e interpretación de la información recabada	58
4.1.1. Tabulación de encuestas a regantes	58
4.1.2 Tabulación de encuestas a regantes del barrio San Luis	58
4.1.3 Tabulación de encuestas a regantes del Temporal.....	63
4.2. Elaboración del calendario de cultivos representativos del barrio San Luis	69
4.2.1.Elaboración del calendario de cultivos representativos de la comunidad El Temporal..	70
4.3.Infiltración determinada.	71
4.4.Aforo de Caudales	72
4.4.1. Caudales determinados en el barrio de San Luis	72
4.4.2. Caudales determinados en la comunidad de El Temporal.....	72
4.5.Presentación, análisis, interpretación de los resultados obtenidos del software ABRO	73
4.5.1. Resultados obtenidos del software ABRO, para el barrio San Luis	73
4.5.2. Resultados obtenidos del software ABRO, para la comunidad El Temporal.....	81
4.6. Informe de la institución sobre la eficacia de la intervención profesional	88

	Página
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	90
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	91
VIII. ANEXOS	95
 ANEXO 1	
ESTRUCTURA DEL CUERPO DE LA ENCUESTA REALIZADA A REGANTES.....	95
 ANEXO 2	
MAPA DE CUENCAS Y RÍOS DE TARIJA.....	97
 ANEXO 3	
PORCENTAJE MENSUAL DE HORAS LUZ SOLAR DURANTE EL AÑO	98
 ANEXO 4	
COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) PARA VALLES	99
 ANEXO 5	
DATOS GENERALES DE LA ESTACIÓN AEROPUERTO.....	100
 ANEXO 6	
IMAGEN SATELITAL REFERENCIAL DEL BARRIO DE SAN LUIS	101
 ANEXO 7	
IMAGEN SATELITAL REFERENCIAL DE LA COMUNIDAD DE EL TEMPORAL	101
 ANEXO 8	
IMAGEN SATELITAL DEL ÁREA DE CULTIVOS REPRESENTATIVOS EN EL BARRIO DE SAN LUIS	102
 ANEXO 9	
IMAGEN SATELITAL DEL ÁREA DE CULTIVOS REPRESENTATIVOS EN LA COMUNIDAD DE EL TEMPORAL	102

ANEXO 10

BOCA TOMA SISTEMA “SAN LUIS” 103

ANEXO 11

BOCA TOMA COMUNIDAD EL “EL TEMPORAL” 103

ANEXO 12

DETERMINACIÓN DE UBICACIÓN MEDIANTE G.P.S 104

ANEXO 13

ENTREVISTA CON JUECES DE AGUA DE AMBAS ZONAS DE ESTUDIO..... 104

ANEXO 14

LISTA DE REGANTES ACTIVOS PROPORCIONADA POR JUECES DE AGUA 105

ANEXO 15

MEDICIÓN DE CAUDAL EN CANAL DE RIEGO..... 105

ANEXO 16

SEGUIMIENTO CON TÉCNICOS DE LA GOBERNACIÓN 106

ANEXO 17

CULTIVOS FORRAJEROS 106

ANEXO 18

CANALES DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO EN PARCELAS 107

ANEXO 19

COMPUERTAS EN CANALES SECUNDARIOS DE DISTRIBUCIÓN..... 107

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. La textura y su variación en diámetro	8
Cuadro 2. Rangos de partículas correspondientes a las distintas clases texturales	9
Cuadro 3. Tipo de estructuras y sus características.....	10
Cuadro 4. Relación de la estructura con la velocidad de infiltración.....	11
Cuadro 5. Clasificación de la magnitud de infiltración.....	13
Cuadro 6. Clasificación propuesta para indicar la permeabilidad.....	15
Cuadro 7. Parámetros de humedad según tipo de suelo	22
Cuadro 8. Guía para determinar cuánta humedad en mm/m puede agregarse para que el suelo quede a capacidad de campo	23
Cuadro 9. Métodos basados en datos climáticos por autores	27
Cuadro 10. Duración aproximada de las etapas del ciclo vegetativo de cultivos anuales	33
Cuadro 11. Coeficientes de cultivo de cultivos anuales.....	34
Cuadro 12. Coeficientes de cultivo (kc) de otros cultivos	35
Cuadro 13. Precipitación efectiva	36
Cuadro 14. Eficiencias de aplicación de agua de riego en porcentajes.....	39
Cuadro 15. Desarrollo de actividades realizadas durante el Trabajo Dirigido.....	45
Cuadro 16. Número de hectáreas con cultivos representativos.....	58
Cuadro 17. Número de hectáreas con cultivos representativos (forrajeras).....	59
Cuadro 18. Meses en que se realizan la siembra de cultivos	61

Página

Cuadro 19. Número de hectáreas con cultivos representativos.....	64
Cuadro 20. Número de hectáreas con cultivos representativos (forrajeras).....	65
Cuadro 21. Meses en que se realizan la siembra de cultivos	67
Cuadro 22. Calendario de cultivos (Sistemas de Riego: San Luis).....	70
Cuadro 23. Calendario de cultivos (Sistemas de Riego: El Temporal).....	70
Cuadro 24. Caudales mensuales de sistema de riego San Luis	72
Cuadro 25. Caudales mensuales de sistema de riego El Temporal.....	72
Cuadro 26. Identificación del proyecto	73
Cuadro 27. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	74
Cuadro 28. Datos con Proyecto.....	76
Cuadro 29. Datos con proyecto (Parte 1)	77
Cuadro 30. Datos con proyecto (Parte 2)	79
Cuadro 31. Cálculo del área incremental	80
Cuadro 32. Identificación del proyecto	81
Cuadro 33. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	82
Cuadro 34. Datos con Proyecto.....	84
Cuadro 35. Datos con proyecto (Parte 1)	85
Cuadro 36. Datos con proyecto (Parte 2)	86
Cuadro 37. Cálculo del área incremental	88

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Triángulo de las texturas	8
Figura 2. Tipos de estructuras de suelo	11
Figura 3. Infiltrómetro de doble cilindro	13
Figura 4. Formas presentes del agua y del aire en el suelo	17
Figura 5. Determinación de la capacidad de campo por medio de la textura.....	20
Figura 6. Contenido de humedad presente en el suelo	21
Figura 7. La radiación, el viento, la temperatura y las lluvias afectan la cantidad de agua que necesitan las plantas	25

INDICE DE GRAFICAS

	Página
Gráfica 1. Forma de preparación de suelos de cada regante	60
Gráfica 2. Formas de obtención de semillas para cultivos forrajeros.....	61
Gráfica 3. Tiempo de riego proporcionado por cada regante	62
Gráfica 4. Tipo de abonado que realiza cada regante.....	63
Gráfica 5. Forma de preparación de suelos de cada regante	66
Gráfica 6. Formas de obtención de semillas para cultivos forrajeros.....	67
Gráfica 7. Tiempo de riego proporcionado por cada regante	68
Gráfica 8. Tipo de abonado que realiza cada regante	69
Gráfico 9. Velocidad de infiltración.....	71