

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola



**“PROPUESTA METODOLÓGICA DE PROGRAMACIÓN DE
RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE EL TANQUE
EVAPORÍMETRO CLASE A - IRRIGACIÓN HUACCOTO -
ORURILLO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

VICTOR RAMIRO CASA COILA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA



PUNO – PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS

"PROPUESTA METODOLÓGICA DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO POR ASPERSIÓN
MEDIANTE EL TANQUE EVAPORÍMETRO CLASE A - IRRIGACIÓN HUACCOTO -
ORURILLO"

PRESENTADO A LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA UNA - PUNO, COMO REQUISITO PARA
OPTAR EL TÍTULO DE:

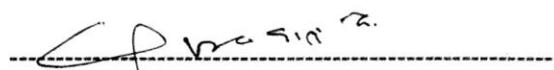
INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADO POR:

PRESIDENTE

DEL JURADO

:



DR. JOSE JUSTINIANO VERA SANTA MARIA

1er MIEMBRO

:



ING. RICARDO BARDALES VASSI

2do. MIEMBRO

:

ING. EDILBERTO HUAQUISTO RAMOS

DIRECTOR

:



ING. TEÓFILO CHIRINOS ORTIZ

ASESOR

:



ING. JORGE RICARDO FERNANDEZ MAMANI

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Gestión de sistema de riego
LÍNEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

A mis padres, en especial a la joya más valiosa de mi vida, mi madre Adorada Fabiana Coila, y mi admirable padre Víctor E. Casa con todo cariño, amor, aprecio y gratitud por su inmenso apoyo y comprensión en la formación de la vida estudiantil y profesional, quien con la humildad y paciencia supieron inculcar en mi los principios y valores de la vida.

A mis hermanos: M. Nancy, M. Daishy, M. Delcy y V. Hugo y mis sobrinos por su apoyo, aliento y comprensión en los momentos de la etapa de estudiante y la etapa de la formación profesional de la vida.

A todos mis amigos que supieron brindarme aliento y apoyo incondicional: Esteban, Elmer, Marcelino, Delber, Jorge, Rubén, Carlos, Arturo, Johana, Evelyn, Angélica, Lilea, jazmina en especial a Carmen Luz y de mas amigos de la vida.

En honor a mis hermanos: Pedro Alan, Libia y Pedro Víctor a mi amigo de la infancia Nerio, en honor a mi amigo de la universidad y compañero valioso Gary Baca, quienes desde la eternidad me siguen guiando por el camino del bien.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por darme la oportunidad de llegar a esta vida, y poder vivir Espiritualmente fortalecido y sé que él estará para brindarme su amor, paz, misericordia con su palabra lograre vivir con Fe y Humildad.

- A la universidad Nacional del Altiplano, al personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por los conocimiento brindados y apoyo constante en mi formación profesional.

- Mi reconocimiento y agradecimiento al Ingeniero Teófilo Chirinos Ortiz, por su acertada dirección y asesoramiento en la elaboración del presente trabajo de investigación, y los sabios consejos para hacer las cosas como se deben de hacer.

- Al Ingeniero Jorge Ricardo Fernández Mamani, por el asesoramiento acertado en la elaboración del presente trabajo de investigación.

- A todas aquellas personas y amigos que directa e indirectamente han contribuido en la realización del presente trabajo y la formación con principios y valores de esta vida.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado “Propuesta Metodológica de Programación de Riego por Aspersión Mediante el Tanque Evaporímetro Clase A – Irrigación Huaccoto – Orurillo”, se realizó en una extensión de 202.00 Ha. En el sector denominado localidad Huaccoto. El objetivo principal de la investigación es Proponer la propuesta de programación de riego por aspersión mediante el método del tanque evaporímetro clase A, en la irrigación Huaccoto.

En el proceso metodológico se ha planteado realizar un conjunto de procedimientos lógicos, cuidadosos y sistematizados. Es así que se parte del diagnóstico situacional actual de los aspectos físicos, infraestructura hidráulica y aspecto social de la irrigación Huaccoto, determinar los parámetros de diseño agronómico que incluye las mediciones físicas e hídricas del suelo y las necesidades de agua de los cultivos, con fines de proponer la programación y calendarización por turnos de riego, luego validar la programación propuesta mediante la aplicación del riego en las parcelas en base a la prueba de coeficiente de uniformidad, presiones medidas en los aspersores en operación y la distribución de agua por turnos.

Los resultados de la investigación indican que los usuarios de riego están con un nivel de organización buena y voluntad de trabajo para mejorar la calidad de vida de manera conjunta. Las características hidráulicas de la infraestructura de riego se encuentran en buen estado, según el plan de cultivos, el cultivo de forrajes y pasturas (Alfalfa), son de mayores incidencias llegando a cubrir el 93.56% del área instalada con riego, esto explica que la zona en estudio se encuentra ubicada en una zona de alto índice de producción ganadera, la predicción de la evapotranspiración de referencia a partir del método de medición del tanque evaporímetro clase A, tiene los siguientes resultados ETo mínima se da en el mes de febrero con un 2.70 mm/día y un máximo en el mes de mayo con un 4.06 mm/día y un promedio de 3.73 mm/día.

La programación de riego se ha ajustado según a las necesidades de agua del cultivo de mayor incidencia (Alfalfa) con respecto a sus diferentes fases y periodos vegetativos, la frecuencia de riego será de 10.0 días, los tiempos de aplicación de agua serán de 6.0 horas en las fases de emergencia, crecimiento y floración, 5 horas en la fase de maduración y el jornal de riego será de 12.0 y 10.0 Horas/día, de tal forma que se tendrá 2.0 cambios de posición por lateral de riego, los mismos que fueron validados desde el punto de vista de la evaluación del coeficiente de uniformidad, las presiones medidas de los aspersores en operación y la distribución de agua por turnos de riego.

Realizado el balance hídrico se ha determinado que las demandas de agua requeridas serán satisfechas con la regulación de las descargas de la represa Huaccoto, los sectores de riego se ha adecuado a la infraestructura hidráulica de riego instalada.

INDICE

I. INTRODUCCION.....	01
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	01
1.2. ANTECEDENTES.....	02
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	04
1.4. OBJETIVOS.....	05
1.4.1. Objetivo general.....	05
1.4.2. Objetivos específicos.....	05
II. REVISION DE LITERATURA.....	06
2.1. Sistemas de Riego.....	06
2.2. Riego por Aspersión.....	06
2.2.1. Objetivos de Riego por Aspersión.....	06
2.2.2. Ventajas del Riego por Aspersión.....	07
2.2.3. Desventajas del Riego por Aspersión.....	07
2.2.4. Componentes del Sistema.....	07
2.2.5. Los Aspersores.....	08
2.3. Relación Suelo – Agua – Planta.....	08
2.3.1. Características Físicas del Suelo.....	08
2.4. Contenido de Agua en el Suelo.....	13
2.5. Estados de Agua del Suelo.....	14
2.5.1. Saturación (S).....	14
2.5.2. Capacidad de Campo (CC).....	15
2.5.3. Punto de Marchitez Permanente (PMP).....	16
2.5.4. Humedad Disponible (HD).....	16
2.5.5. Velocidad de Infiltración del Suelo.....	17
2.5.6. Velocidad de Infiltración Instantánea (I).....	18
2.5.7. Infiltración Acumulada o Lámina Infiltrada Acumulada (ICUM).....	18
2.5.8. Velocidad de Infiltración Básica (Vib).....	19
2.5.9. Medida de la Velocidad de Infiltración.....	19
2.6. Necesidades Hídricas de los Cultivos.....	21
2.6.1. Coeficiente del Cultivo (Kc).....	21
2.6.2. Evapotranspiración.....	22
2.6.3. Métodos para Determinar la Evapotranspiración de Referencia.....	23
2.7. Oferta Hídrica.....	26
2.8. Programación de Riego.....	29
2.8.1. Lamina neta de Agua.....	29
2.8.2. Eficiencia de Riego.....	30
2.8.3. Coeficiente de Uniformidad (Cu).....	30
2.8.4. Eficiencia de Aplicación (Ea).....	31
2.8.5. Lamina Bruta (Lb).....	32
2.8.6. Frecuencia de Riego (Fr).....	32
2.8.7. Tiempo de Riego (Tr).....	33
2.9. Balance Hídrico.....	33
2.9.1. Demanda de Agua (Da).....	34
2.10. Distribución de Agua por Sectores de Riego.....	35
2.10.1. Sectores de Riego.....	35
2.10.2. Distribución de las Parcelas en el Terreno.....	36
2.10.3. Turnos de Riego.....	36
2.10.4. Aspecto Social de los Usuarios de Riego.....	37
2.10.5. Organizaciones de Regantes.....	37
2.10.6. Autoridad de Aguas.....	38
2.11. Cultivo de Alfalfa.....	38

2.11.1. Alfalfa dormante en la sierra alto andina.....	38
2.11.2. Evaluación de Rendimientos	39
2.11.3. Impactos del Cultivo Alfalfa.....	39
III. MATERIALES Y METODOS.....	40
3.1. Descripción de la Zona de Estudio.....	40
3.2. Materiales y Recursos Utilizados en la Fase de Campo – Gabinete.....	50
3.3. Metodología y Procedimiento Aplicado.....	52
3.3.1. Metodología Para Diagnostica la situación actual de la Infraestructura y los Usuarios de Riego.....	53
3.3.2. Metodología y Procedimiento en la Determinación de Características del Suelo..	55
3.3.3. Metodología y Procedimiento Cedula de Cultivos.....	58
3.3.4. Metodología y Procedimiento Para la Determinación de la Oferta Hídrica.....	59
3.3.5. Metodología y Procedimiento Para la Programación de Riego por Aspersión....	62
3.3.6. Metodología y Procedimiento Para Determinar el Balance Hídrico.....	68
3.3.7. Metodología y Procedimiento Para Proyectar los Sectores de Riego.....	70
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
4.1. Diagnostico actual de los Aspectos Físicos, Infraestructura hidráulica y Social.....	74
4.1.1. Diagnostico de las Características de la Infraestructura Hidráulica.....	74
4.2. Diagnostico Social de los Usuarios de Riego.....	79
4.3. Resultados de los Parámetros Físicos y Agronómicos de la Zona.....	82
4.3.1. Determinación de las Características del Suelo.....	82
4.3.2. Cedula de Cultivos.....	87
4.3.3. Determinación de la Oferta Hídrica.....	91
4.3.4. Programación de Riego por Aspersión en la Irrigación Huaccoto.....	95
4.3.5. Balance Hídrico de la Irrigación Huaccoto.....	113
4.3.6. Operación de la Infraestructura de Riego.....	113
4.3.7. Validación de la Propuesta de Programación de Riego por Aspersión.....	115
4.3.8. Rentabilidad del Proyecto con la Optimización del Recurso Hídrico.....	125
V. CONCLUSIONES.....	129
VI. RECOMENDACIONES.....	131
VII. BIBLIOGRAFIA.....	133

RELACION DE CUADROS

Cuadro Nro. 02.01. Características de los Suelos.....	10
Cuadro Nro. 02.02. Valores de densidad aparente y porosidad según su textura.....	13
Cuadro Nro. 02.03. Profundidad de Raíces y Umbral de Agotamiento.....	17
Cuadro Nro. 02.04. Velocidad de Infiltración Básica en los Suelos Según su Textura.	21
Cuadro Nro. 02.05. Clasificación de Infiltración según USBR.....	21
Cuadro Nro. 02.06. Coeficientes del tanque evaporímetro.....	25
Cuadro Nro. 02.07. Eficiencias de riego parcelario método de riego por Aspersión...	32
Cuadro Nro. 02.08. Frecuencia de Riego y Tiempo de Riego.....	36
Cuadro Nro. 03.01. Parámetros de Conductividad Eléctrica.....	45
Cuadro Nro. 03.02. Clasificación de Suelos.....	45
Cuadro Nro. 03.03. Precipitación Estación Chuquibambilla – Umachiri.....	46
Cuadro Nro. 03.04. Distribución de Temperaturas (°C).....	48
Cuadro Nro. 03.05. Evaporación Promedio Diario (mm).....	48
Cuadro Nro. 03.06. Humedad Relativa (%).....	49
Cuadro Nro. 03.07. Velocidad de Viento (m/seg.).....	49
Cuadro Nro. 03.08. Horas de sol (horas).....	49
Cuadro Nro. 03.09. Analisis De Posiciones De Los Aspersores “Vyr – 36”.....	67
Cuadro Nro. 03.10. Distribución de la Precipitación Efectiva.....	69
Cuadro Nro. 03.11. Esquema del Sistema de Riego Huaccoto.....	70
Cuadro Nro. 04.01. Línea de Aducción.....	75
Cuadro Nro. 04.02. Red de Distribución.....	76
Cuadro Nro. 04.03. Válvulas Reguladoras de Presión.....	76
Cuadro Nro. 04.04. Válvula de Control.....	77
Cuadro Nro. 04.05. Válvula de Aire.....	77
Cuadro Nro. 04.06. Válvula de Purga.....	78
Cuadro Nro. 04.07. Hidrantes.....	78
Cuadro Nro. 04.08. Línea Móvil de Riego.....	79
Cuadro Nro. 04.09. Características de los Aspersores.....	79
Cuadro Nro. 04.10. Calicata 01 Análisis Físico.....	82
Cuadro Nro. 04.11. Calicata 01 Caracterización de Suelos.....	82
Cuadro Nro. 04.12. Calicata 02 Análisis Físico.....	82
Cuadro Nro. 04.13. Calicata 02 Caracterización de Suelos.....	82
Cuadro Nro. 04.14. Calicata 01.....	83
Cuadro Nro. 04.15. Calicata 02 y 03.....	83
Cuadro Nro. 04.16. Calicata 04.....	83
Cuadro Nro. 04.17. Prueba Infiltración 01 (Método Cilindros Infiltrómetros).....	84
Cuadro Nro. 04.18. Prueba Infiltración 02 (Método Cilindros Infiltrómetros).....	85
Cuadro Nro. 04.19. Prueba Infiltración 03 (Método Cilindros Infiltrómetros).....	86
Cuadro Nro. 04.20. Cedula de Cultivos en la Irrigación Huaccoto.....	87
Cuadro Nro. 04.21. Coeficiente de Cultivos (Kc).....	89
Cuadro Nro. 04.22. Profundidad de Raíces y Umbral de Agotamiento.....	91
Cuadro Nro. 04.23. Parámetros físicos de la micro cuenca Huaccoto.....	92
Cuadro Nro. 04.24. Precipitaciones en el ámbito del proyecto y cuencas vecinas.....	93
Cuadro Nro. 04.25. Calculo de Altura – Volumen del Embalse.....	94
Cuadro Nro. 04.26. Evapotranspiración Promedio Semanal (mm/día).....	96
Cuadro Nro. 04.27. Evapotranspiración Real de Alfalfa.....	97
Cuadro Nro. 04.28. Lamina Neta del cultivo Alfalfa.....	98
Cuadro Nro. 04.29. Lamina Neta del cultivo Avena Forrajera.....	98
Cuadro Nro. 04.30. Lamina Neta del cultivo Cebada Grano.....	99

Cuadro Nro. 04.31. Lamina Neta del cultivo Trigo.....	99
Cuadro Nro. 04.32. Lamina Neta del cultivo Habas.....	99
Cuadro Nro. 04.33. Lamina Neta del cultivo Papa.....	100
Cuadro Nro. 04.34. Lamina Neta del cultivo Oca, Izaño y Olluco.....	100
Cuadro Nro. 04.35. Lamina Neta del cultivo Quinua.....	100
Cuadro Nro. 04.36. Prueba de coeficiente de uniformidad.....	102
Cuadro Nro. 04.37. Diseño del espaciamiento de aspersores y laterales.....	102
Cuadro Nro. 04.38. Eficiencias de riego parcelario método de riego por Aspersión.....	103
Cuadro Nro. 04.39. Características de los Aspersores Seleccionados.....	104
Cuadro Nro. 04.40. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Alfalfa.....	105
Cuadro Nro. 04.41. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Avena Forrajera.....	106
Cuadro Nro. 04.42. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Cebada Grano.....	107
Cuadro Nro. 04.43. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Trigo.....	108
Cuadro Nro. 04.44. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Habas.....	109
Cuadro Nro. 04.45. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Papa.....	110
Cuadro Nro. 04.46. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Oca, Izaño y Olluco..	111
Cuadro Nro.04.47. Propuesta de Programación de Riego Cultivo Quinua.....	112
Cuadro Nro. 04.48. Balance Hídrico.....	113
Cuadro Nro. 04.49. Propuesta de Programación Cultivo Alfalfa Ajustado.....	115
Cuadro Nro. 04.50. Propuesta de Programación Cultivo Avena Forrajera Ajustado.....	116
Cuadro Nro. 04.51. Propuesta de Programación Cultivo Papa Ajustado.....	116
Cuadro Nro. 04.52. Frecuencia de riego por Cortes.....	117
Cuadro Nro. 04.53. Tiempo y Posiciones de Aplicación de Agua.....	117
Cuadro Nro. 04.54. Prueba de Coeficiente de Uniformidad.....	119
Cuadro Nro. 04.55. Diseño del espaciamiento de Aspersores y Laterales.....	119
Cuadro Nro. 04.56. Presiones medidas en campo.....	120
Cuadro Nro. 04.57. Rentabilidad de proyecto primer año.....	127
Cuadro Nro. 04.58. Rentabilidad de proyecto segundo al decimo año.....	128

RELACION DE FIGURAS

Figura Nro. 03.01. Mapa Delimitación de la Cuenca Colectora a la Presa Huaccoto...	44
Figura Nro. 03.02. Isoyetas de Distribución de la Pp de la cuenca de rio Ramis.....	47
Figura Nro. 04.01. Área de Embalse de la Represa Huaccoto.....	74
Figura Nro. 04.02. Plan de Cultivos en la Irrigación Huaccoto.....	88
Figura Nro. 04.03. Kc Alfalfa.....	89
Figura Nro. 04.04. Kc Avena Forrajera.....	90
Figura Nro. 04.05. Kc Papa.....	90
Figura Nro. 04.06. Kc Oca, Izaño y Olluco.....	90
Figura Nro. 04.07. Mapa ubicación de la MicrocuencaHuaccoto.....	92
Figura Nro. 04.08. Mapa de Isoyetas.....	93
Figura Nro. 04.09. Altura – Volumen, Embalse Represa Huaccoto.....	93
Figura Nro. 04.10. Distribución de Tiempo de Aplicación de Agua por Posición.....	118
Figura Nro. 04.11. Primera posición de lateral de riego.....	121
Figura Nro. 04.12. Curvas de longitud vs boquilla, perdida de carga.....	121

I. INTRODUCCION

1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cada vez resulta más evidente la escasez de los recursos hídricos en la sierra del Departamento de Puno y del Perú, debido al cambio climático llevando a la desglaciación de los nevados, evaporación de los bofedales en las partes altas de las cuencas y el mal manejo del recurso hídrico. Este hecho se traduce en una disminución de la disponibilidad hídrica de las principales fuentes de agua superficiales locales, que en muchos casos ha obligado a la optimización de su aprovechamiento con fines de riego. Por este motivo en muchos lugares se han planteado la incorporación de sistemas de riego tecnificado.

Es así que en la micro cuenca Huaccoto ubicado en el distrito de Orurillo se construyó una infraestructura de riego por aspersión, con la finalidad de incorporar a la agricultura bajo riego un área de 202.00 Has.

A inicios del año 2012 entra por primera vez en operación la infraestructura de riego, pero de acuerdo a las evaluaciones que se ha realizado en la Irrigación Huaccoto, los usuarios de riego han establecido la distribución de agua en función a sus propios criterios y que es manejado por la Junta Directiva, se ha diagnosticado que los beneficiarios no se encuentran técnicamente calificados y la falta de criterios técnicos para asumir la operación del sistema de riego esto indica que los beneficiarios de riego están aplicando una programación de riego para la distribución de agua por turnos de riego, esto induce que los campesinos no saben la cantidad de agua que deben aplicar al cultivo, los intervalos o la frecuencia de riego y los tiempos de aplicación de agua al cultivo.

Situaciones como ésta, son frecuentes en las irrigaciones de la parte norte de Puno y sur del Cusco, razón por lo que muchas infraestructuras de riego no operan y son abandonados por su complejidad en la distribución de los turnos de riego, operación y mantenimiento de la infraestructura de riego.

Este problema ha sido motivo de preocupación de muchas entidades públicas y privadas promotoras del desarrollo local, como es el caso de la ONG MASAL – Cusco, quienes plantearon propuestas orientadas a fortalecer de manera integral la capacidad para la distribución de agua por turnos de riego, manejo y aplicación del agua en micro sistemas de riego tecnificado para las familias campesinas de bajos recursos de las zonas altas del Cusco, con una adecuada programación de riego por turnos aplicando el balance hídrico y la implementación de un “mapa de riego” para los regantes que recién inicia con las prácticas de riego y fortalecer la capacidad de los regantes que vienen aplicando el riego por aspersión desde hace un tiempo atrás.

El problema planteado nos lleva a formular las siguientes interrogantes.

¿Cuál será la propuesta metodológica para programar el riego por aspersión en la irrigación Huaccoto?

¿Cómo se espera diagnosticar el estado situacional actual de los aspectos físicos, infraestructura hidráulica y el aspecto social de la irrigación Huaccoto?

¿Cuáles serán los parámetros agronómicos e hidráulicos que se debe de considerar con fines de programar el riego por aspersión?

¿Cómo se pretende diseñar la metodología de programación de riego por aspersión?

¿Qué metodología se aplicara para validar la propuesta de la programación de riego por aspersión?

1.2. ANTECEDENTES

Con la experiencia positiva lograda por la ONG MASAL – Cusco durante los últimos ocho años, lograron que el reparto del agua sea equitativo y manejado eficientemente de tal manera que se incrementó la disponibilidad de forraje fresco para la época seca y de esta manera contribuir con la mejora de la calidad de vida de los campesinos, (experiencias logradas en las comunidades de los distritos de Kunturkanki, Checca y Pichigua - Cusco), lograron realizar trabajos del balance

hídrico en función a las fuentes de agua y la cantidad de agua en épocas de estiaje en donde el caudal disponible de los cursos es de 23.14 lts/seg. Mientras que en el distrito de Checca se dispone de un promedio de 153.80 lts/seg.

La finalidad de establecer un balance entre oferta y la demanda de agua en la zona, se determinó la demanda de agua para fines agrícolas, en donde la cedula de cultivos es exclusivo de pastos cultivados anuales y permanentes, con la incorporación de la tecnología de almacenamiento de agua y el riego presurizado incrementan la eficiencia y que posibilitan utilizar el agua de las fuentes que aportan caudales pequeños y que no son posible de utilizar por métodos de riego por gravedad.

El empleo de la Programación de riego, elaborado como parte del estudio, modelo de optimización de turnos de riego en los canales de Centro Paylla – Umachiri. Es posible optimizar los turnos de riego según la distribución del agua en función a las parcelas y los canales laterales de riego, con respecto a la disponibilidad de agua en la fuente principal. “Tesis de Investigación, Optimización del uso del Agua para la Distribución a Través de la Programación del sistema de Riego Centro Paylla – Umachiri, ejecutada por el tesista Jorge Ricardo Fernández Mamani”, dice que los intervalos de riego en la sierra que enmarca la provincia de Melgar debe tener intervalos de riego regulares desde 8.0 a 13.0días, en pastos cultivados, alfalfa.

Recomienda la aplicación de los constantes hídricos con fines de programar los turnos de riego optimo para cada fase de desarrollo del cultivo, para la distribución del agua es necesario conocer los caudales que se requiere para cada lateral de riego, de tal manera que el esquema hidráulico de distribución de agua se pueda optimizar el manejo del agua mediante turnos de riego.

1.3.JUSTIFICACIÓN

- ✓ El presente trabajo de investigación es una propuesta metodológica para programar el riego por aspersión mediante mediciones de parámetros físicos e hídricos del suelo, mediciones con métodos directos de la evaporación utilizando el tanque evaporímetro clase A.
- ✓ Con el presente trabajo se pretende facilitar una herramienta que ayude a los usuarios de riego a conocer las necesidades de agua de sus cultivos y cuales serian las fechas aproximadas de aplicación de agua (calendario de riego), de manera que se haga un uso más racional del agua mejorando la conservación y la aplicación del recurso hídrico a la vez aumentando la frontera agrícola e incrementando la producción de los cultivos.
- ✓ Esta tesis de investigación dará la solución al problema de la falta de programación de riego en la irrigación Huaccoto y la forma inadecuada de distribución de agua. De tal forma se va a contribuir a mejorar la programación de riego, validar la distribución y aplicación de agua desde el punto de vista de la evaluación del coeficiente de uniformidad, las presiones medidas de los aspersores en operación y la distribución de agua por turnos de riego.
- ✓ El presente trabajo de investigación puede ser tomada de referencia para programar otros sistemas de riego por aspersión de la zona sierra del Perú, que tengan similares características de topografía, agro edafológicas, condiciones climáticas y que puedan aplicar la metodología para programar el riego y mejorar la distribución de agua por turnos.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Proponer la propuesta Metodológica de programación de riego por aspersión mediante el método del tanque evaporímetro clase A, en la irrigación Huaccoto.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el estado situacional actual de los aspectos físicos, infraestructura hidráulica y aspecto social de la irrigación Huaccoto.
- Determinar los parámetros agronómicos e hidráulicos para programar el riego por aspersión.
- Diseñar la propuesta metodológica de programación de riego por aspersión.
- Validar la propuesta metodológica de la programación de riego por aspersión en la irrigación Huaccoto.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. SISTEMAS DE RIEGO

BROEKS Y CALDERON (1996), Un sistema de riego es un conjunto en el que interactúan diferentes componentes técnicos, sociales y económicos productivos.

La infraestructura para la captación, conducción y aplicación del agua al cultivo es el componente técnico, la organización y administración para la distribución del agua, el registro de usuarios, el mantenimiento de la infraestructura y la solución de conflictos constituyen el componente social. La producción agrícola y/o pecuaria realizada en el área con riego, su rentabilidad y sostenibilidad son los componentes económicos productivos.

2.2. RIEGO POR ASPERSION

IGNACIO Y BRIONES (1997), El riego por aspersión es el método por el cual se conduce el agua de riego a través de tuberías a presión hasta la zona de cultivo, para aplicarla en forma de lluvia mediante los aspersores.

CASTAÑON G. (2000), La aspersión es un método de riego que distribuye el agua en forma de lluvia sobre el terreno, el agua se transporta moderadamente mediante tuberías de baja presión aprovechando la pendiente del terreno. Sino que van en conducción forzada hasta el aspersor y desde este por el aire cae en forma de lluvia sobre la parcela, infiltrándose sin desplazarse sobre el suelo. Para poder ser distribuida de forma eficiente es necesario instalar material de riego en parcela, así como que el agua alcance una cierta presión, llamada presión de trabajo del aspersor.

2.2.1. Objetivos de Riego por Aspersión

- Incrementar la uniformidad y eficiencia de aplicación del riego en la parcela.
- Reducir la cantidad de mano de obra agrícola, por automatización del riego.

- Incorporar más áreas bajo riego, que son marginales con los métodos de riego por superficie.

2.2.2. Ventajas del Riego por Aspersión

- Permite el máximo aprovechamiento del área y favorece operaciones mecanizadas, por no se construyen canales.
- Permite una disminución de la mano de obra necesaria para el riego.
- Produce una gran oxigenación del agua, pudiendo usar aguas acidas y residuales.
- Es adecuada para el riego de áreas con topografía irregular, ondulados y de fuertes pendientes.
- Posibilita el riego de suelos poco profundos, donde no se puede realizar trabajos de nivelación y debe aplicarse reducidas láminas de agua.
- Permite el riego de suelos con altas tasas de infiltración básica, donde las pérdidas por percolación profunda son altas con los métodos de riego superficial.

2.2.3. Desventajas del Riego por Aspersión

- Altos costos de inversión inicial en equipos.
- Altos costos de inversión en sistemas que requieren bombeo.
- Requieren de una disponibilidad permanente de agua.
- Requiere de aguas de muy buena calidad.
- No son adecuados a cultivos que son sensibles al humedecimiento del follaje.
- No son adecuados ni recomendados en zonas de fuertes vientos.

2.2.4. Componentes del Sistema

- Punto de alimentación de agua.
 - Fuente de agua: embalses regulados, ríos, manantiales, pozos.
 - Fuente de energía: represas, reservorios, bombas, etc.

- Reservorio de regulación y/o almacenamiento de agua, represas de tierra o concreto.
- Red de tuberías de conducción y distribución.
 - Tubería de conducción: entrega al principal.
 - Tubería principal: entrega al sub principal.
 - Tubería sub principal: entrega al lateral.
- Lateral de riego: entrega el agua mediante los hidrantes a los aspersores.
- Aspersores: entrega el agua de riego en forma de lluvia a las áreas de riego o las parcelas de riego.
- Accesorios: elementos para la conducción y distribución del agua.

2.2.5. Los Aspersores

RAZURI L. (1998), Son dispositivos que aplican el agua en forma de lluvia directamente al terreno de cultivo.

A. Hidráulica de los Aspersores

- El caudal (q) que entrega un aspersor es en función de la presión de operación y del diámetro de la boquilla.

$$q = C * A * (2 * g * p)^{1/2}$$

Donde:

Q : caudal en m³/seg.

C : coeficiente de gasto (0.98)

A : área de la boquilla (m²)

g : aceleración de la gravedad (9.81 m/seg)

p : presión de operación del aspersor (m.c.a)

2.3. RELACION SUELO – AGUA – PLANTA

2.3.1. Características Físicas del Suelo

FUENTES (2003), el suelo es un sistema complejo compuesto por partículas sólidas (minerales y orgánicas), agua con sustancias en disolución (solución del suelo) y aire. El aire y la solución del suelo ocupan los espacios o poros comprendidos en la matriz sólida, las principales características físicas del suelo que afectan a la retención del agua son: la Textura, estructura y porosidad.

A. Textura

La porción mineral del suelo está formada por partículas que, según su tamaño se clasifican en: arena (2 a 0.05 mm), limo (de 0.05 a 0.002 mm) y arcilla inferior a 0.002 mm, la textura del suelo hace referencia a la proporción relativa de la arena, limo y arcilla que contiene. Atendiendo a su textura, los suelos se clasifican en arenosos, limosos o arcillosos, según que predomine cada uno de los distintos componentes. El análisis granulométrico, que da los porcentajes de en peso de arena, limo y arcilla, determina las distintas clases de textura, que vienen definidas en un triángulo de textura.

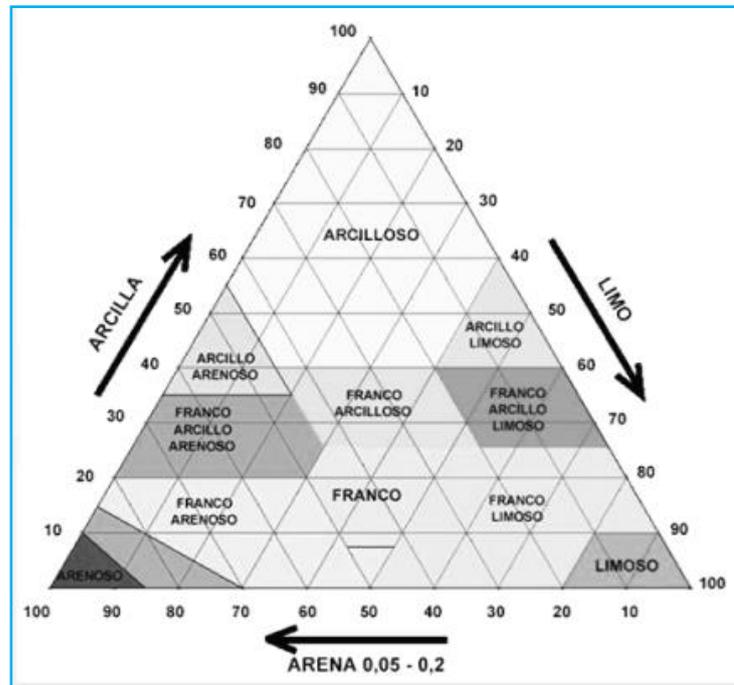
En función de su textura, los suelos se dividen en tres tipos básicos: pesados (arcillosos), medios (francos) y ligeros (arenosos).

Los suelos arenosos carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes, presentan mala estructura, buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua.

Los suelos arcillosos son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, son muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua, bien estructurados, pero son impermeables.

Los suelos limosos no tienen estructura, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación. Los suelos francos son equilibrados y compensados en casi todas

sus propiedades. En el cuadro siguiente se presenta, en resumen, las características más importantes mencionadas.



Cuadro Nro. 02.01. Características de los Suelos

Suelos pesados	Suelos ligeros	Suelos medios
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta de retención de agua ✓ De difícil laboreo ✓ Poco permeables ✓ Alto contenido de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No retienen agua ✓ Muy fácil laboreo ✓ Muy permeables ✓ Poco contenido de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Buena retención de agua ✓ Fácil laboreo ✓ Permeabilidad media ✓ Equilibrada capacidad de retención de nutrientes

B. Estructura

Se llama así a la estructura de un suelo a la posición de sus partículas para formar otras unidades de mayor tamaño, llamados agregados, los poros se presentan entre los agregados. Los poros se presentan entre los agregados y dentro de ello, siendo de mayor tamaño los primeros.

Desde el punto de vista morfológico, la estructura del suelo se ha definido como la disposición o arreglo de las partículas primarias: arena, arcilla y limo, para formar otras

unidades de mayor tamaño llamados agregados. La estructura de un suelo puede ser laminar, prismática, columnar, angular, sub angular o granular.

Una buena estructura permite una eficaz aireación y absorción del agua y nutrientes, lo que favorece el desarrollo de las raíces y evita la erosión por escurrimiento.

Existen varios tipos de estructuras: laminar, prismática, granular, etc. La granular es la más adecuada para cultivos por ser más estable, contener mayor cantidad de materia orgánica y mejor retención de agua; se caracteriza por aglomeraciones en gránulos más o menos redondeados y similares en forma y tamaño.

C. Densidad Aparente

Se llama así a la relación que existe entre la masa de un suelo seco y su volumen en condiciones naturales, es decir, el peso de suelo seco por unidad de volumen total (contenido todos sus poros).

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Donde:

P_{ss} : Peso de suelo seco a estufa de 105° C (gr)

V_t : Volumen total del muestreo (cm³)

El concepto de la densidad aparente involucra la textura, estructura y compactación del suelo. Varía de 1,1 a 1,3 gr/cm³, para suelos arcillosos o pesados; de 1,3 a 1,5 gr/cm³, para suelos francos y de 1,5 a 1,7 gr/cm³, para suelos arenosos o ligeros.

La densidad aparente varía según los cambios que se produzcan en el suelo, respecto al volumen de poros. La compactación por la labranza disminuye el volumen de poros.

La disminución de materia orgánica suele incrementar la densidad aparente del suelo debido a que se halla asociada a una reducción en el volumen total de poros.

D. Densidad Real

Se refiere a la densidad de las partículas sólidas, y es igual al peso de suelo seco dividido por el volumen ocupado por partículas solidas.

Es el peso de la unidad de volumen del suelo, sin sus poros o espacios vacíos. Varía entre 2,6 y 2,7 gr/cm³. En la mayoría de los casos se toma como promedio 2,65 gr/cm³.

$$Dr = \frac{Pss}{Vt} (\text{gr/cm}^3)$$

Donde:

Pss : Peso de suelo seco a estufa de 105° C (gr)

Vt : Volumen solo de la parte sólida del suelo (cm³)

E. Porosidad

Entre las partículas elementales y entre los agregados del suelo existen vacíos o poros, cuyos tamaños varían según su estructura interna.

$$\eta = 1 - \frac{Da}{Dr}$$

Donde:

Da : Densidad aparente (gr/cm³)

Dr : Densidad real (gr/cm³)

En la mayoría de suelos la porosidad varía entre 0,3 y 0,6 (30-60%). En los suelos de alto contenido de materia orgánica puede ser mayor de 0,9 (90%).

Los suelos de texturas gruesas tienden a ser menos porosos que los de texturas finas, aunque sus poros individuales son más grandes. En los suelos arcillosos, la porosidad es muy variable, a medida que se agregan y dispersan, se expanden y contraen o se compactan.

Algunos valores referenciales de densidad aparente y porosidad, según la textura del suelo, se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro Nro. 02.02. Valores de densidad aparente y porosidad según su textura

Textura	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad (%)
Arenoso	1,5 - 1,8	43 - 32
Franco arenoso	1,4 - 1,6	47 - 40
Franco	1,3 - 1,5	51 - 43
Franco arcilloso	1,3 - 1,4	51 - 47
Limo arcilloso	1,25 - 1,4	53 - 47
Arcilloso	1,1 - 1,3	58 - 51

2.4. Contenido de Agua en el Suelo

FUENTES (2003), El contenido de agua en el suelo es un dato indispensable para el cálculo de los aportes de riego. Puede expresarse en forma de porcentaje, en relación a una determinada base constante que puede ser masa, volumen o lámina.

A. Contenido de humedad en masa o humedad gravimétrica

Es frecuente expresar la humedad del suelo, mediante la relación (en porcentaje) entre la masa de agua que contiene y la masa de suelo seco, es decir:

$$\omega = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100$$

Donde:

P_{sh} : Peso de suelo húmedo(gr)

P_{ss} : Peso de suelo seco (gr)

B. Contenido de humedad en volumen o humedad volumétrica

También se puede relacionar el contenido de agua del suelo con el volumen que éste ocupa. Para ello se utiliza la relación:

$$\theta = \omega * da$$

Donde:

ω : Humedad gravimétrica

da : Densidad aparente

C. Lamina de Agua

Es útil expresar el contenido de agua del suelo en unidades de altura o lámina de agua, al igual que la precipitación y la evapotranspiración.

$$La = \frac{\theta}{100} * Pr * of$$

Donde:

θ : Humedad volumétrica

Pr : Profundidad radicular

2.5. Estados de Agua del Suelo

OLARTE (2003), El contenido de humedad de un suelo depende de muchos factores y dentro de ellos básicamente de sus propiedades físicas tales como la capacidad de retención y del tipo de fuerza física que la retiene. De acuerdo a la cantidad de agua presente en el suelo, este adoptara diferentes nombres y presentara diferentes características los cuales describiremos con un mayor detalle a continuación:

2.5.1. Saturación (S)

FUENTES J. (2003), Un suelo está saturada cuando sus poros están ocupados por agua. Esta situación se presenta después de una lluvia copiosa o de un riego abundante, o cuando existe un estrato impermeable a poca profundidad. Cuando a un suelo de saturación se le drena, el agua sobrante pasa al subsuelo por la acción de la gravedad. El agua elimina de esta forma, que no es retenida por el suelo, se llama agua libre o gravitacional.

Cuando el estado de suelo saturado se prolonga, las raíces de las plantas no acuáticas se mueren por falta de respiración.

2.5.2. Capacidad de Campo (CC)

OLARTE W. (2002), Llama también capacidad normal de campo, fieldcapacity, tempero, etc. Se dice que se encuentra a capacidad de campo, cuando el suelo retiene la máxima cantidad de agua que le permita sus microporos y cuando se ha recompuesto el aire en los macro poros.

Es decir que se ha cesado el drenaje libre de agua. De esta manera, se puede afirmar que la capacidad de campo se constituye en el estado más favorable de humedad de crecimiento de las plantas y a donde debe llegarse con el riego. Este estado generalmente se presenta cuando el potencial alcanza las 0.3 atmosferas en suelos francos, 0.5 en suelos arcillosos y 0.1 atmosferas en suelos arenosos. El tipo de agua contenida en suelos a capacidad de campo se llama agua capilar o agua útil y se encuentra retenida por la tensión superficial de las partículas del suelo, los instrumentos que miden de mejor manera este tipo de humedad en campo son los higrómetros de bloquetas de yeso.

Recientemente Fuentes Yague en su publicación “tecnologías de riego” al efectuar regresiones lineales entre el contenido de arcilla, arena, y limo y la capacidad de campo obtiene la ecuación siguiente:

$$Cc = 0.48 * Ac + 0.162 * Li + 0.023 * Ar + 2.62$$

Donde:

Cc : Capacidad de campo (en % de Pss)

Ac : Contenido de arcilla (en % de Pss)

Li : Contenido de Limo (en % de Pss)

Ar : Contenido de arena (en % de Pss)

2.5.3. Punto de Marchitez Permanente (PMP)

VASQUEZ A., CHANG L. (1992), Es el punto en el cual la vegetación manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo retardado de agua del suelo hacia la planta y que en promedio correspondiente a un estado de 15 bares.

El cálculo realizado según Fuentes Yague en su publicación “Tecnologías de Riego” propone la siguiente relación para el cálculo de PMP.

$$\text{PMP} = 0.302 * \text{Ac} + 0.102 * \text{Li} + 0.0147 * \text{Ar}$$

Donde:

PMP : Punto de marchitez permanente (en % de Pss)

Ac : Contenido de arcilla (en % de Pss)

Li : Contenido de Limo (en % de Pss)

Ar : Contenido de arena (en % de Pss)

2.5.4. Humedad Disponible (HD).

BENITES C. (2001), Está referido a la humedad del suelo que puede ser consumida fácilmente por la planta. Algunas veces recibe el nombre de rango e humedad aprovechable. Son los contenidos de humedad entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

OLARTE (2003), el agua disponible para las plantas es el agua comprendida entre la capacidad de campo y (Cc) y el punto de Marchitamiento (Pmp)

$$\text{AD} = \text{Cc} - \text{Pmp}$$

La reserva de agua disponible para las plantas es el agua disponible contenida en la profundidad del suelo que alcanzan las raíces

$$\text{RD} = (\text{Cc} - \text{Pmp}) * \text{Profundidad raíces}$$

Dónde:

RD : reserva disponible.

Se llama Reserva de agua fácilmente disponible la cantidad de agua que puede absorber las plantas sin hacer un esfuerzo excesivo, por tanto, sin que haya una disminución del rendimiento. La reserva de agua fácilmente disponible es igual a la reserva del agua disponible multiplicada por un coeficiente llamado factor de agotamiento del agua disponible. En resumen se muestra en el cuadro la profundidad de raíces, factor de agotamiento. (Ver el cuadro siguiente).

Cuadro Nro. 02.03. Profundidad de Raíces y Umbral de Agotamiento

CODIGO	CULTIVO	Profundidad de Raíz			Agotamiento de la HFU
		PR (m)			
1	ALFALFA	0.90	a	1.50	0.55
2	AVENA FORRAJERA	0.25	a	1.20	0.55
3	CEBADA GRANO	0.25	a	1.20	0.55
4	TRIGO	0.30	a	0.60	0.55
5	HABAS	0.25	a	0.60	0.20
6	PAPA	0.30	a	0.75	0.25
7	OCA	0.25	a	0.60	0.25
8	IZAÑO	0.25	a	0.60	0.25
9	OLLUCO	0.25	a	0.60	0.25
10	QUINUA	0.30	a	0.50	0.50

Fuente: Catalogo de recursos genéticos de Raíces y Tubérculos Andinos, Cesar Tapia B. Raúl Castillo T.

2.5.5. Velocidad de Infiltración del Suelo.

OLARTE W. (2003), La infiltración es la vertical del agua desde la superficie hacia las capas más profundas del perfil del suelo. Esta información es muy importante porque va a condicionar el tiempo de riego y el diseño del sistema. La velocidad de infiltración depende de varios factores, entre ellos los más importantes son:

- La lámina de agua aplicada.
- La textura y la estructura del suelo.
- El contenido inicial de agua en el suelo.
- La conductividad hidráulica del suelo saturado "k".
- El estado de la superficie del suelo.
- La presencia de estratos y capas endurecidas.
- La profundidad de la capa freática.

2.5.6. Velocidad de Infiltración Instantánea (I).

VASQUEZ A, NAVARRO L. (1992), Llamado simplemente velocidad de infiltración, puede ser definida como la velocidad de entrada vertical del agua en el perfil del suelo. Cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina delgada de agua. La función que describe la velocidad de infiltración en un punto cualquiera, es un modelo exponencial de la forma:

$$I = a * t^b o$$

Donde:

I : Velocidad de infiltración Instantánea (cm/seg)

a : Es un parámetro que depende de las características intrínsecas del suelo tales como la textura, estructura, porosidad

b : Es un parámetro que depende de las características intrínsecas del suelo tales como: la carga hidráulica aplicada, la pendiente la rugosidad, etc. Este parámetro describe la pendiente de la curva, la misma que varía entre 0 y -1 por que la velocidad disminuye conforme pasa el tiempo al descender la curva de infiltración su valor es siempre negativo.

t_o : tiempo de oportunidad que tiene el suelo de estar en contacto con el agua (min)

2.5.7. Infiltración Acumulada o Lámina Infiltrada Acumulada (ICUM).

OLARTE W. (2003), La cantidad de agua que penetra en el perfil del suelo es acumulada en el tiempo, determinado una lámina de agua. Calculo por tanto se efectúa integrando la ecuación de la infiltración instantánea en función del tiempo.

$$I_{cum} = \int I f(t) = \int a * t^b o f(t)$$

$$I_{cum} = \frac{a}{60 * (b + 1)} * t^{b+1} o$$

2.5.8. Velocidad de Infiltración Básica (Vib)

BENITES C. (2001), Se presenta cuando la velocidad instantánea no tiene variación significativa (es menor al diez por ciento de su valor) entre dos valores continuos, para un periodo estándar de tiempo. En riego se debe considerar esta velocidad de infiltración, que es la que se presenta en la mayor parte del tiempo. En la mayoría de las suelos, la velocidad de infiltración disminuye durante el lapso de tiempo en que se riega. Suele ser relativamente grade al principio y disminuye gradualmente hasta alcanzar un valor constante, se suele denominar velocidad de absorción básica.

El tiempo en el cual se logra la velocidad de infiltración básica, se encuentra igualando la derivada de la velocidad de infiltración con el 0.1 del mismo valor.

$$I = a * t^b$$

Donde:

Vib : Velocidad de infiltración Básica (cm/hora)

t_o : Es el tiempo de oportunidad cuando su valor es de (-10b, que es el tiempo teórico en el cual ocurrirá "Ib" si se expresa en minutos su valor equivale a (-600b)

$$Vib = a * (-600 * b) * t^b$$

2.5.9. Medida de la Velocidad de Infiltración

OLARTE W. (2003), Varios métodos se han desarrollado para medir la velocidad de infiltración de los suelos, tales como la utilización de cuadros elaborados en función a la textura, métodos de las infitrómetros, método del surco infitrómetro y otros. Para los fines de diseño de sistemas de riego por aspersión dos son los métodos más recomendados.

a. Métodos de los infitrómetros

OLARTE W. (2003), El método del infitrómetro de anillos concéntricos es el más recomendado para diseños de riego por aspersión y goteo, consiste en verter el agua

en el cilindro infiltró metro colocado sobre el terreno y medir en tiempos sucesivos la disminución de la altura del agua vertida en él, movimiento del agua en el suelo es vertical y horizontal. Para evitar el error de la medida de la infiltración horizontal, el infiltró metro de anillos concéntricos dispone de otro cilindro concéntrico exterior de mayor diámetro y se vierte agua entre los dos cilindros; de esta manera se corrige el error causado por la infiltración lateral.

Las recomendaciones bibliográficas señalan que el cilindro central debe tener un diámetro no menor de 30 cm. Y una longitud superior a los 30 cm. Es recomendable que el acero tenga un espesor de 2mm y vaya provisto de un borde con filo, con el fin de introducirlo con facilidad en el terreno sin disturbar la estructura del suelo.

El proceso de medición es de la siguiente forma:

- ✓ Se coloca el infiltró metro en un lugar elegido como representativo del área de estudio y se introduce en el suelo mediante golpes de martillo hasta que haya penetrado 10 -15 cm. Se procura en todo momento que el cilindro no quede inclinado, con el fin de evitar que se altere las condiciones de la superficie del suelo.
- ✓ Se llena de agua el espacio comprendido entre ambos cilindros hasta una altura de 5 cm y se mantiene constante esa altura de agua durante todo el proceso.
- ✓ Inmediatamente después se llena de agua el cilindro interior hasta una altura de 5 cm rápidamente se marca este nivel, que ha de servir de referencia a las lecturas posteriores, y se anota el momento de la operación.
- ✓ Se realizan mediciones de la altura de agua del cilindro interior a intervalos periódicos de 5 minutos, anotados los valores observados hasta observar que la infiltración se haga constante, lo que se alcanza antes en suelos arenosos que en los arcillosos.

Cuadro Nro. 02.04. Velocidad de Infiltración Básica en los Suelos Según su Textura.

Textura	Velocidad de Infiltración Básica (mm/hr.)
Arcilloso	3.8
Franco Arcilloso	6.4
Franco Limoso	7.6
Limoso	8.0
Franco	8.9
Limo Arenoso	10.0
Arenoso Limoso	15.0
Franco Arenoso	16.0
Arenoso	19.0
Arenoso Grueso	50.0

Fuente: Manual "Diseño y Gestión de Sistemas de Riego por Aspersión en Laderas", Proyecto MASAL

Cuadro Nro. 02.05. Clasificación de Infiltración según USBR

Clase	Infiltración Básica (cm/hr.)
Infiltración Lenta	Menor a 0.5
Infiltración Moderadamente Lenta	0.5 – 0.2
Infiltración Moderada	2.1 – 5.0
Infiltración Moderadamente Rápida	6.1 – 13.0
Infiltración Rápida	13.1 – 25.0
Infiltración Muy Rápida	Mayor a 35.0

Fuente: Manual "Diseño y Gestión de Sistemas de Riego por Aspersión en Laderas", Proyecto MASAL

2.6. Necesidades Hídricas de los Cultivos

2.6.1. Coeficiente del Cultivo (Kc)

VAZQUEZ A., CHANG L. (1997), El valor de kc representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzca rendimientos óptimos. La información necesaria de los cultivos es la siguiente: la fecha de siembra, la duración de la estación vegetal total incluyendo: la duración de la fase inicial (desde la germinación hasta el 10% de la cobertura del terreno); la duración de la fase mediados del periodo (desde 80% de cobertura del terreno hasta el comienzo de la maduración) y la maduración de la fase medianos del periodo (desde el comienzo de la maduración hasta la recolección). (FAO Riego y Drenaje).

El Kc tendrá una variación estacionaria en función de las fases de desarrollo del cultivo y que son las siguientes:

Fase I.

Llamado también fase inicial, corresponde a la germinación y crecimiento inicial cuando existe aproximadamente un 10% de cobertura vegetal.

Fase II.

Se la denomina a la fase de desarrollo del cultivo, es el final de la fase inicial cuando existe un 70 a 80% cobertura vegetal.

Fase III.

Se le denomina a la fase de mediados del periodo (periodo de maduración), en esta fase la cobertura es completa y se caracteriza por que existe decoloración y caída de hojas en la planta, viene a ser el inicio de la maduración.

Fase IV.

Es la fase final del periodo corresponde a la cosecha del cultivo y este se encuentra en plena maduración. Viene a ser la fase de los cultivos.

2.6.2. Evapotranspiración

FUENTES (2003), Recibe el nombre de evapotranspiración (o uso consuntivo) a la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo. Cabe distinguir dos formas de evapotranspiración.

A. Evapotranspiración Potencial o de Referencia (ETo)

MANUAL (FAO 56), Es la cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y

se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas.

Los únicos factores que afectan ETo son los parámetros climáticos, por lo tanto, ETo es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ETo expresa el poder evaporante de la atmosfera en una localidad y época del año específicas, y no se considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

B. Evapotranspiración Real o de Cultivo (ETR)

MANUAL (FAO 56), La evapotranspiración de cultivo bajo condiciones estándar se denomina Etc., y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

La evapotranspiración real, es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado.

$$ETR = Kc * ETo$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real (mm/mes)

Kc = Coeficiente de cultivo.

ETo = Evapotranspiración potencial (mm/mes).

La ETR también se puede interpretar como Consumo diario (Cd).

2.6.3. Métodos para Determinar la Evapotranspiración de Referencia.

MANUAL (FAO 56), Existen muchos métodos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia, en función de datos climáticos. El método a emplear se determina por el tipo de datos disponibles y según el nivel de exactitud requerido. Puede usarse el método del

tanque evaporímetro, formulas empíricas como Penman – Monteith, Hargreaves, Blaney – Criddle, Thornthwite.

A. Método del Evaporímetro Tanque Clase A.

El tanque de evaporación es un recipiente cilíndrico de lata galvanizada de 0.8 mm con un diámetro de 120.65 cm. La estructura se coloca sobre apoyos de madera que a su vez descansa sobre el terreno. El fondo del tanque debe quedar a 15 cm por encima del nivel original del suelo, aunque el espacio que queda por debajo de los apoyos debe rellenarse con tierra, de manera que quede un espacio libre de solo 5 cm bajo el fondo del tanque. El recipiente se llena de agua limpia y se rellena cada cierto tiempo, procurando siempre que el nivel del agua se mantenga a una distancia del borde que oscile entre 5 y 7.5 cm. El tanque debe ser pintado anualmente con pintura de aluminio y agregar hipoclorito de sodio para evitar el desarrollo de algas.

El evaporímetro de bandeja estándar clase “A”, se instala en una extensión de pasto regado o en una área bajo cultivo regado, lo que nos permite medir los efectos ponderados de las variables que influyen a la evapotranspiración.

$$ET_o = K_b * E_v$$

Donde:

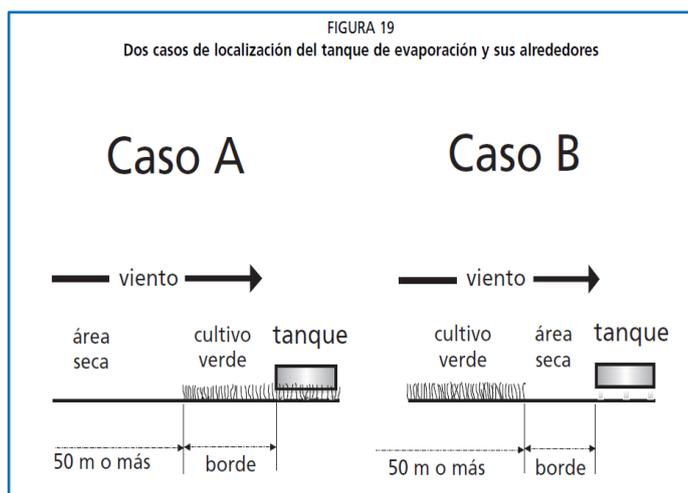
ET_o : Evapotranspiración de referencia en mm/día.

K_b : Coeficiente de bandeja que depende de la velocidad del viento, Humedad relativa y posición.

E_v : Evaporación en bandeja en mm/día.

Determinación del coeficiente del tanque evaporímetro:

Definir la localización del tanque:



Del cuadro 5-Manual 56 de la FAO, se obtiene que el coeficiente del tanque evaporímetrovaría de 0.75 a 0.80. Para el caso del ejemplo vamos a tomar el valor máximo.

Cuadro Nro. 02.06. Coeficientes del tanque evaporímetro

CUADRO 5
Coeficientes del tanque evaporímetro (K_p) para el tanque Clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa (Serie FAO Riego y drenaje No. 24)

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada			Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo					
	HR media	baja < 40	media 40-70	alta > 70	baja < 40	media 40-70	alta > 70		
Velocidad del viento ($m s^{-1}$)	Distancia del cultivo a barlovento (m)				Distancia del barbecho a barlovento (m)				
Baja	1	,55	,65	,75	1	,7	,8	,85	
	< 2	10	,65	,75	,85	10	,6	,7	,8
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65	,75	
	1 000	,75	,85	,85	1 000	,5	,6	,7	
Moderada	1	,5	,6	,65	1	,65	,75	,8	
	2-5	10	,6	,7	,75	10	,55	,65	,7
	100	,65	,75	,8	100	,5	,6	,65	
	1 000	,7	,8	,8	1 000	,45	,55	,6	
Alta	1	,45	,5	,6	1	,6	,65	,7	
	5-8	10	,55	,6	,65	10	,5	,55	,65
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5	,6	
	1 000	,65	,7	,75	1 000	,4	,45	,55	
Muy alta	1	,4	,45	,5	1	,5	,6	,65	
	> 8	10	,45	,55	,6	10	,45	,5	,55
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45	,5	
	1 000	,55	,6	,65	1 000	,35	,4	,45	

2.7. Oferta Hídrica

MONSALVE (1999); La hidrología versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución sus propiedades físicas y químicas, y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa de las aguas sobre la tierra.

RAMOS (2000); la cuenca de una corriente o sistema interconectado de cauces, es el área que contribuye al escurrimiento, tal que todo el escurrimiento originado en el es descargado a través de una única salida.

2.7.1. Área de la Cuenca (A)

BREÑA P. AGUSTÍN F; JACOBO V. MARCO A. (2006), Es la proyección del parte aguas a un plano horizontal, caracterizándose así el tamaño de la cuenca. El valor del área se obtiene de los mapas topográficos a través del uso del planímetro o de otros métodos.

2.7.2. Análisis Regional de Precipitación

a. CORRELACIÓN.

VILLÓN V. (2002), La correlación, se define como la asociación entre dos o más variables aleatorias, que explica sólo parcialmente la variación total de una variable aleatoria, por la variación de otras variables aleatorias involucradas en la ecuación de asociación. La parte de la variación total que queda sin explicar, o sea, la variación no explicada, se debe a errores o a otras variables aleatorias, que no han sido tomadas en cuenta en la correlación.

b. Medidas de Correlación

Se necesita un estadístico para medir el grado de asociación correlativa entre las variables bajo consideración. Los estadísticos más utilizados son los coeficientes de correlación y determinación y la desviación típica de los residuos.

c. Análisis de Correlación

Consiste en el cálculo de una medida del grado de correlación y la realización de pruebas, para determinar si es aceptable el grado de asociación correlativa.

El análisis de correlación está estrechamente relacionado con el análisis de regresión, puesto que la fórmula utilizada en el cálculo de la medida de correlación, depende del modelo de regresión adoptado. Por ejemplo, cuando se selecciona un modelo lineal simple, se habla de correlación lineal simple.

2.7.3. Embalses de Regulación con Presas de Tierra

NOVAK P., MOFFAT A.I.B., NALLURI C. Y NARAYANAN (1990); Las presas de terraplén son presas masivas hechas de tierra o roca. Al igual que las presas de gravedad, dependen de su peso para resistir el empuje del agua.

El volumen principal del cuerpo de una presa de tierra se hace con suelos arcillosos, arenosos, o areno - gravillosos de grano fino.

Son terraplenes de materiales inertes naturales diferentes, compactados de tierra y roca con acomodo especial, diseñados para estabilidad y control de filtración por una zona impermeable (Central: núcleo) y/o manto impermeable aguas arriba. Combinación de suelo sin retención, terraplén alto estable, sujeto a influencia de flujo de filtración.

La presa de terraplén (tierra) utiliza materiales naturales con un mínimo de tratamiento (cribado, mezcla, humedecimiento, etc.) pueden construirse con equipo primitivo bajo condiciones donde cualquier otro material de construcción sería impracticable.

Las primeras presas que se conocen fueron de tierra. Los avances importantes en equipos de movimiento de tierras han significado en reducción de costos en las operaciones (movimiento de tierras) como comparación con incremento de costos en producción y

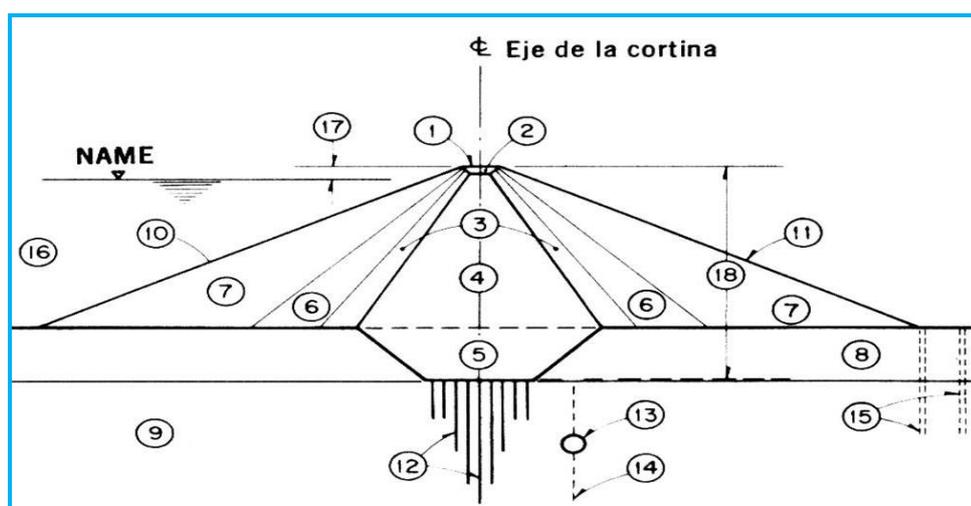
vaciado de concreto como resultado de incrementos permanentes de salario y costos de agregados y materiales.

Ahora la presa de tierra resulta competitiva en costo con las de mampostería en todos los tamaños.

Las presas altas de arco y gravedad que requieren una buena roca como fundación se diferencian de la presa de tierra en que se adaptan a fundaciones en tierra. Resultan de la selección lógica para ubicaciones donde las condiciones de fundación hacen no satisfactorio la presa de concreto.

No debemos asumir que la construcción de la presa de tierra (PT) es una simple operación y que su diseño no requiere de mucho criterio.

Las partes de una Presa de Terraplén son las siguientes:



- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1. Cresta ó Corona | 2. Revestimiento de la Corona |
| 3. Filtros | 4. Corazón ó núcleo impermeable |
| 5. Trinchera | 6. Transiciones |
| 7. Enrocamiento | 8. Deposito aluvial |
| 9. Roca basal | 10. Talud aguas arriba |
| 11. Talud aguas abajo | 12. Pantalla de inyecciones |
| 13. Galería | 14. Drenes |
| 15. Pozos de alivio | 16. Embalse |
| 17. Bordo Libre | 18. Altura de la cortina |

2.8. Programación de Riego

FUENTES (2003), la programación del riego tiene por finalidad la optimización del uso de agua y de energía sin reducir la producción, tratando de dar una respuesta a las siguientes preguntas:

- Cuando se debe regar.
- Cuanta cantidad de agua se debe aplicar en cada Riego.
- Cuanto tiempo se debe regar aplicar el agua en cada Riego.

Para contestar a las dos primeras preguntas hay que tener en cuenta las necesidades de agua del cultivo y las características del suelo en cuanto a su capacidad para retener el agua del cultivo y las características del suelo en cuanto a su capacidad para retener el agua. Para contestar a la tercera pregunta hay que tener en cuenta la velocidad de infiltración del agua en el suelo.

2.8.1. Lamina neta de Agua

OLARTE (2003); Llamada también tasa de riego, es la cantidad de agua aplicada a un suelo en cada riego. Por tanto su unidad de medida se expresa en mm de altura de agua aplicada. La lámina neta de agua aplicada a un suelo, depende de los factores básicos: la capacidad retentiva de humedad del suelo y la profundidad de riego. Su determinación es haciendo uso de la siguiente formula.

$$Ln = \frac{(Cc\% - PM\%)}{100} * Da * PR * HFU$$

Donde:

- Ln* : Lamina neta de agua (mm).
Cc : Capacidad de campo (% de Pss).
PM : Punto de marchitez permanente (% de Pss).
Da : Densidad aparente (gr/cm³).
PR : Profundidad de raíces (mm).

HFU : Porcentaje de humedad aprovechable (%).

2.8.2. Eficiencia de Riego

BENITES C. (2001), Toda el agua se aplica al suelo no es aprovechada por la planta; así como toda agua que se capta en la bocatoma no llega a la parcela. Algunos sistemas, tanto de conducción como de aplicación, pierden más agua que otro. A los que menos agua pierden se les denomina más eficiente.

OLARTE W. (2002) La eficiencia de riego (E_r), se refiere a la cantidad de agua que se coloca en el perfil del suelo en relación con la cantidad de agua que se deriva de la fuente. La eficiencia de riego se considera como el producto de varias eficiencias parciales tales como:

- ✓ Eficiencia de captación (E_{cap}).
- ✓ Eficiencia de almacenamiento (E_{al}).
- ✓ Eficiencia de conducción (E_c).
- ✓ Eficiencia de distribución (E_d).
- ✓ Eficiencia parcelaria (E_p).

$$E_r = E_{cap} * E_{al} * E_c * E_d * E_p$$

2.8.3. Coeficiente de Uniformidad (C_u)

CHRISTIANSEN (1942), Presento el resultado de sus investigaciones, basadas en aproximadamente 200 pruebas, hechas con aspersores de tipo portátil, dichas pruebas tuvieron por objeto determinar la distribución y determinar asimismo, la influencia del viento sobre dichos patrones. El trabajo de Christiansen (1942), dio bases que fundamentan el diseño de los equipos de riego por aspersión, incluye una expresión numérica llamada coeficiente de uniformidad C_u , que sirve como índice de uniformidad en la distribución del agua, recogida al operar un sistema de aspersores giratorios de distribución superpuesta.

El coeficiente de Uniformidad, C_u , permite comparar los patrones de distribución de diferentes aspersores y la influencia del espaciamiento sobre la uniformidad de distribución del agua. Es aun el más usado en las pruebas de evaluación de este método y se expresa con la siguiente fórmula:

Para la determinación del coeficiente de uniformidad nos basaremos en la determinación de la cantidad de agua promedio por recipiente y las desviaciones de la cantidad promedio.

El resultado es expresado en (%). En la medida que la distribución es mejor, menores son las desviaciones y consecuentemente, el valor que se obtiene se acerca a 100%.

Determinación del Coeficiente de Uniformidad (C_u) de acuerdo con Christiansen:

$$C_u = 100 \left(1 - \frac{\sum [X_i - \bar{x}]^2}{\bar{x} \cdot n} \right)$$

Donde:

- C_u : Coeficiente de Uniformidad (%).
 \sum : Sumatoria.
 X_i : Lectura de la cantidad de agua en cada recipiente (mm).
 \bar{x} : Promedio de las lecturas de los recipientes (mm).
 n : Número de recipientes.

2.8.4. Eficiencia de Aplicación (E_a)

MASAL (2002), Es la relación que existe entre la cantidad de agua colocada en el perfil del usuario con respecto a las pérdidas por evaporación durante la aplicación (e) que depende del clima que tiende a evaporar las gotas de agua que salen del espesor y la uniformidad con que se aplica el agua a la superficie del suelo (C_u).

$$E_a = \left[1 - \left(\frac{100 - e}{100} \right) \left(0.5 * \frac{C_u}{200} \right) \right] * 100$$

Dónde:

- E_a : Eficiencia aplicación parcelaria.
 e : Pérdidas por evaporación

cu : uniformidad de aplicación del de agua.

Cuadro Nro. 02.07. Eficiencias de riego parcelario con el método de riego por Aspersión

Clima de la Zona por Regar	Eficiencia de Aplicación %
Clima Desértico	65.00
Clima Seco Caliente	70.00
Clima Moderado	75.00
Clima Húmedo y Frio	80.00

Fuente : Manual de Diseño de riego por Aspersión en Laderas - MASAL

2.8.5. Lamina Bruta (Lb)

OLARTE (2003), Cuando se aplica un riego a la parcela, se trata de que produzca la menor cantidad de pérdidas posibles, aunque en la práctica no existe un riego totalmente eficiente. Indudablemente la eficiencia depende de la habilidad, destreza y experiencia del agricultor cuando nos referimos al riego por gravedad, pero cuando aplicamos riego por aspersión depende más del clima y de la tecnología de riego propuesto.

$$Lr = \frac{Ln}{Ea}$$

Donde:

Lr : Lamina real ó lamina de riego (mm).

Ln : Lamina neta de agua (mm).

Ea : Eficiencia de Aplicación (Ea).

2.8.6. Frecuencia de Riego (Fr)

OLARTE (2003), La frecuencia de Riego, es el tiempo transcurrido entre dos riegos sucesivos, se mide por la relación entre la lámina neta en (mm) y la evapotranspiración real de cultivo o consumo diario (mm/día).

$$FR = \frac{Ln}{Cd}$$

Donde:

FR : Frecuencia o intervalo de riego (días).

Ln : Lamina neta (mm).

Cd : Consumo diario (mm/día).

2.8.7. Tiempo de Riego (T_r)

OLARTE (2003), Es el tiempo necesario para que la lamina de agua que corresponde exactamente al descenso de humedad existente, se infiltre en el terreno.

$$T_r = \frac{L_r}{P_p}$$

Donde:

T_r : Tiempo de riego (Hrs).

L_r : Lamina real ó lamina de riego (mm).

P_p : Tasa de pluviosidad del aspersor (mm).

2.9. Balance Hídrico

FUENTES (2003), El balance hídrico de la planta es el resultado de las aportaciones y de las perdidas. En ocasiones puede ocurrir que las aportaciones por absorción superen a las perdidas por transpiración, sobre todo cuando esta no se produce (de noche), en cuyo caso el exceso de agua se elimina por las hojas en forma de gotas líquidas, a través de unas estructuras llamadas hidatodos, mediante un proceso llamado gutación.

Es más frecuente que las perdidas superen a las aportaciones, en cuyo caso se produce un déficit hídrico, cuyos efectos negativos dependen de su intensidad y duración y el estado fenológico de la planta.

Un déficit de pequeña intensidad o de escasa duración tiene poca repercusión y la planta se repone cuando se recupera la situación normal. Es el caso, por ejemplo, del déficit que experimentan muchas plantas durante las horas de máxima insolación de un día caluroso. Cuando el déficit hídrico es importante en duración o en intensidad, las hojas adquieren una consistencia flácida y la empieza a marchitarse, con el consiguiente efecto negativo sobre el rendimiento del cultivo, tanto en cantidad como en calidad.

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$C_{mi} = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Dónde:

C_{Mi} : Caudal mensual (mm/mes).

P_i : Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes).

D_i : Déficit de escurrimiento (mm/mes).

G_i : Gasto de retención de la cuenca (mm/mes).

A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes).

2.9.1. Demanda de Agua (D_a)

OLARTE W. (2003), La demanda de las necesidades de agua de un cultivo puede realizarse por diversos métodos.

A. Método Directo

OLARTE W. (2002), Utilizando lisímetros. Los lisímetros, son recipientes de gran tamaño, llenos de tierra agrícola y en donde se siembra las plantas objeto de estudio, cultivado en las condiciones más similares posibles a las condiciones de campo.

B. Métodos Indirectos

OLARTE W. (2002), Ecuación basada en datos climatológicos. Son los primeros métodos empíricos desarrollados utilizando información climatológica, para predecir la demanda de agua de los cultivos, tales como: temperatura, humedad relativa, horas de sol, etc.

C. Ecuaciones Basadas en la Medida de la Radiación

El inconveniente señalado en los métodos climatológicos, ha motivado a los investigadores la búsqueda de métodos más convenientes. En esta dirección, Penman en el Reino Unido ideó la primera ecuación para estimar la ETP, basado en datos medidos ó estimados de la radiación. Entre los métodos destacan radiométricos, destacan los de Penman, Hargreaves, Christiansen, etc.

Demanda de agua neta de los cultivos (D_a mm/mes), el requerimiento de agua se ha determinado afectando el uso consuntivo por el factor de precipitación efectiva.

$$Da = ETR - PE$$

Donde:

Da : Demanda de agua neta de los cultivos (mm/mes).

ETR : Evapotranspiración real (mm/mes).

PE : Precipitación Efectiva (mm/mes).

Demanda de agua del proyecto (Dp). Se ha determinado afectando la demanda neta por el factor de eficiencia de riego.

$$Dp = \frac{Da}{Er}$$

Donde:

Da : Demanda de agua neta de los cultivos (mm/mes).

Er : Eficiencia de riego (%).

2.10. Distribución de Agua por Sectores de Riego

MASAL (2002), Con una adecuada programación de riego por turnos y la implementación de un “mapa de riego o Esquema de Distribución de Agua” como primer instrumento de gestión para una organización de regantes que recién inicia con las prácticas de riego.

2.10.1. Sectores de Riego

MASAL (2002), el siguiente paso en el diseño y la programación de riego por aspersión es la definición de los sectores de riego. Para definir los sectores de riego, se debe proceder con la ayuda del plano topográfico, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos.

Se debe considerar los datos del cultivo de mayor incidencia.

Cuadro Nro. 02.08.Frecuencia de Riego y Tiempo de Riego

FASE	PERIODO VEGETATIVO	DEMANDA DE CULTIVO			CARACT. ASPERSOR		PROGRAM. DE RIEGO	
		Ln Diaria	Ln	Lb	Q (Asp.)	Pp Emisor	FR	TR
		mm/día	mm	mm	Lt/Seg.	mm/hora	Días	Horas
EMERGENCIA	20 Dias							
		3.46	34.61	46.15	0.41	10.89	10.00	4.00
CRECIMIENTO	30 Dias							
		4.82	48.21	64.27	0.41	10.89	10.00	6.00
FLORACION	25 Dias							
		4.81	48.14	64.18	0.41	10.89	10.00	6.00
MADURACION A COSECHA	25 Dias							
		4.17	41.66	55.55	0.41	10.89	10.00	5.00

2.10.2. Distribución de las Parcelas en el Terreno

MASAL (2002), Se deberá de tratar de agruparlas de tal manera que se utilice la menor cantidad de tuberías y el menor diámetro para abaratar los costos. Se opta por agruparlas en grupos de un determinado número con las parcelas que guardan similitudes o ciertas características similares, la topografía del terreno es un aspecto que permite delimitar las áreas que son factibles de irrigar, según la diferencia de altura entre la fuente y el terreno. Esta decidirá si se tiene que utilizar algunas obras de arte necesarias.

2.10.3. Turnos de Riego

INGENIERIA Y GESTION SOSTENIBLE DE REGADIOS, Aunque existan tantos modelos gestión, todos ellos se pueden beneficiar de un mayor control y supervisión en la distribución, que simplifique la gestión y redunde en beneficios para la empresa y los propios usuarios. Este mayor control y supervisión se puede llevar a cabo a través de la gestión de turnos de riego.

Antiguamente y en algunas C.R. de la actualidad el regante regaba cuando lo necesitaba siempre que la C.R. dispusiera de agua en algunos casos a través de algún sistema de

medida o contador se pagaba lo consumido. Esto, en C.R. donde existe una disponibilidad casi limitada de agua funciona más o menos bien, si bien las limitaciones hidráulicas del sistema de distribución de riego pueden hacer que si hay muchos usuarios regando no se disponga del caudal adecuado.

En comunidades donde la disponibilidad de agua es escasa o irregular se necesita un estricto control y supervisión de la distribución ya que es un bien maspreciado y mas caro, y no solo importa el caudal sino que es mas importante el volumen distribuido.

Por todo ello, un sistema eficaz de control en la distribución de agua es el antiguo sistema de turnos de riego. Con todo esto, conseguimos asignar volúmenes y caudales de riego bien definidos de antemano y somos capaces de, con la ayuda de un buen sistema de control y supervisión, conseguir unos beneficios muy importantes en el ahorro y la eficiencia de la distribución de agua.

2.10.4. Aspecto Social de los Usuarios de Riego

MASAL (2002), Se debe tener en cuenta el grado de amistad que existe entre regantes para definir las mismas fechas de siembra, el uso y préstamo por turnos de las unidades móviles de riego, para evitar los conflictos que puedan existir de tal manera que no se produzcan enfrentamientos, haya respeto por los turnos de riego y sobre todo en el uso de los mismos hidrantes. Este factor es clave para el buen funcionamiento del sistema de riego.

2.10.5. Organizaciones de Regantes

MASAL (2002), Se tiene que evaluar su gestión respecto a las Comisiones de Regantes y a las juntas de usuarios, esta relación no se debe descuidar. El grado de relación con estas organizaciones se puede utilizar como indicador.

2.10.6. Autoridad de Aguas

MASAL (2002), lo primero que se evalúa es el estado del comité de Regantes respecto a su formalización (Inscripción en la Autoridad del Agua), el conocimiento de los dirigentes sobre la Ley de Aguas y su Reglamentos.

2.11. Cultivo de Alfalfa

CARITAS DEL PERU (2012), La gerencia de desarrollo económico productivo de Caritas Perú, afirmó que la Alfalfa dormante W350 (Dormancia 3.8) duplicaría la producción de leche en las vacas criollas de las zonas alto andinas y elevaría los ingresos de los agricultores hasta s/. 1,100.00 anuales por vaca.

Asimismo, señalo que se ha comprobado que el periodo de lactancia se amplía de 150 a 220 días si la vaca es alimentada con alfalfa, precisando que el cultivo ha sido probado en las zonas alto andinas (desde los 2600 a 4200 m.s.n.m.), en el departamento de puno.

Del mismo modo, Juan Pio Silva explico que una parcela de alfalfa W350 soporta 16 vacas (cuatro vacas por Ha) cuya producción de leche asciende a 6 litros/vaca (el doble que con pastos naturales), lo que resulta un total de 96 litros de leche al día, con un precio estimado de un s/. 1.00 por litro, por 220 días de lactación al año, se obtienen una producción de 21,120 litros, lo que equivaldría a s/. 21,120 al año.

Caritas Perú ha definido que la sierra del Perú tiene una capacidad de instalación de un millón de hectáreas de alfalfa, lo que según el ejecutivo contribuiría a desarrollar las zonas alto andinas y disminuir la pobreza significativamente.

2.11.1. Alfalfa Dormante en la Sierra alto andina

CARITAS DEL PERU (2012), Las características agronómicas y valores nutricionales son similares a las demás alfalfas, las alfalfas dormantes han demostrado ser un cultivo ideal para el altiplano de Puno debido a que soportan el severo clima de la región permaneciendo

en el terreno hasta 10 a 15 años dependiendo del manejo del cultivo al pastoreo y corte, con buenos rendimientos al soportar las heladas esporádicas en la época de verano (diciembre - abril) así como las severas de invierno (mayo – agosto) y la ausencia de lluvias. La tolerancia al PH del suelo es de 5.5 a 6.8 y son sensibles a la salinidad.

La alfalfa dormante fue retomada por Caritas del Perú en 1992 luego de una década de olvido.

2.11.2. Evaluación de Rendimientos

CARITAS DEL PERU (2012), El costo de siembra fluctúa alrededor de s/. 2,000 a 2,500 por Ha y en puno ofrece entre 2 a 5 cortes de acuerdo al microclima y cercanía al lago Titicaca o cualquier otra laguna de la zona de siembra. En todos los casos el rendimiento promedio por corte es de 30 TM/Ha Se calcula que a la fecha, se han instalado 52,000 Ha de alfalfa y es de resaltar que las tres Caritas Diocesanas de Puno, Juli y Ayaviri con el financiamiento de Fondo empleo y la contraparte de los campesinos y los Municipios en los últimos 9 años han instalado alrededor de 24,220 Ha. Y a través de los proyectos financiados por otras organizaciones como Foncodes, y Recursos propios de Caritas del Perú se han instalado otras 12,000 Ha; el resto ha sido instalado por algunas ONGs y productores.

2.11.3. Impactos del Cultivo Alfalfa

CARITAS DEL PERU (2012), El impacto producido por la introducción de este cultivar ha permitido llevar al Altiplano de Puno ocupar, según el ministerio de Agricultura, el cuarto lugar entre las cuencas lecheras del país y ha permitido demostrar que la producción de leche en altura no tiene inconvenientes ya que tenemos vacas mejoradas con 30 litros diarios en dos ordeños y hatos con promedio de 16 litros diarios por vaca /día.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción de la Zona de Estudio

3.1.1.Ámbito de estudio

Huaccoto, ubicado a 3875.00 m.s.n.m. Situado a 193.00 Km. De la capital del departamento Puno, La Zona experimental está ubicado en la parte Norte del departamento de Puno, por el Norte limita con el Distrito de Nuñoa, por el Sur limita con el Distrito de Asillo, Por el este con el Distrito de Antauta, por el Oeste con el Distrito de Ayaviri. El suelo tiene aptitud de riego buena con textura que van de franco a franco arenosa y la topografía de la zona experimental es considerada como valles interandinos con pendientes llanas y suaves que van desde los 0.40% a 1.15%, su cuenca hidrográfica se encuentra ubicado dentro de la sub cuenca Nuñoa, además el proyecto se halla ubicado en una zona de alto índice de producción ganadera, la cual debe ser aprovechada y desarrollada mediante sistemas hídricos integrales

3.1.2. Ubicación geográfica

Huaccoto se encuentra ubicada en la parte Nor Oriental del Departamento de Puno, geográficamente se ubica dentro de las coordenadas geográficas, 14° 45' y 14° 55' de latitud sur, 70° 22' y 70° 12' de longitud oeste del meridiano GREEWICH. Y una altitud de 3875.00 m.s.n.m.

3.1.3. Ubicación política

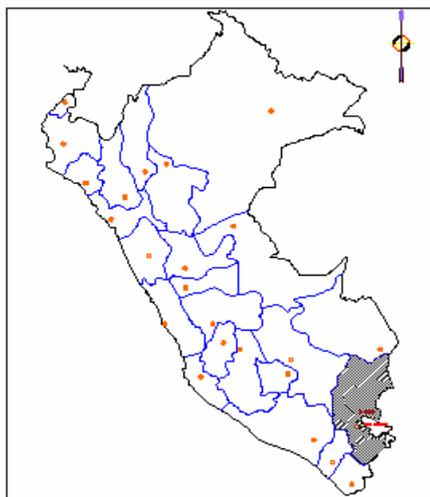
Departamento	:	Puno
Provincia	:	Melgar
Distrito	:	Orurillo
Sub Cuenca	:	Nuñoa
Cuenca	:	Ramis
Irrigación	:	Huaccoto

3.1.4. Accesibilidad

De	A	Distancia	Tiempo (Hrs)	Tipo de Vía	Frecuencia	Transporte
Puno	Juliaca	45.0 Km.	0.45	Carretera asfaltada	Diaria	Combis
Juliaca	Ayaviri	95.0 Km.	1.30	Carretera Asfaltada	Diaria	Ómnibus.
Ayaviri	Orurillo	50.0 Km.	1.45	Trocha carrozable	Diaria	Combis
Orurillo	Huaccoto	8.0 Km.	0.30	Trocha carrozable	Ninguna	-----
TOTAL		273.0 Km.	4.30			

UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO

MAPA POLÍTICO DEL PERU



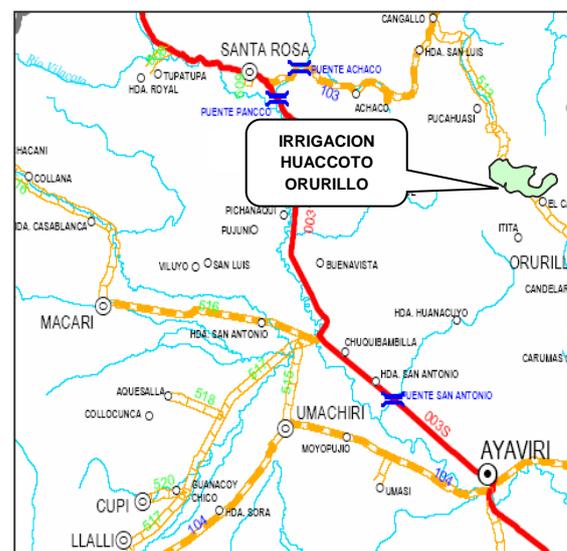
MAPA DE LA REGIÓN PUNO



MAPA PROVINCIA PROVINCIAL DE MELGAR



UBICACIÓN DEL PROYECTO



3.1.5. Relieve Topográfico

El área de estudio se ubica en la cordillera de los Andes de la sierra sur del Perú, específicamente en la Unidad Geomorfológica Regional denominada Faja Intracordillerana, unidad que se caracteriza por poseer una morfología agreste y a su vez donde se encuentran las partes más planas, delimitadas por cadenas montañosas o por profundas depresiones. Localmente se distinguen las geomorfos siguientes: Altas montañas.

La zona experimental comprende dos zonas agroecológicas: la zona de planicie conformada por terrazas bajas y largas, y la zona de ladera baja, que presenta escenarios fisiográficos casi homogéneos, con ligeras ondulaciones, los suelos son de características físicas Franco de color pardo oscuro y Franco Arenoso con consistencia suave, óptimos para la producción de (Alfalfa, Avena Forrajera y cultivos de pan llevar).

3.1.6. Recursos Hídricos fuentes de agua.

Desde el punto de vista hidrológico se entiende por la disponibilidad hídrica a la cantidad de agua que se dispone en un sistema hidrológico para abastecer la demanda existente y futura, esta cantidad puede provenir directamente de la lluvia o de los ríos, quebradas, lagunas y entre otros.

En cuanto al cálculo de la disponibilidad hídrica y máximas avenidas nos encontramos generalmente frente a dos situaciones: primer caso, en que el río o fuente de agua cuenta con una serie de datos de caudales históricos y el segundo caso es, que en la fuente de agua no tiene datos históricos de caudales en el río en estudio, por lo que se determinara la disponibilidad hídrica y máximas avenidas (punto de interés) en base a precipitación mediante Modelos Hidrológicos de Precipitación – Escorrentía.

El caudal promedio anual al 75% de persistencia de la microcuenca Huaccoto es de 120 lit/seg., llegando en épocas de lluvia a un caudal promedio de 305 lit/seg. (Enero – Abril), épocas de transición (Mayo, Noviembre y Diciembre) y en estiaje 08 lit/seg. (Junio – Octubre).

En la zona de estudio la fuente hídrica que abastecerá la demanda de la Irrigación, es la Represa Huaccoto cuyo estudio hidrológico sustenta que las quebradas del sector serán las principales portantes de agua en épocas de Avenidas, transición y estiaje, el **volumen de Embalse de la represa Huaccoto es de 1,263,533.40 M3**, que fue construida con fines de Riego ya que la zona de estudio es de alta producción ganadera y dispone de tierras con aptitud de riego, según lo demuestra los análisis físico químicos de los horizontes de suelos.

Ubicación de la microcuenca Huaccoto

El área de estudio comprende la Microcuenca del Riachuelo Huaccoto, se encuentra ubicado al noroeste de la población de Orurillo, tiene como cauce de drenaje principal al río que se forma en la quebrada Huaccoto, cuyas nacientes se encuentran sobre los 4400 m.s.n.m. Cuenta con un área de cuenca de 6.19 Km², la longitud del cauce es de 4.38 Km.

Distrito	:	Orurillo
Micro Cuenca	:	Huaccoto
Sub Cuenca	:	Nuñoa
Cuenca	:	Ramis

La delimitación de la Micro Cuenca se realizó sobre la carta de 1/100,00.00, la Micro Cuenca delimitada se hizo aguas arriba de la presa Huaccoto, con la finalidad de determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca colectora a la presa Huaccoto.

3.1.7.1. Características de los Suelos a Determinar en Laboratorio

- Análisis Mecánico (Granulometría).- La textura del suelo se determina mediante un análisis mecánico, donde se establecen porcentajes de arcilla, limo,. Con los datos obtenidos, mediante el triángulo de texturas se determina la clase de suelo.
- Conductividad Eléctrica.- la salinidad del suelo es un problema que se presenta en todas las zonas cultivadas con riego, aun en suelos que originalmente contienen una proporción muy reducida de sales solubles.

Cuadro Nro. 03.01. Parámetros de Conductividad Eléctrica

Conductividad Eléctrica en Extractos de Saturación		
Clasificación	mmhos/cm	Tolerancia de Plantas
No Salino	Menor a 2	Prosperan todos los cultivos
Débilmente Salinos	2 a 4	Prosperan todos los cultivos
Moderadamente Salinos	4 a 8	Rendimientos Restringidos
Fuertemente Salinos	8 a 16	Solo Cultivos tolerantes Rinden
Muy fuerte Salino	Mayor a 16	Impropio para fines agrícolas

- Reacción (pH) del Suelo.- Este término se emplea universalmente para expresar el contenido de iones de hidrogeno que se encuentra en forma activa en una solución o en una suspensión de cualquier material. El grado de acidez del suelo se mide por el grado de concentración de los iones de hidrogeno (H). de igual manera se puede medir el grado de alcalinidad por el grado de concentración de oxidrilos (OH).

Cuadro Nro. 03.02. Clasificación de Suelos

Clasificación de los Suelos de Acuerdo al pH		
Clave	Condición	pH (H2O)
Ac	Acido	2.5 – 6.5
N	Neutro	6.6 – 7.5
Al	Alcalino o Básico	Más de 7.6

3.1.8. Cultivos

Los cultivos sembrados en el área instalada con riego por aspersión son cultivos exclusivos de forrajes, puesto que el proyecto se halla ubicado en una zona de alto índice de producción ganadera, para lo cual la cedula de cultivos que predomina en la irrigación Huaccoto es de (Alfalfa y Avena Forrajera), en un área de 150.00 Has de Alfalfa Instaladas, 39.00 Has de Avena forrajera y 13.00 Has de cultivos para pan llevar.

3.1.9. Clima

La información utilizada, para caracterizar el clima en el área de estudio, corresponde a las estaciones de Progreso y Chuquibambilla, los parámetros analizados y utilizados son Precipitación, Temperatura (Máxima, Media y Mínima), Humedad Relativa, Velocidad de Viento, Insolación Solar y Evaporación.

De acuerdo a la evaluación climatológica, los factores más importantes del clima son generalmente la altitud y la latitud, ellos definen las características particulares del clima, el efecto orográfico y las amplias oscilaciones de temperatura y los fuertes vientos.

3.1.9.1. Precipitación Pluvial.

La información meteorológica fue obtenida y tomada de referencia del SENAMHI correspondiente a la estación de Chuquibambilla, ubicada en el distrito de umachiri.

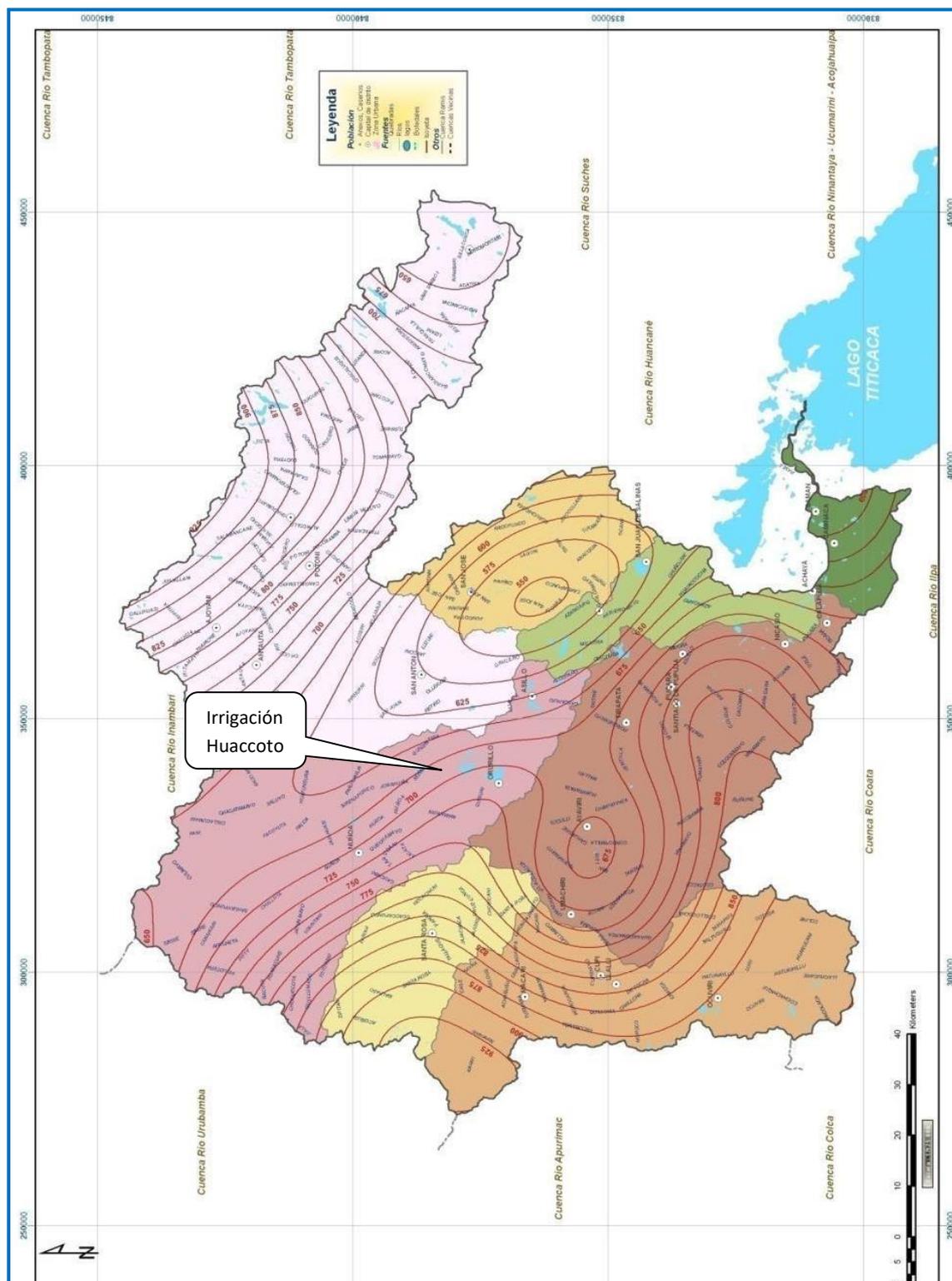
Según las isoyetas o isolneas de precipitación generadas en el estudio hidrológico de la cuenca del rio Ramis, se puede observar que la precipitación ocurrida en la zona de estudio es semejante a lo que ocurre en la estación de chuquibambilla – umachiri.

Cuadro Nro. 03.03. Precipitación Estación Chuquibambilla - Umachiri

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
PROM	153.76	128.13	129.83	50.71	6.84	5.64	2.01	9.29	14.09	50.86	70.13	118.72
PPMIN	78.60	29.00	44.10	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.80	17.40	50.90
PPMAX	238.60	213.70	245.00	146.80	29.20	48.10	13.50	42.00	59.60	136.10	162.00	235.80
D.STD.	43.94	47.60	39.67	32.80	8.97	12.30	3.59	12.31	14.58	34.49	33.83	42.83

Fuente: Senamhi Puno (1989 – 2012).

Fig. Nro. 03.02. Isoyetas de Distribución de la precipitación de la cuenca de río Ramis



Fuente: Actualización del balance hídrico de la cuenca del río ramis.

3.1.9.2. De la Temperatura

Es necesario subrayar el hecho de que en el área de estudio, la temperatura constituye el factor decisivo para la determinación de la aptitud agrícola o pecuaria.

Según las isotermas de temperaturas generadas en el estudio hidrológico de la cuenca del río Ramis, se puede observar que la temperatura ocurrida en la zona de estudio es semejante a lo que ocurre en la estación de chuquibambilla – umachiri.

Cuadro Nro. 03.04. Distribución de Temperaturas (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura												
Maxima °C	16.00	16.00	16.10	16.30	16.00	15.40	15.50	16.50	17.10	17.90	18.00	17.00
Minima °C	2.40	2.50	2.00	-0.60	-5.50	-9.00	-9.90	-8.00	-4.00	-1.80	-0.40	1.20
Media °C	9.10	9.10	9.00	7.80	5.10	3.30	2.90	4.50	6.50	8.10	8.70	9.10

Fuente: Actualización del balance hídrico de la cuenca del río ramis (1989 – 2012).

3.1.9.3. De la Evaporación

La evaporación fue tomada de la estación de progreso, por la cercanía y las características geomorfológicas, edafológicas que asemejan a la Irrigación Huaccoto con respecto a la estación meteorológica de progreso.

Los registros disponibles de evaporación provienen de observaciones de Tanque evaporímetro Tipo A, los datos de evaporación fueron obtenidos diariamente con la finalidad interpolar datos semanales.

Cuadro Nro. 03.05. Evaporación Promedio Diario (mm)

Nº DIAS	31.00	29.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00
PROM	4.13	3.75	4.15	4.58	4.92	4.92	4.88	4.91	4.68	4.87	4.76	3.91	53.61
Ev MIN	3.05	1.35	3.35	3.85	4.35	4.10	4.10	4.05	3.05	4.05	3.70	2.45	33.45
Ev MAX	5.35	5.45	5.00	5.20	5.25	5.20	5.35	5.20	5.45	5.20	5.45	5.20	56.60
D.STD.	0.62	0.73	0.45	0.41	0.25	0.23	0.27	0.22	0.45	0.26	0.42	0.54	3.97

Fuente: Senamhi (Evaporación diariaperiodo 2011 - 2012)

3.1.9.4. Humedad Relativa

Según el trazado de las isoclinas de la Humedad relativa, los datos obtenidos serán de la estación meteorológica de progreso por la semejanza de humedades con la zona de estudio.

Cuadro Nro. 03.06. Humedad Relativa (%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Humedad Relativa %	67.30	67.50	66.10	62.10	56.90	53.40	51.80	52.10	54.10	57.60	57.60	62.30	59.07

Fuente: Actualización del balance hídrico de la cuenca del rio ramis (1989 – 2012).

3.1.9.5. Velocidad de Viento

La velocidad del viento fue tomada de la estación de progreso, por su cercanía y condiciones topográficas similares, se tiene información de velocidad de viento promedio diario (m/seg.)

Cuadro Nro. 03.07. Velocidad de Viento (m/seg.)

DIAS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
PROM	3.44	3.58	3.55	3.72	3.45	4.52	4.53	4.55	5.55	5.98	5.62	4.04	51.68
Vv MIN	2.70	2.70	2.70	2.70	2.00	2.70	2.70	2.70	2.70	2.00	2.70	2.70	22.60
Vv MAX	6.00	6.00	7.30	6.00	4.00	9.30	10.70	8.70	10.00	9.30	10.00	6.00	64.60
D.STD.	0.84	0.86	0.85	0.87	0.47	1.66	1.89	1.72	2.13	2.01	1.81	0.89	7.63

Fuente: Senamhi (1989 – 2012).

3.1.9.6. Horas de Sol

Este parámetro se registra solamente en el observatorio meteorológico de la estación de chuquibambilla, para nuestro caso la Irrigación Huaccoto está cerca a la estación meteorológica.

Cuadro Nro. 03.08. Horas de sol (horas)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Horas de Sol (horas)	5.20	5.60	5.90	7.00	8.80	8.80	9.20	9.10	8.20	7.50	7.00	6.10	7.40

Fuente: Actualización del balance hídrico de la cuenca del rio ramis (1989 – 2012).

3.2. Materiales y Recursos Utilizados en la Fase de Campo – Gabinete

Durante la elaboración del presente proyecto de tesis fueron empleados los siguientes materiales e instrumentos que se mencionan en sus diferentes etapas. Iniciando desde trabajos topográficos, muestreo de suelos, caracterización y Análisis físico de Suelos, evaluación técnica de la irrigación instalada, muestreo de datos de la parte social, procesamiento e interpretación de resultados.

3.2.1. Recursos Humano

- Tesista de la UNA – PUNO (Br. Víctor Ramiro Casa Coila)
- Personas claves y conocedores del ámbito en estudio. (Presidentes comunales, presidentes del comité de regantes de la irrigación Huaccoto, miembros de las juntas directivas y otros).
- Director y Asesor de tesis.

3.2.2. Materiales e Instrumentos utilizados en Campo

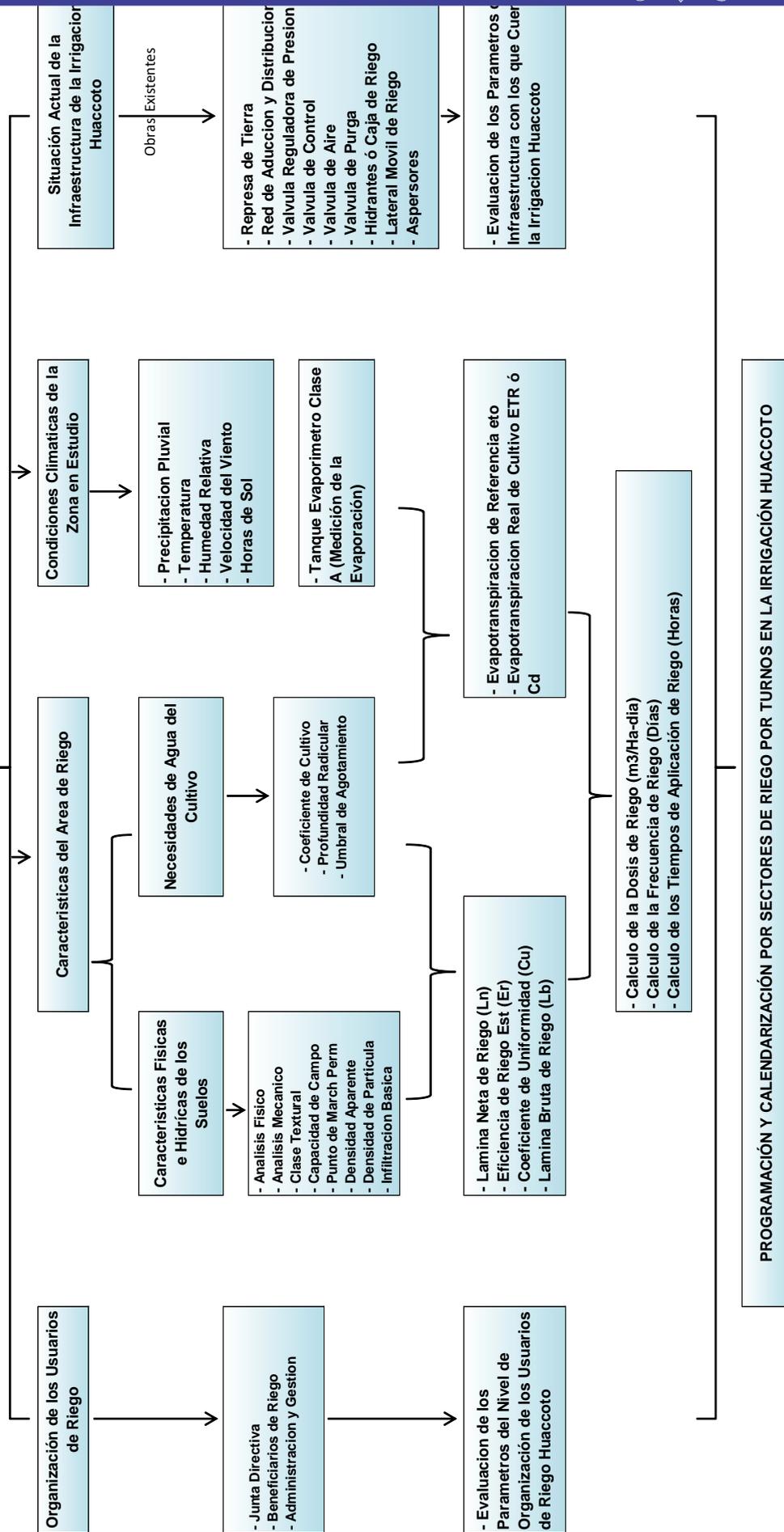
- 01 GPS Garmin Etrex Vista.
- 02 Libretas de Campo.
- 02 Calculadora Científica.
- 01 Flexometro y Wincha de 30 mts.
- 02 Cilindros Infiltrómetros de fierro galvanizado de 2 mm de espesor, de 30 y 40 cm de diámetro, con 40 cm de altura.
- 10 Láminas de Plástico.
- 10 Hojas de registro.
- 01 Lápiz y borrador.
- 01 Cronometro
- 01 Manómetros
- Catalogo de Aspersores de fabricación VYR SA 36, de bronce color amarillo.
- 10 Envases para muestreo de suelos.

3.2.3. Materiales e Instrumentos utilizados en Procesamiento de Datos

- Adquisición de la Información Hidrometeorológica del SENAMHI de la Estación Progreso y la Estación Chuquibambilla.
- Recopilación de los Planos ejecutados del Riego por Aspersión Huaccoto
- Carta Nacional elaborado por el IGN.
- 01 Laboratorio de Suelos y Agua.
- 01 Computadora portátil (Laptop Pentium IV).
- 01 Impresora y plotter.
- 01 Útiles de escritorio y Dibujo de CAD.
- Programas y software de computo (Wáter CAD V 8i, Auto CAD 2009, Auto CAD 3D Civil 2011, CROPWAT V 8.0, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoin y Hojas de Cálculo para Ingeniería).

3.3 Metodología y Procedimiento Aplicado

FLUJOGRAMA METODOLÓGICO DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO POR ASPERSIÓN



3.3.1. Metodología Para Diagnosticarla Situación Actual de la Infraestructura y los Usuarios de Riego.

3.3.1.1. Metodología Para Diagnosticarla Infraestructura Hidráulica de Riego Existente.

En el presente trabajo se obtendrán datos de los informes finales de ejecución de obra de la municipalidad distrital de Orurillo, padrón de los usuarios de riego, la junta directiva que integra el comité de regantes de la irrigación Huaccoto.

- Se recopilaran los planos de ejecución final de la represa Huaccoto.
- Se recopilaran los planos de ejecución final del esquema hidráulico de la irrigación Huaccoto.
- Se recopilaran los planos de ejecución final de las obras de arte (caja de válvulas reguladoras de presión, válvulas de control, válvulas de aire, válvulas de purga, hidrantes o cajas de riego).
- Se recopilara el padrón de usuarios de riego, el número de beneficiarios de la irrigación Huaccoto.
- Se diagnosticara la forma de distribución de agua en su primer año de funcionamiento y operación del riego por aspersión (año 2012).

Con las informaciones disponibles y recopiladas se va ha entrar a la fase de diagnostico preliminar y evaluación de la infraestructura de riego existente, en donde se desarrollara un conjunto de trabajos o actividades secuenciales que conformara tres etapas claramente definidas e integradas.

- I etapa : Trabajo preliminares.
- II etapa : Trabajo de campo.
- III etapa : Trabajo de gabinete.

Se levantara en forma breve y según a los planos de ejecución final el inventario de infraestructura de riego, se describirán en forma muy general las estructuras existentes del

sistema de riego, indicando para el conjunto de obras una reseña que defina sus características más importantes (ubicación, funcionamiento, uso y estado de conservación). Los ítems que serán desarrollados en forma muy sucinta acompañados por planos generales de ubicación de todas y cada uno de los componentes principales.

3.3.1.2. Metodología Para Evaluar a los Usuarios de Riego

La evaluación a los usuarios de riego se realizarán visitas a campo con lo cual se elaborará entrevistas personales a personas claves (autoridades de la comunidad, autoridades del comité de regantes Huaccoto), también se hará entrevistas personales a los propios usuarios de riego mediante guías de observación en donde se describirán la forma de organización que llevan, el cumplimiento de las reglas internas del comité, las normas del uso racional del agua para riego en condiciones de igualdad y obligaciones del usuario.

En la evaluación de los usuarios de riego se desarrollarán los siguientes ítems:

- Como se distribuyen o la forma de reparto del agua para riego.
- El número de usuarios debidamente y formalmente inscritos en el padrón de beneficiarios.
- Como ha estado distribuido los turnos de riego en los primeros años de operación de la infraestructura de riego.
- Como está la capacidad de los usuarios de riego en la instalación de los laterales de riego y la manipulación de las válvulas.
- Se evaluará a los personales que están encargados de hacer el mantenimiento de las infraestructuras construidas.
- Como ha intervenido las autoridades de los gobiernos locales para asistir técnicamente en fortalecer la capacidades para la manipulación y operación de la infraestructura de riego.

Las evaluaciones se realizarán en entrevistas personales directamente a los propios usuarios de riego con guías de observación.

3.3.2. Metodología y Procedimiento en la Determinación de Características del Suelo

Es necesario conocer las propiedades principales de los suelos como son: la textura del suelo, el cual se tomara las muestras en campo y se realizara la prueba según el perfil estratigráfico del suelo, los muestreos se basaran en el mapeo de la agrología de la zona en estudio.

Para el cálculo de las constantes hídricas de los suelos es necesario saber los contenidos en porcentaje de Arcilla, Limo y Arena de los Suelos.

Las calicatas se realizaran se las siguientes dimensiones 1.0 x 1.0 m² de Área y una altura de 1.20 m de profundidad, todas la pruebas y calicatas se realizaran con las mismas dimensiones, para determinar los parámetros y las características de los suelos dentro del área de la Irrigación Huaccoto.

Primero se procederá a sectorizar el área de la Irrigación para lograr un muestreo representativo. Ello nos permitirá separar los suelos que representan características diferentes.

Segundo muestrearemos en cada sector definido asegurándonos que cada muestra corresponde a una serie de suelo.

Tercero la topografía del terreno nos permitirá la subdivisión por cambios mascados en el relieve, por ejemplo la topografía del área de la Irrigación es predominante en llanuras y planicies tipo valles.

3.3.2.1. Calculo de la Capacidad de Campo (CC).- El cálculo de esta constante hídrica se obtendrá aplicando las ecuaciones empíricas propuestas recientemente por Fuentes Yagüe en su publicación “Tecnologías de Riego” al efectuar regresiones lineales entre el contenido de la arcilla, arena y limo, obtuvo la siguiente ecuación lineal el cual relaciona los tres componentes principales:

$$Cc = 0.48 * Ac + 0.162 * Li + 0.023 * Ar + 2.62$$

Donde:

Cc : Capacidad de campo (en % de Pss)

Ac : Contenido de arcilla (en % de Pss)

Li : Contenido de Limo (en % de Pss)

Ar : Contenido de arena (en % de Pss)

3.3.2.2. Calculo del Punto de Marchitez Permanente (PMP).- Aplicaremos según Fuentes Yagüe en su publicación “Tecnologías de Riego” propone la siguiente relación para el cálculo del PMP.

$$PMP = 0.302 * Ac + 0.102 * Li + 0.0147 * Ar$$

Donde:

PMP : Punto de marchitez permanente (en % de Pss)

Ac : Contenido de arcilla (en % de Pss)

Li : Contenido de Limo (en % de Pss)

Ar : Contenido de arena (en % de Pss)

3.3.2.3. Calculo de la Densidad Aparente (D_a).- Se llama así a la relación existente entre la masa de un suelo seco y su volumen en condiciones naturales. Es decir, el peso del suelo seco por unidad de volumen total (conteniendo todos sus poros), dicha relación es la siguiente:

$$D_a = \frac{P_{ss}}{V_t} (\text{gr/cm}^3)$$

Donde:

D_a : Densidad aparente (gr/cm^3)

P_{ss} : Peso de suelo seco a estufa de 105°C (gr)

V_t : Volumen total del muestreo (cm^3)

3.3.2.4. Velocidad de Infiltración del Suelo.- La elección de los lugares representativos del ámbito del proyecto deben de estar libres de restos vegetales, piedras, cultivos, etc. Con la finalidad de instalar los cilindros infiltro metros y proceder a la determinación de la infiltración de agua en el suelo, aforando el caudal cada intervalo de tiempo establecido.

De igual forma se procederá a sectorizar el área de la Irrigación, según la serie de suelo y la topografía del terreno.

3.3.2.5. Velocidad de Infiltración Instantánea.- Muchos estudios se han efectuado alrededor de la infiltración del agua en el suelo, el más simple y que se mantiene vigente es el efectuado por Kostiacov, Lens y Criddle, este método fue empleado para la determinación de la infiltración en un momento cualquiera del proceso describe una curva cuya ecuación es de la forma exponencial siguiente:

$$I = a * t^b o$$

Donde:

I : Velocidad de infiltración Instantánea (cm/seg)

a : Es un parámetro que depende de las características intrínsecas del suelo tales como la textura, estructura, porosidad

b : Es un parámetro que depende de las características intrínsecas del suelo tales como: la carga hidráulica aplicada, la pendiente la rugosidad, etc. Este parámetro describe la pendiente de la curva, la misma que varía entre 0 y -1 por que la velocidad disminuye conforme pasa el tiempo al descender la curva de infiltración su valor es siempre negativo.

t_o : tiempo de oportunidad que tiene el suelo de estar en contacto con el agua (min)

3.3.2.6. La Infiltración Acumulada (Icum).- La integración de la velocidad de infiltración instantánea resulta la infiltración acumulada. Que es la cantidad de agua que penetra en el perfil de suelo, es la acumulada en el tiempo, determinando una lamina acumulada de agua, su cálculo por lo tanto se efectuara integrando.

$$Icum = \int I f(t) = \int a * t^b o f(t)$$

$$Icum = \frac{a}{60 * (b + 1)} * t^{b+1} o$$

3.3.2.7. La Velocidad de Infiltración Básica (VI_b).- Es la velocidad de infiltración instantánea cuando la proporción de cambio entre dos valores continuos es igual o menor del 10%. La velocidad de infiltración del suelo se produce cuando el suelo tiende a saturarse y por lo tanto su valor tiende a ser constante y la curva asintótica, pero nunca es igual a cero, su expresión matemática fue calculada por:

$$I = a * t^{b_0}$$

Donde:

VI_b : Velocidad de infiltración Básica (cm/hora)

t₀ : Es el tiempo de oportunidad cuando su valor es de (-10b, que es el tiempo teórico en el cual ocurrirá “I_b” si se expresa en minutos su valor equivale a (-600b)

$$VI_b = a * (-600 * b) * t^{b_0}$$

Este dato importante, condiciona el diseño del sistema de Riego por Aspersión. En la presente tesis se calculo por el método de los cilindros infiltrómetros, luego su determinación puede calcular haciendo uso de las ecuaciones de Kostiacov, cabe mencionar que este dato de velocidad de infiltración básica debe ser mayor que la pluviometría del aspersor seleccionado para evitar la escorrentía superficial para el presente estudio se tiene los Aspersores modelo VYR SA 36 Color Bronce, con una intensidad de precipitación de 10.89 mm/hora, lo cual son menores a la velocidad de infiltración 11.69 mm/hora y 12.84 mm/hora.

3.3.3. Metodología y Procedimiento Cedula de Cultivos

La cedula de cultivo bajo Riego en la zona de estudio es la misma que actualmente trabaja la comunidad beneficiaria esto se trata de cultivos de Alfalfa y Avena Forrajera, con mayores proporciones. Productos de pan llevar: Cebada Grano, Trigo, Habas, Papa, Oca, Izaño, Olluco y Quinoa, con menores proporciones de producción. Así mismo el cultivo de Alfalfa es permanente requiere Agua durante todo el año a excepción cuando el cultivo entra en la fase o periodo de dormancia es cuando el cultivo deja de producir.

3.3.3.1. Plan de Cultivos por Usuario.- Se elaborara la ficha por el tesistay se determinara cuantas familias están interesados y podrán razonablemente aprovechar el proyecto incorporado. A partir del Plan de Cultivo de Riego (PCR) de los últimos años, para esto se partirá que la cedula de cultivo está compuesto en la mayor parte por pasturas las cuales llegan a cubrir entre el 75% al 90% de las áreas bajo Riego. La cédula de cultivo de implementación de irrigaciones también mantiene la misma proporción de cultivos. Para el cálculo de las demandas hídricas del presente estudio se tomara las cédulas de cultivo planteadas en el “Estudio Integral de los Recursos Hídricos de la Cuenca del rio Ramis” realizado por el INRENA en el año 2003. Se ha considerado cédulas de cultivo propias para el área de la microcuencaHuaccoto. Las cédulas de cultivo expuestas están básicamente orientadas a las actividades pecuarias, que es la base de la economía de las comunidades existentes en la cuenca.

De acuerdo a estudios del T.D.P.S., las experiencias realizadas en las zonas del altiplano, los pastos cultivados propuestos a introducirse tienen buena resistencia ante los fenómenos climáticos adversos, pero aun así, se prevé su complementación con pastos naturales.

3.3.3.2. Coeficientes de Cultivo.- El valor del coeficiente de cultivo depende de las características propias y específicas de las plantas y expresa la variación de la capacidad para extraer el agua del suelo durante el periodo vegetativo.

El coeficiente de cultivo serátomado de referencia del estudio de “Actualización del Balance Hídrico de la Cuenca del Rio Ramis”

3.3.4. Metodología y Procedimiento Para la Determinación de la Oferta Hídrica

En cuanto al cálculo de la disponibilidad hídrica de caudales medios mensuales y máximas avenidas nos encontramos generalmente frente a dos situaciones: primer caso, en que el rio o fuente de agua cuenta con una serie de datos de caudales históricos y el segundo caso es, que en la fuente de agua no tiene datos históricos de caudales en el rio en estudio, por lo que se

determinara la disponibilidad hídrica de caudales medios mensuales y máximas avenidas (punto de interés) en base a precipitación mediante Modelos Hidrológicos de Precipitación – Escorrentía.

3.3.4.1. Parámetros Geomorfológicos de la MicrocuencaHuaccoto.- En lo que respecta a los parámetros geomorfológicos de la microcuenca. Asociados a su capacidad de respuesta a la precipitación en forma de escorrentía superficial, se tiene como principales parámetros que contribuirá para determinar la disponibilidad hídrica y las máximas avenidas de la microcuenca en estudio, se determinara utilizando Carta Nacional, delimitando la cuenca colectora en el cual escurre las precipitaciones pluviales formando la escorrentía superficial.

3.3.4.2. Precipitación en el Área de la MicrocuencaHuaccoto.-Es aquella precipitación hidrológica que cae sobre la cuenca determinada, esta precipitación se puede calcular mediante los métodos de Polígono de Thiesen, Isoyetas y el Aritmético, los más usados en hidrología.

En este caso determinaremos la precipitación areal de cuenca con el método de Polígono de Thiesen, por polígonos de influencia de las estaciones meteorológicas dentro y alrededor de la microcuenca, teniendo en cuenta la gradiente de lluviosidad calcula a partir de datos de las mismas estaciones.

$$P_m = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i * P_i$$

Donde:

P_m : Precipitación real de la cuenca

P_i : precipitación registrada en la estación i

A_i : Área de influencia de la estación i

A_t : Área total de la cuenca

n : Número de estaciones de análisis

3.3.4.3. Generación de Caudales Medios Mensuales.- Esta parte tiene la finalidad de generar caudales en el punto de interés, ya que no existe estación de control en la zona de eje de represa de la microcuenca Huaccoto.

Para tal efecto se utilizara el método de transferencia de información hidrológica, que se realizara utilizando parámetros adimensionales que contengan las variables a transferir. Los parámetros adimensionales que relacionan gastos de escorrentía, son lámina de precipitación y área de la cuenca generalmente.

En general la transferencia de información es un método que consiste en relacionar entre el Área, Caudal y Precipitación de una Cuenca.

Aplicando los parámetros adimensionales a la cuenca con información conocida y a la cuenca sin información, se tiene la siguiente relación:

$$\frac{Q_c}{A_c P_c} = \frac{Q_s}{A_s P_s}$$

En la Cuenca sin información casi nunca se conoce las escorrentías, pero si se conoce la lamina de precipitación, entonces la ecuación es la siguiente:

$$Q_s = \left(\frac{A_s}{A_c}\right) \left(\frac{P_s}{P_c}\right) Q_c$$

Donde:

Q_s : Caudal de la cuenca sin información (m³/seg)

Q_c : Caudal de la cuenca con información (m³/seg)

A_s : Área de la cuenca sin información (km²)

A_c : Área de la cuenca con información (km²)

P_s : Precipitación de la cuenca sin información (mm)

P_c : Precipitación de la cuenca con información (mm)

La información más abundante es la pluviométrica, pero si no se cuenta aunque sea en lugares más próximos, puede generarse fácilmente mediante un análisis regional. En cambio la información de escorrentías e intensidades máximas es la más escasa y frecuentemente no existen

en la zona del proyecto. Frente a esta situación, la técnica de transferencia por similitud nos permite una solución bastante aceptable.

3.3.4.4. Determinación de Volumen de Almacenamiento del Embalse.- En la zona de estudio la fuente hídrica que abastecerá la demanda de la Irrigación, es la Represa Huaccoto cuyo estudio hidrológico sustenta que las quebradas del sector serán las principales portantes de agua en épocas de Avenidas, transición y estiaje, el volumen de Embalse de la represa Huaccoto es de 1,263,533.40 M3,dicho Volumen de Almacenamiento es Anual.

3.3.5. Metodología y Procedimiento Para la Programación de Riego por Aspersión

Para proponer la programación del riego, determinaremos, la cantidad de agua que se debe aplicar al cultivo, la frecuencia o intervalos de riego y el tiempo de aplicación del riego. La aplicación de los riegos depende de la necesidad de agua de riego de los cultivos. La necesidad de agua de riego se define como el requerimiento de agua del cultivo menos la lluvia efectiva.

El método utilizado para la programación del riego será mediante la utilización del tanque evaporímetro clase A, en donde las necesidades de agua se determinaran por los constantes hídricos, se determinará la dosis de riego, la frecuencia de riego y el tiempo de aplicación de agua, entendiéndose por dosis de riego, a la cantidad de agua infiltrada y retenida por el suelo.

3.3.5.1. Determinación de Evapotranspiración Potencial o de Referencia (ET_o).- La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas.

Los únicos factores que afectan ET_o son los parámetros climáticos, por lo tanto, ET_o es también un parámetro climático que será calculado a partir de datos meteorológicos. ET_o expresa el poder evaporante de la atmosfera en una localidad y época del año específicas, y no se considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

3.3.5.2. Determinación de la Evaporación (Eo).- La evaporación es el proceso físico mediante el cual el agua se convierte a su forma gaseosa. La evaporación del agua a la atmosfera ocurre en la superficie de ríos, lagos, suelos y vegetación. Los registros disponibles de evaporación provienen de observación del Tanque Evaporímetro Tipo A.

La metodología para la determinación de la Evaporación será obtenida diariamente del observatorio de la estación meteorológica de Progreso, porque existe la similitud de características climatológicas e Hidro agro meteorológicas con la zona de estudio Huaccoto y serán debidamente corregidos por el coeficiente del tanque según a la zona de estudio.

$$ET_o = E_o * K_t$$

Donde:

ET_o : Evapotranspiración Potencial o de referencia (mm/día).

E_o : Evaporación libre de tanque clase “A” en (mm/día).

K_t : Coeficiente del tanque evaporímetro.

3.3.5.3. Determinación de Evapotranspiración Actual o Real de Cultivos (ETR).- La evapotranspiración actual o real, llamada también uso consuntivo, es la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración. Ésta es la suma de las cantidades de vapor de agua evaporada por el suelo y transpiradas por las plantas durante un período determinado, bajo las condiciones meteorológicas y de humedad de suelo existentes.

$$ETR = K_c * ET_o$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real (mm/mes)

K_c = Coeficiente de cultivo.

ET_o = Evapotranspiración potencial (mm/mes).

La ETR también se puede interpretar como Consumo diario (Cd).

3.3.5.4. Determinación de Lámina Neta de Riego (Ln).- Llamada también tasa de riego, es la cantidad de agua aplicada a un suelo en cada riego. Por tanto su unidad de medida se expresa en mm de altura de agua aplicada.

La lámina neta de agua aplicada a un suelo, depende de los factores básicos: la capacidad retentiva de humedad del suelo y la profundidad de riego.

En nuestro caso determinaremos la Lámina Neta para cada cedula de cultivo establecido, según el estrato, tipo de suelo y la profundidad de raíces. Su determinación es haciendo uso de la siguiente fórmula.

$$Ln = \frac{(Cc\% - PM\%)}{100} * Da * PR * HFU$$

Donde:

- Ln : Lámina neta de agua (mm).
- Cc : Capacidad de campo (% de Pss).
- PM : Punto de marchitez permanente (% de Pss).
- Da : Densidad aparente (gr/cm³).
- PR : Profundidad de raíces (mm).
- HFU : Porcentaje de humedad aprovechable (%).

3.3.5.5. Determinación de Eficiencia de Riego (Er).-La eficiencia de riego es aquella parte del agua que es utilizada efectivamente por las plantas, la eficiencia del riego del sistema es el producto de varias eficiencias parciales totales como:

$$Er = Ec * Ed * Ea$$

Donde:

- Er : Eficiencia de riego (%).
- Ec : Eficiencia de conducción (%).
- Ed : Eficiencia de distribución (%).
- Ea : Eficiencia de aplicación (%).

3.3.5.6. Determinación de Eficiencia de Conducción (Ec).- Es la relación de la cantidad de agua que llega al final del sistema de conducción y la cantidad de agua que ingresa al inicio del mismo. Se determinará con la siguiente fórmula:

$$Ec = \frac{Afc}{Aic} * 100$$

Donde:

- Er : Eficiencia de conducción (%).
Afc : Cantidad de agua que llega al sistema de conducción.
Aic : Cantidad de agua que ingresa al sistema de conducción.

3.3.5.7. Determinación de Eficiencia de Distribución (Ed).- La eficiencia de distribución es la relación que existe entre la diferencia de la cantidad de agua al inicio del sistema de distribución y las pérdidas producidas en las obras de arte. La fórmula con la que se determina es la siguiente:

$$Ed = \frac{Aid - \text{Sumatoria de perdida por operación}}{Aid} * 100$$

Donde:

- Ed : Eficiencia de distribución (%).
Aid : Diferencia de agua al inicio de distribución.

3.3.5.8. Determinación del Coeficiente de Uniformidad (Cu).-Para la determinación del coeficiente de uniformidad nos basaremos en la determinación de la cantidad de agua promedio por recipiente y las desviaciones de la cantidad promedio.

- El ensayo se hará con 1 línea lateral de riego operando simultáneamente con 4 Aspersiones, en condiciones normales de clima.
- El tiempo de prueba será de 2 horas, el espaciamiento entre envases será ubicado en el terreno desde 2 a 3 metros de separación.
- El área del ensayo será la parcela representativa, en donde se probará la aplicación del agua, en general se tomará la parte central del área de la Irrigación Huaccoto.

- Los envases de recolección tendrán un diámetro de 10 cm y una altura de 15 cm.

El resultado es expresado en (%). En la medida que la distribución es mejor, menores son las desviaciones y consecuentemente, el valor que se obtiene se acerca a 100%. Determinación del Coeficiente de Uniformidad (Cu) de acuerdo con Christiansen:

$$Cu = 100 \left(1 - \frac{\sum [X_i - \bar{x}]^2}{\bar{x} \cdot n} \right)$$

Donde:

- Cu : Coeficiente de Uniformidad (%).
- Σ : Sumatoria.
- X_i : Lectura de la cantidad de agua en cada recipiente (mm).
- \bar{x} : Promedio de las lecturas de los recipientes (mm).
- n : Número de recipientes.

3.3.5.9. Determinación de Eficiencia de Aplicación (Ea).- La eficiencia aplicación parcelaria es la relación que existe entre la cantidad de agua colocada en el perfil del suelo con respecto a las pérdidas por evaporación durante la aplicación, que dependen del clima que tiende a evaporar las gotas de agua que salen del aspersor y la uniformidad con que se aplica el agua a la superficie del suelo.

$$Ea = 1 - \left[\left(\frac{100 - e}{100} \right) \left(0.5 * \frac{cu}{200} \right) \right] * 100$$

Donde:

- Ea : Eficiencia de aplicación (%).
- e : Perdidas por evaporación (%).
- Cu : Uniformidad de aplicación de agua (%).

3.3.5.10. Determinación de Lámina Bruta de Riego (Lb).- Cuando aplicamos un riego a la parcela, se trata de que se produzca la menor cantidad de pérdidas posibles, aunque en la práctica no existe un riego totalmente eficiente. En el riego por aspersión las pérdidas de agua se producen a nivel de parcela, puesto que todo el sistema es entubado, donde las posibilidades de pérdida

son remotas. La eficiencia con que se haga llegar ese volumen de agua al suelo es conocida como eficiencia parcelaria.

De acuerdo a lo mencionado, la lámina bruta está dada por la relación:

$$Lb = \frac{Ln}{Er}$$

Donde:

Lb : Lamina bruta (mm).

Ln : Lamina neta (mm).

Er : Eficiencia de riego (%).

3.3.5.11. Determinación y Selección del Aspersor.- Los Aspersores con las que cuentan los beneficiarios de la Irrigación Huaccoto es el modelo VYR SA 36 color Amarillo, material bronce con dos boquillas.

Las características de los aspersores se pueden ver con mayor detalle en el cuadro siguiente:

Cuadro Nro. 03.09. ANALISIS DE POSICIONES DE LOS ASPERSORES “VYR – 36”

CARACTERISTICAS	Símbolo	Formula	Resultado	Unidad
Aspersor Seleccionado			VYR - 36	
Tipo			Circular	
Conexión			Macho	
Nro. de Boquillas			2.00	und
Boquilla 01			3.96	mm
Boquilla 02			2.38	mm
Presión			3.12	atm
Tipo de Presión			Media	
Caudal de Aspersor	Qasp		1.47	m3/hora
	Qasp		0.41	lt/seg
Diámetro Mojado	∅		30.00	m
Área Regada por cada Aspersor	Asp	$\pi \times (\varnothing/2)^2$	706.86	m ²
Marco de Aspersión			Cuadrado	
Distancia entre Aspersores	a	$0.3 \times \varnothing$	9.00	m
Distancia entre Líneas		$0.5 \times \varnothing$	15	m
Intensidad de Precipitación	Pp	$Qasp/(a*b)$	10.89	mm/hora

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5.12. Determinación de la Frecuencia de Riego (FR).- La frecuencia de Riego, es el intervalo de Días transcurridos entre dos riegos sucesivos, se mide por la relación entre la lámina neta en (mm) y la evapotranspiración real de cultivo o consumo diario (mm/día).

$$FR = \frac{Ln}{Cd}$$

Donde:

FR : Frecuencia o intervalo de riego (días).

Ln : Lamina neta (mm).

Cd : Consumo diario (mm/día).

3.3.5.13. Determinación del Tiempo de Riego por Posición (Tr).- Se refiere al tiempo que debe permanecer cada lateral regando en su posición, y este se calculara mediante la ecuación siguiente:

$$Tr = \frac{Lb}{Pp}$$

Donde:

Tr : Tiempo de riego (Hrs).

Lb : Lamina real ó lamina bruta (mm).

Pp : Tasa de pluviosidad del aspersor (mm).

3.3.6. Metodología y Procedimiento Para Determinar el Balance Hídrico

Para determinar el balance hídrico debemos de conocer que, el balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima es una forma de cuantificar la condición hídrica de área determinada para un intervalo de tiempo dado. Se realiza con fines de planificación hídrica e hidráulica a nivel nacional, regional o zonal y también con fines de diseño y funcionamiento de un sistema de riego.

$$\text{Balance Hidrico} = \text{Oferta} - \text{Demanda}$$

3.3.6.1. Determinación de la Demanda Total Para Riego.- Demanda de agua neta de los cultivos (Da mm/mes), el requerimiento de agua se va a determinar calculando el uso consuntivo descontando el factor de precipitación efectiva.

$$Da = ETR - PE$$

Donde:

Da : Demanda de agua neta de los cultivos (mm/mes).

ETR : Evapotranspiración real (mm/mes).

PE : Precipitación Efectiva (mm/mes).

Demanda de agua del proyecto (Dp). Se ha determinara afectando la demanda neta por el factor de eficiencia de riego.

$$Dp = \frac{Da}{Er}$$

Donde:

Da : Demanda de agua neta de los cultivos (mm/mes).

Er : Eficiencia de riego (%).

3.3.6.2. Determinación de la Precipitación Efectiva (PE).- La precipitación efectiva es el volumen de lluvia parcial que es utilizado por las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas para su normal desarrollo.

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se emplea el método de Wáter PowerResourcesServices (WPRS – USA), que considera la precipitación efectiva de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro Nro. 03.10. Distribución de la Precipitación Efectiva.

Incremento de la precipitación (mm)	% de la precipitación efectiva
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65

130	45
155	25
> 155	5

Fuente: Vásquez, A.

Considerando que la precipitación es una variable aleatoria, conviene analizar la lluvia total, con el objeto de determinar el valor probable que cae. Para determinar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la precipitación media mensual, se utilizó la fórmula de Weibull, cuya ecuación matemática es:

$$f = \frac{m}{N + 1} * 100$$

Donde:

- f : Frecuencia o probabilidad de ocurrencia.
 m : Valor de posición de la lluvia ordenada en forma creciente.
 N : Número total de valores de precipitación mensual (mm).

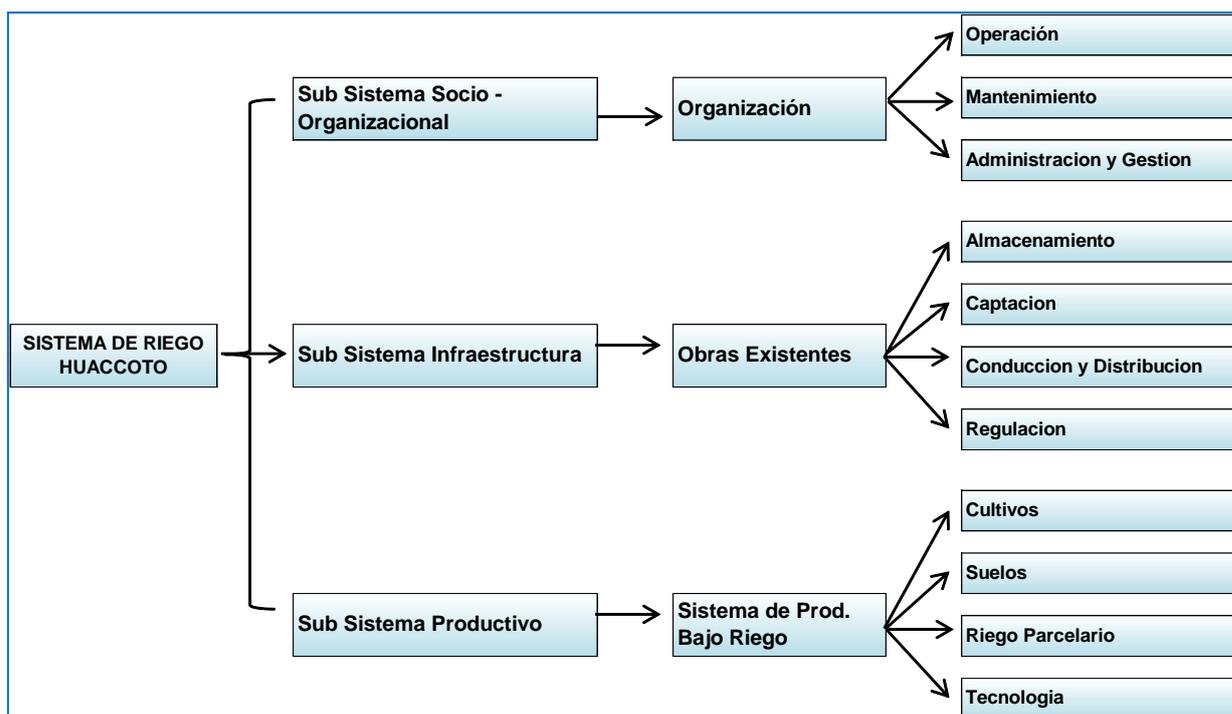
La probabilidad de ocurrencia de la lluvia que se adopta, dependerá del valor económico del cultivo, considerándose por lo general un valor del 75 % de probabilidad de ocurrencia como el más adecuado.

3.3.7. Metodología y Procedimiento Para Proyectar los Sectores de Riego.

Con una adecuada programación de riego por turnos y la implementación de un “mapa de riego o Esquema de Distribución de Agua en la Irrigación Huaccoto” como primer instrumento para una organización de regantes que recién inicia con las practicas de riego.

Según la evaluación del sistema de riego por aspersión Huaccoto, necesita de un conjunto ordenado de componentes o sub sistemas que interactúen entre sí, para asegurar la dotación de agua a las parcelas en forma permanente, en la cantidad suficiente y en el momento oportuno, según lo determinado en la programación realizada.

Cuadro Nro. 03.11. Esquema del Sistema de Riego Huaccoto



Fuente : Elaboración Propia

- Sub Sistema Socio-Organizativo, que deben estar conformados por los usuarios debidamente organizados dentro de ciertas reglas, normas y acuerdos para el manejo del sistema de riego.
- Sub Sistema Infraestructura, que está conformado por los diferentes componentes físicos de la obra y que en su conjunto permiten conducir el agua desde las fuentes de almacenamiento hasta la parcelas de los agricultores.
- Sub Sistema productivo, que está conformado por los sectores y parcelas donde se producen las cosechas utilizando el agua como un insumo para la producción agropecuaria.

De acuerdo con esta concepción, no es posible concebir a un sistema de riego como la infraestructura física solamente, ya que esta es solo un componente que está fuertemente articulado a la organización y producción. El diagrama de la fig. Nro 03.11 Muestra en forma sintética el enfoque sistémico del riego.

a.- Distribución física del agua entre los sectores

Numerar y fechar en el mapa los sectores de riego y el orden de su turno, como también el número de regantes en cada sector.

b.- Flexibilidad del sistema de riego para incorporar nuevos cultivos

Indicar la cedula de cultivos bajo riego en el mapa por zonas: donde están el alfalfa, la Avena Forrajera y cultivos de pan llevar. Para visualizar la rotación de cultivos, utilizar parcelas tipo por zona, eventualmente en una ampliación fuera del mapa mismo.

c.- Organización del riego en general

Los instrumentos de la organización de regantes son el Comité de regantes, padrón de regantes, mapa de terrenos, estatutos, reglamentos, cuotas, limpiezas colectivas, inventario de obras, sanciones y multas.

e.- Disponibilidad del mercado

A dónde van los productos? (especificar por producto de venta, autoconsumo, trueque, semilla para próxima campaña).

f. Caracterizar la organización existente y futura para el riego

La caracterización de la organización del riego se hace en gabinete, después del mapeo temático y la aplicación de los otros instrumentos para la obtención de información.

La caracterización es el ejercicio para digerir la información básica obtenida para lograr tres objetivos:

Obtener el contexto socio-económico actual del grupo de usuarios.

Identificar los cambios que la introducción o ampliación del área con riego por aspersión pueda causar.

Obtener una propuesta de organización grupal con fines de riego, para ser discutida con los usuarios.

Como se indico anteriormente, un sistema de riego tiene tres componentes: la infraestructura (planteamiento hidráulico), la producción agropecuaria en el sector bajo riego y la organización social. El riego por aspersión causara probablemente cambios en la infraestructura y producción, que impondrán nuevas exigencias organizativas. Es muy importante que los usuarios y el agente externo tomen en cuenta esta interrelación de los diferentes componentes del sistema de riego.

La caracterización obliga a sustentar de mejor manera la propuesta. Se recomienda enfáticamente no obviar este indispensable aspecto de la identificación del proyecto, por que es un insumo indispensable para el diseño del sistema de riego.

No se debe ideologizar el planteamiento organizativo, sino encontrar la solución práctica que permita de mejor manera lograr los intereses particulares de todas las familias, mediante reglas colectivas de administración y distribución del agua.

La propuesta final debe surgir de la conversación, primero, entre usuarios y luego de los usuarios con la institución de apoyo.

g.- Sectores de Riego.- El siguiente paso en el diseño de la programación de riego por aspersión es la definición de los sectores de riego. Para definir los sectores de riego, se debe proceder con la ayuda del plano topográfico, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Distribución de las parcelas de riego dentro de la Irrigación Huaccoto.
- Área Promedio de Riego por cada sector de riego.
- Aspecto social, se debe tener en cuenta el grado de amistad que existe entre los regantes para definir las mismas fechas de siembra, el uso y préstamo por turnos de las unidades móviles de riego, para evitar conflictos que puedan existir
- Establecer reglamentos donde se respeten los turnos de riego y los horarios de aplicación de agua a la parcela.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

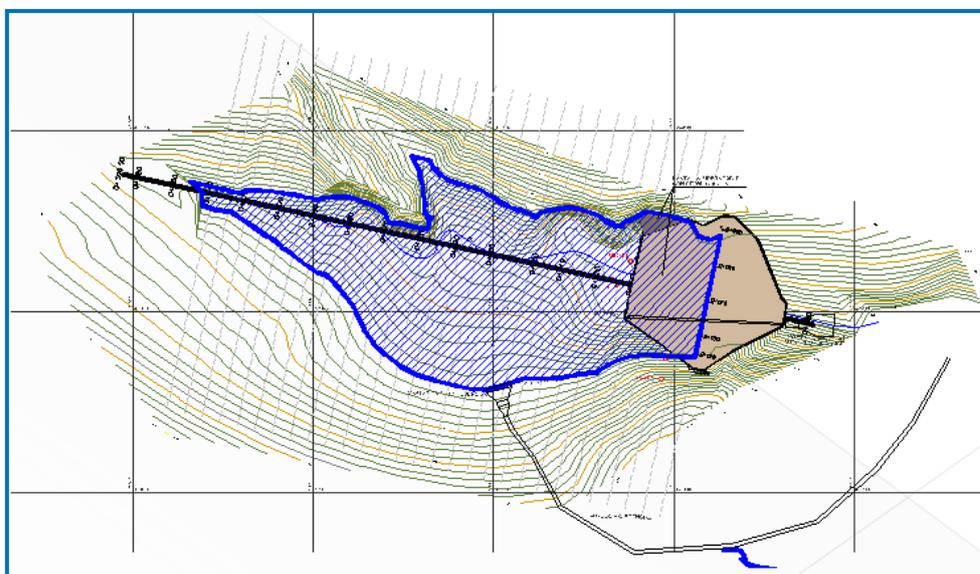
4.1. Diagnostico Situacional Actual de los Aspectos Físicos, Infraestructura Hidráulica y social de la Irrigación Huaccoto

El proyecto de la Irrigación Huaccoto, es un Sistema de Riego por Aspersión Instalado para incorporar 202.00 Has. El proyecto de riego a la fecha viene operando con deficiencias en la programación de los turnos de riego entre los propios beneficiarios sin criterio técnico y sin ninguna asistencia técnica que permita mejorar y optimizar el uso racional del Agua en la Irrigación Huaccoto. De acuerdo a lo citado se diseño y se proyecto la Programación de riego para distribuir el agua según los turnos de riego en función a los parámetros agronómicos, la cedula de cultivo, la disponibilidad de caudal y al esquema hidráulico construido.

4.1.1. Diagnostico de las Características de la Infraestructura Hidráulica

1.- Represa de Tierra: La represa de Tierra construida en la Irrigación Huaccoto está conformado por terraplenes de materiales inertes naturales y compactados de tierra y roca con acomodo especial, diseñados para la estabilidad y control de filtración por una zona impermeable (Central – Núcleo) y cubiertos con mantos impermeables aguas arriba (geotextiles y geomembrana),

Figura Nro. 04.01. Área de Embalse de la Represa Huaccoto.



Fuente: Elaboración Propia

Características de la represa Huaccoto:

- ✓ Área de Inundación Superficial : 112946.40 M2.
- ✓ Altura de Dique : 36.00 Mts.
- ✓ Longitud de Presa : 80 Mts.
- ✓ Corona de Presa : 6.00 Mts.
- ✓ Bordo Libre : 2.00 Mts.
- ✓ Cota media de la Presa : 3895.00 m.s.n.m.

A la fecha de la evaluación realizada a la represa Huaccoto no se detectaron fallas mecánicas de la estabilidad, o deslizamientos de los taludes, perdidas de agua por infiltración a gran escala según el chequeo del bordo de pelo de agua, la represa está en la etapa de operación y funcionamiento para poder almacenar agua, para mayor detalle ver anexos y planos de la represa Huaccoto.

2.- Red de Aducción y Distribución: La red de aducción y distribución del sistema están interconectados desde la Represa hasta las parcelas de riego, transportando los caudales necesarios para cada sector, las dimensiones de las tuberías instaladas han sido diseñadas según la demanda de cada sector tal como se sustenta en el estudio de la irrigación Huaccoto.

La red de tuberías instaladas tiene una longitud total de 31,723.00 m.l. Los diámetros del sistema de riego son de 200 mm, 160 mm, 140 mm, 110 mm, 90 mm, 75 mm, 63 mm y 1 ½". De clase 10, 7.5 y 5, a la fecha de evaluación realizada no se han encontrado averías o fugas de agua en las tuberías instaladas. Para mayor detalle ver plano del esquema hidráulico.

Cuadro Nro. 04.01. Línea de Aducción.

Nº	Especificaciones	Nº de veces	Medidas Largo	Und.
1.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 200 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	712.50	ml

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.02. Red de Distribución.

N°	Especificaciones	N° de veces	Medidas Largo	Und.
1.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 200 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	2,837.00	ml
2.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 200 mm C - 7.5 x 6 Mts.	1.00	2,333.00	ml
3.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 160 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	1,901.00	ml
4.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 140 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	2,513.00	ml
5.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 140 mm C - 7.5 x 6 Mts.	1.00	58.50	ml
6.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 110 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	3,739.50	ml
7.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 90 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	4,414.00	ml
8.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 75 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	4,641.50	ml
9.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 63 mm C - 5 x 6 Mts.	1.00	4,432.50	ml
10.00	TUBERIA INSTALADA PVC Ø 11/2" C - 7.5 x 5 Mts.	1.00	4,140.50	ml

Fuente: Elaboración Propia

3.- Válvula Reguladora de Presión: Las válvulas reguladoras de presión fueron colocadas de acuerdo a los diseños hidráulicos de presiones en la red de aducción y distribución, con la finalidad de regular las presiones generadas en el sistema de riego. Las válvulas reguladoras de presión están ubicadas según los cálculos y son un total de 7.0 und. Que son de los diámetros de 200 mm, 160 mm, 140 mm y 75 mm, a la fecha de evaluación todas las válvulas reguladoras de presión están operativas y para mayor detalle ver Plano del esquema Hidráulico.

Cuadro Nro. 04.03. Válvulas Reguladoras de Presión

Nro.	Descripción	Elevación (m)	Diámetro (mm)	Presión de Entrada (mH2O)	Presión de Salida (mH2O)	Estado
1	Válvula Reguladora de Presión - 3	4,005.00	200	50.96	20.00	Bueno
2	Válvula Reguladora de Presión - 1	4,030.85	200	39.99	30.00	Bueno
3	Válvula Reguladora de Presión - 2	4,010.00	75	44.50	30.00	Bueno
4	Válvula Reguladora de Presión - 4	3,979.00	200	40.58	20.00	Bueno
5	Válvula Reguladora de Presión - 7	3,941.40	200	41.79	40.00	Bueno
6	Válvula Reguladora de Presión - 5	3,925.25	160	52.44	35.00	Bueno
7	Válvula Reguladora de Presión - 6	3,926.50	140	51.41	40.00	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

4.- Válvula de Control: Las válvulas de control están colocadas en las reparticiones para cada sector de riego, cumpliendo la finalidad de controlar los caudales de ingreso y controlar los riegos por turno que se plantea. El sistema tiene un total de 13.0 und. De válvulas de control que comprenden los diámetros de 200 mm, 160 mm, 140 mm y 90 mm, a la fecha de evaluación todas las válvulas de control están operativas y para mayor detalle ver Plano del Esquema Hidráulico.

Cuadro Nro. 04.04. Válvula de Control

Nro	Descripción	Cant.	Diámetro (mm)	Estado
1	Válvula Compuerta F ^o F ^o Dúctil NTP ISO 7259	2.00	140	Bueno
2	Válvula Compuerta F ^o F ^o Dúctil NTP ISO 7259	1.00	160	Bueno
3	Válvula Compuerta F ^o F ^o Dúctil NTP ISO 7259	8.00	200	Bueno
4	Válvula Compuerta F ^o F ^o Dúctil NTP ISO 7259	1.00	90	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

5.- Válvula de Aire: Las válvulas de Aire son de doble impacto que tiene la finalidad de expulsar e incorporar el aire a la tubería y se encuentran colocadas en la línea de aducción y la red de distribución, teniendo la función de purgar de Aire que pudiese estar incorporado en el fluido. El sistema tiene un total de 15.0 unid. Las válvulas de aire están debidamente protegidas en un caja de concreto y a la fecha de evaluación todas las válvulas están operativas. Para mayor detalle ver plano del esquema hidráulico.

Cuadro Nro. 04.05. Válvula de Aire

Nro.	Descripción	Cant.	Diámetro (Pulg.)	Estado
1	VALVULA DE AIRE AUTOMATICA DOBLE IMPACTO	15.00	3/4"	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

6.- Válvula de Purga: Las válvulas de Purga que se encuentran colocadas al final de cada lateral de riego, tiene la finalidad de purgar los sedimentos arrastrados por el flujo. El sistema tiene un total de 87.0 und de válvulas de purga, todas las válvulas de purga están debidamente protegidas

por una caja de concreto y a la fecha de evaluación las válvulas de purga están operativas, para mayor detalle ver plano.

Cuadro Nro. 04.06. Válvula de Purga

Nro.	Descripción	Cant.	Diámetro (Pulg.)	Estado
1	VALVULA DE PURGA DE SEDIMENTOS PE	87.00	1 1/2"	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

7.- Hidrantes: Los hidrantes o también denominado cajas de riego fueron construidos y colocados según el área neta a regar y son un total de 361.0 hidrantes, los hidrantes están colocadas en diferentes diámetros de la red de distribución y a la fecha de la evaluación los hidrantes de riego están operativas, para mayor detalle ver plano adjunto.

Cuadro Nro. 04.07. Hidrantes

Nro.	Descripción	Cant.	Diámetro (mm)	Estado
1	HIDRANTES Ø 140 mm	14	140	Bueno
2	HIDRANTES Ø 110 mm	33	110	Bueno
3	HIDRANTES Ø 90 mm	41	90	Bueno
4	HIDRANTES Ø 75 mm	90	75	Bueno
5	HIDRANTES Ø 63 mm	93	63	Bueno
6	HIDRANTES Ø 1 1/2"	90	1 1/2"	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

Los Hidrantes Permiten la entrega de agua a presión hacia el equipo móvil de riego, se controlará para el inicio de riego y cambio de posición mediante una válvula de acople rápido de PE con conexión a Ø 1", el cual se conecta a una llave tipo bayoneta y esta hacia el lateral de riego.

8.- Lateral o Línea Móvil de Riego: El lateral de Riego que vienen utilizando los beneficiarios de la irrigación Huaccoto es de material de polietileno con una longitud de 48.0 m.l. por beneficiario y con 8 aspersores por lateral de riego. El lateral de riego es móvil que significa que

rotara de posición una vez concluido el tiempo de aplicación de agua al suelo, el lateral de riego que están utilizando los beneficiarios es de un diámetro de 32 mm.

Cuadro Nro. 04.08.LíneaMóvil de Riego

N°	Especificaciones	N° de veces	Medidas Largo	Und.
1.00	MANGUERA DE POLIETILENO Ø 32 mm C - 10	1.00	48.00	ml

Fuente: Elaboración Propia

9.- Aspersores: Los aspersores utilizados por parte de los beneficiarios es de material de bronce en la marca VYR SA 36, los aspersores que están siendo utilizados por los beneficiarios tienen las siguientes especificaciones.

Cuadro Nro. 04.09. Características de los Aspersores

Diámetro de boquillas del Aspersor	$\phi =$	3.96 x2.38	mm
Pluviometría del Aspersor Pp	Pp =	10.89	mm / h
Presión de 1er Aspersor	Po =	3.34	Atm
Presión de Ultimo Aspersor	Po =	3.12	Atm
Presión Nominal	Po =	3.25	Atm
Caudal del aspersor	qa =	1.47	m3 /h
Diámetro Alcance de Chorro	D =	30.0	m

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Diagnostico Social de los Usuarios de Riego.

La irrigación Huaccoto en la actualidad tiene conformada y está en proceso de constitución el comité de riego Huaccoto. Este comité de usuarios es una asociación civil sin fines de lucro integrada por los usuarios de la irrigación, establecido por la autoridad nacional del agua y están en el marco legal según la ley de los recursos hídricos Nro. 29338 artículo 29. Donde dice que las comisiones de usuarios constituyen las juntas de usuarios y se organizan de acuerdo con los criterios técnicos de la Autoridad Nacional del Agua.

La asamblea general es el órgano máximo de la comisión de usuarios y en ella participan todos los usuarios de agua hábiles, es decir quienes cumplen con sus obligaciones y pagan puntualmente sus derechos de uso de agua.

La junta directiva que fueron elegidos por voto universal y secreto para conducir los destinos de la comisión de usuarios, sus miembros son:

- Presidente : Benedicto Accadio Huamán Choquehuayta
- Vicepresidente : Martín Choquepata Condori
- Secretario : Francisco Mamani Bautista
- Tesorero : Bertha Chura Cayllahua
- Vocales : Zacarías Cayllahua Muñoz
: Timoteo Perlacios Ccoyto

El comité de regantes de la Irrigación Huaccoto tiene su reglamento de usuarios de agua para riego, en donde sus objetivos y sus finalidades son:

- Hacer cumplir y normar el uso racional del agua para riego, en condiciones de igualdad de derecho y obligaciones del usuario.
- Los directivos y los usuarios de agua asuman plena responsabilidad en la distribución del agua en forma equitativa, racional, proporcional y armónica de acuerdo a las necesidades del cultivo.
- El mantenimiento de la infraestructura de riego así como la limpieza de las redes primarias, secundarias y porta laterales será asumido por los usuarios de agua para riego.

De esta manera la organización de los usuarios está sobre la marcha de los acuerdos citados en su reglamento de usuarios de agua, que consta de 12 Capítulos y 55 Artículos.

4.2.1. Reparto del Agua.- La distribución del agua lo realizan los mismos directivos de la organización, existiendo en algunos casos la asignación de la cantidad de agua sin criterios

técnicos y sin ninguna asistencia técnica, no cuentan con personal capacitado para la operación del sistema de riego por aspersión, también se puede presenciar la ausencia en asistencia técnica para mejorar la calidad de los ovinos y principalmente de los vacunos.

4.2.2. Número de Usuarios de Riego.- Los usuarios riego están debidamente y formalmente inscritos en el padrón de beneficiarios y que cumplen con los requisitos mínimos para ser parte de los usuarios de riego Huaccoto, el número de beneficiarios de la irrigación Huaccoto son en total 72.00 beneficiarios, cada beneficiario va a regar un promedio de 2.80 Has de área.

4.2.3. Turnos de Riego.- La programación de riego y distribución de agua durante el primer y segundo año (2011 – 2012) de operación y funcionamiento, han tenido deficiencias notorias y de alta incidencia con respecto a los turnos de riego por que no cuentan con un calendario de riego en donde establezca los intervalos de riego, los tiempos de aplicación de agua por posición de lateral de riego.

De acuerdo a la evaluación realizada en fecha (Enero – Agosto del 2012). En entrevistas personales directamente con los propios usuarios de agua para riego en la Irrigación Huaccotodebo mencionar que la organización esta de manera bueno, pero con deficiencias en el manejo técnico de la infraestructura de riego en cuanto a la operación y programación de los turnos de riego.

Se ha visto por conveniente que es necesario la intervención de los gobiernos locales junto a las autoridades pertinentes de la IrrigaciónHuaccoto, la junta directiva y los propios usuarios de riego que es necesario la asistencia técnica en cuanto a la manipulación de las válvulas de control, la operación de la infraestructura desde la represa, las redes de tuberías instaladas y las obras de arte que contempla la infraestructura de riego, de tal modo que para la campaña de riego que debe de iniciar en mayo del 2013, se ha previsto el seguimiento con la asistencia técnica de un especialista en Irrigaciones con funciones de capacitar a los usuarios de riego Huaccoto,

Fortalecer la organización con fines de que sean más responsables en sus actividades y programar sus turnos de riego de acuerdo a las necesidades de agua del cultivo con mayor incidencia.

4.3. Resultados de los Parámetros Físicos y Agronómicos de la Zona

4.3.1. Determinación de las Características del Suelo

4.3.1.1. Características del Físicas y Mecánicas

Los datos obtenidos según los muestreos de las calicatas.

Cuadro Nro. 04.10. Calicata 01 Análisis Físico

Estrato (m)	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
0 – 0.50	MS-1	68.90	25.44	5.66	Franco arenoso	0.00	5.90	0.22
0.50 – 1.20	MS-2	87.94	9.51	2.54	Arena	2.50	2.80	0.11

Fuente : Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.11. Calicata 01 Caracterización de Suelos.

Estrato (m)	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	
0 – 0.50	5.96	1.70	8.75	9.13	254	0.70	1.25	0.21	0.15	0.00	20.44
0.50 – 1.20	7.34	1.27	6.35	4.00	165.0	5.50	1.15	0.23	0.14	0.00	17.00

Fuente : Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.12. Calicata 02 Análisis Físico

Estrato (m)	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
0 – 0.50	MS-3	39.96	13.49	46.55	Franco	0.00	3.50	0.15
0.50 – 1.20	MS-4	51.08	9.28	39.64	Franco	0.00	3.90	0.50

Fuente : Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.13. Calicata 02 Caracterización de Suelos

Estrato (m)	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	
0 – 0.50	6.35	0.55	2.75	5.22	107	5.86	1.32	0.25	0.11	0.00	18.00
0.50 – 1.20	6.31	0.55	2.80	7.87	226	6.20	1.60	0.23	0.12	0.00	18.50

Fuente : Elaboración Propia

4.3.1.2. Capacidad de Campo (CC).- El cálculo de esta constante hídrica se determino según lo muestra los cuadros (04.14).

4.3.1.3. Calculo del Punto de Marchitez Permanente (PMP).- La determinación del punto de marchitez permanente se muestra en los cuadros (04.15).

4.3.1.4. Calculo de la Densidad Aparente (Da).- Este parámetro hídrico se determino según las relaciones de peso y volumen de suelos, determinados según las calicatas obtenidas en campo.

Cuadro Nro. 04.14. Calicata 01

ESTRATO (m)	DENSIDAD APARENTE g/cm ³	DENSIDAD DE PARTÍCULA g/cm ³	CAPACIDAD DE CAMPO %	PUNTO DE MARCHITES %
0 – 0.50	1.06	2.51	18.87	9.44
0.50 – 1.20	1.20	2.73	16.05	8.25

Fuente : Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.15. Calicata 02 y 03

ESTRATO (m)	DENSIDAD APARENTE g/cm ³	DENSIDAD DE PARTÍCULA g/cm ³	CAPACIDAD DE CAMPO %	PUNTO DE MARCHITES %
0 – 0.50	1.06	2.61	20.22	10.12
0.50 – 1.20	1.15	2.74	18.93	9.47

Fuente : Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.16. Calicata 04

ESTRATO (m)	DENSIDAD APARENTE g/cm ³	DENSIDAD DE PARTÍCULA g/cm ³	CAPACIDAD DE CAMPO %	PUNTO DE MARCHITES %
-------------	-------------------------------------	---	----------------------	----------------------

0 – 0.50	1.10	2.73	22.26	10.87
0.50 – 1.20	1.15	2.65	18.20	9.56

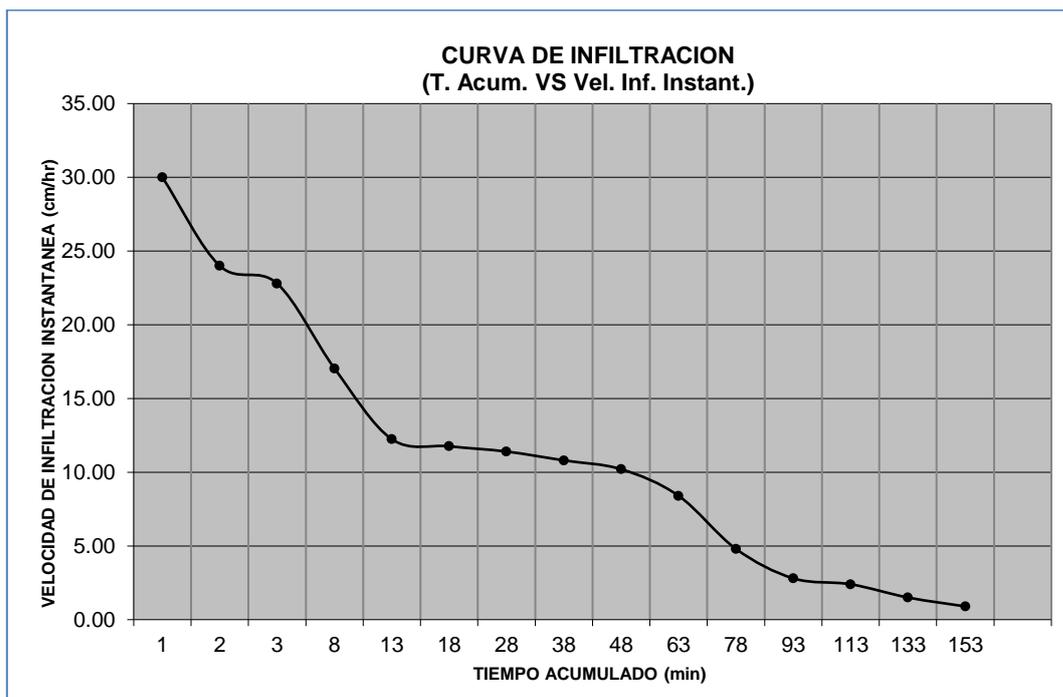
Fuente : Elaboración Propia

Los perfiles de los suelos que se ha analizado en el área de riego son similares y no hay una desviación estándar a gran escala, y las calicatas 02 y 03 son los que predominan en las aéreas bajo riego, las calicatas realizadas guardan relación con la profundidad de enraizamiento del cultivo en donde la profundidad explorada para los ensayos fueron de 1.20 m.

En todos los perfiles del suelo solo son de 2 horizontes o estratos, la coloración del estrato (0 – 0.50 m) ha mostrado un color gris oscuro y del estrato (0.50 – 1.20) ha presentado un color marrón claro, entonces significa que en primer estrato hay un alto contenido de materia orgánica.

4.3.1.5. Pruebas de Infiltración del Suelo.- La velocidad de Infiltración de determino en la zona experimental de la Irrigación Huaccoto, la prueba se realizo en parcelas representativas. Fueron necesarios 03 Pruebas de infiltración según la aptitud de riego de la zona experimental. Los resultados se muestran en los (Cuadros Siguietes).

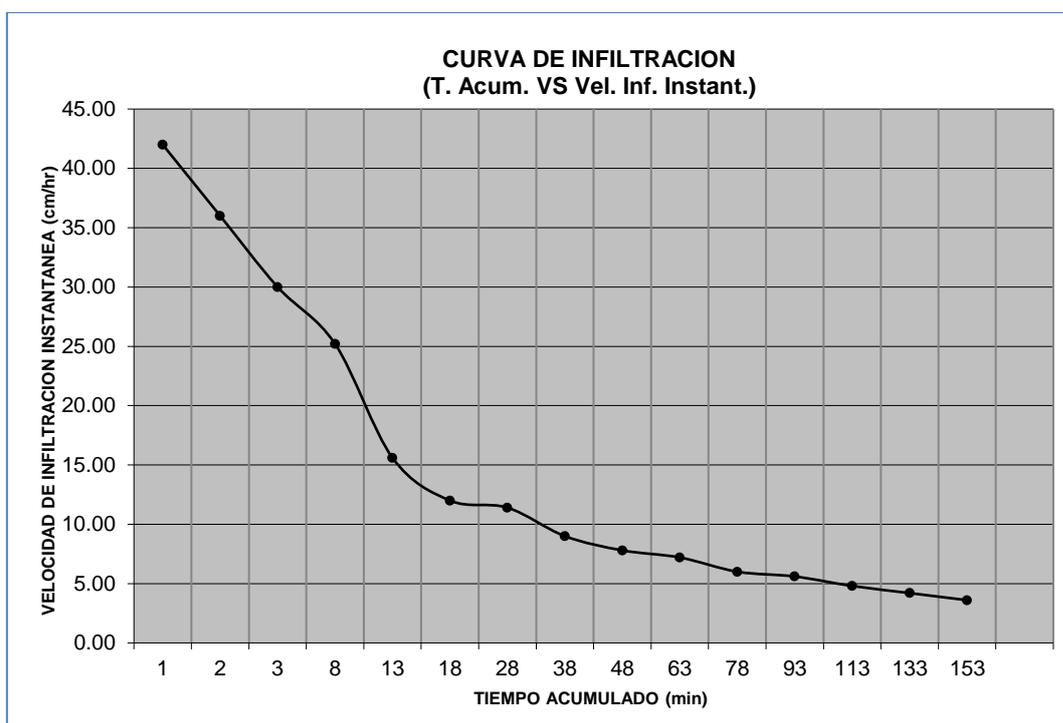
Cuadro Nro. 04.17. Prueba Infiltración 01 (Método Cilindros Infiltrómetros)



Resultados Obtenidos de la Prueba de Infiltración 01.

Observador : Br. Víctor R. Casa Coila
 Fecha de Prueba : octubre del 2012
 Número de Prueba : 01
 Textura : Franco
 Infiltración Básica : 11.69 mm/hora
 Norte : 8373750.35
 Este : 332638.65
 Altura : 3945 m.s.n.m.

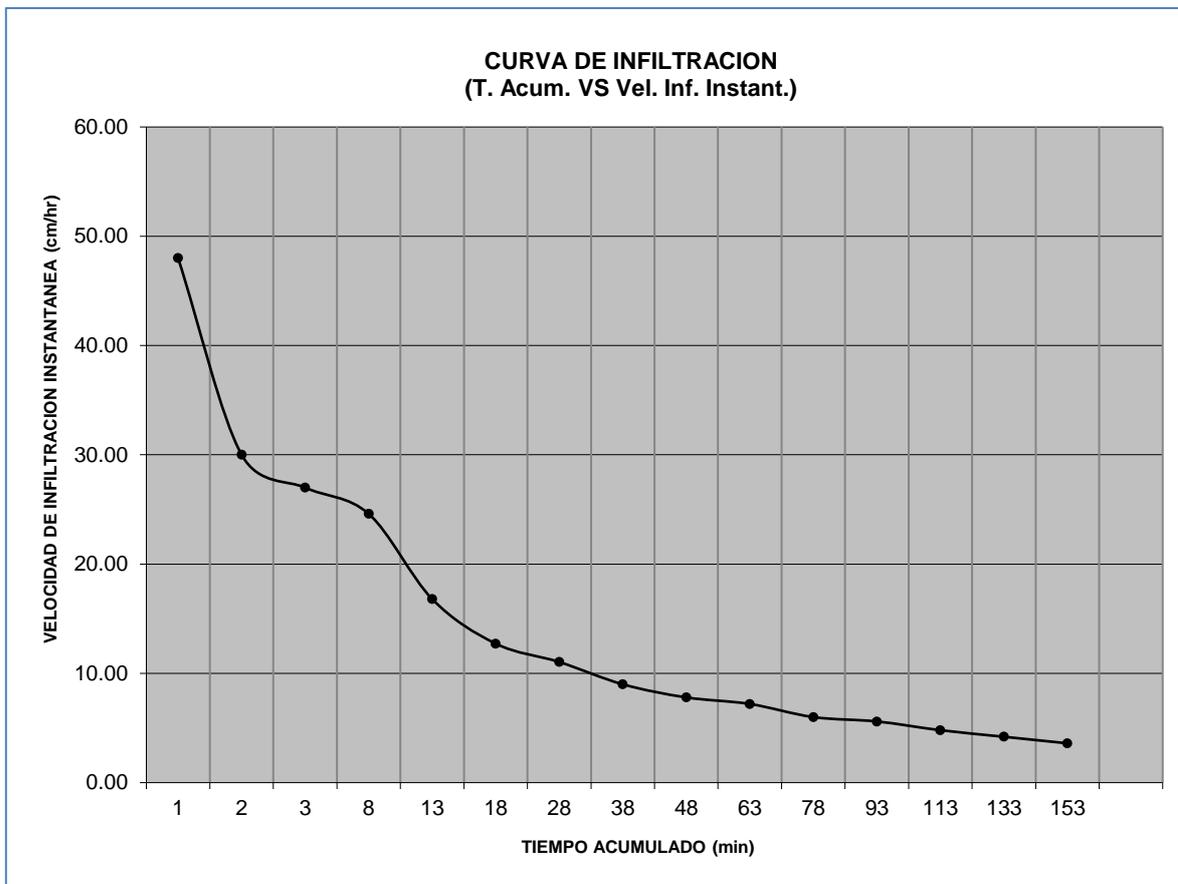
Cuadro Nro. 04.18. Prueba Infiltración 02 (Método Cilindros Infiltrómetros)



Resultados Obtenidos de la Prueba de Infiltración 02.

Observador : Br. Víctor R. Casa Coila
 Fecha de Prueba : octubre del 2012
 Número de Prueba : 02
 Textura : Franco
 Infiltración Básica : 12.84 mm/hora
 Norte : 83733870.94
 Este : 333286.68
 Altura : 3930 m.s.n.m.

Cuadro Nro. 04.19. Prueba Infiltración 03 (Método Cilindros Infiltrómetros)



Resultados Obtenidos de la Prueba de Infiltración 03.

Observador : Br. Víctor R. Casa Coila
 Fecha de Prueba : octubre del 2012
 Número de Prueba : 03
 Textura : Franco
 Infiltración Básica : 12.87 mm/hora
 Norte : 8373036.04
 Este : 334233.96
 Altura : 3915.00 m.s.n.m.

4.3.2. Cedula de Cultivos.

Los cultivos sembrados en el área instalada con riego por aspersión son cultivos exclusivos de forrajes, puesto que el proyecto se halla ubicado en una zona de alto índice de producción ganadera, para lo cual la cedula de cultivos que predomina en la irrigación Huaccoto es de (Alfalfa y Avena Forrajera).

De la evaluación de la microcuenca Huaccoto se tiene que en la mayor parte de los bloques de riego las tierras agrícolas son trabajadas en parcelas familiares muy fraccionadas y cuya producción agrícola generalmente es de usufructo familiar.

Cuadro Nro. 04.20. Cedula de Cultivos en la Irrigación Huaccoto

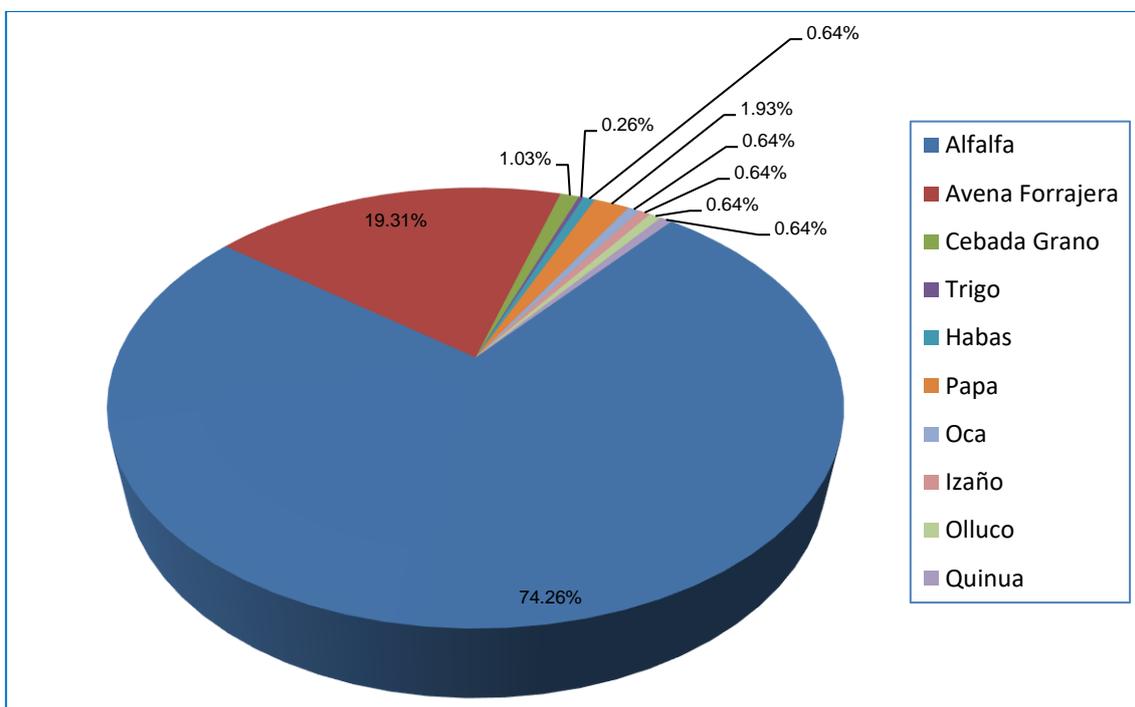
CULTIVO	AREA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Alfalfa	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
Avena Forrajera	39.00	39.00	39.00	39.00							39.00	39.00	39.00
Cebada Grano	2.08	2.08	2.08	2.08							2.08	2.08	2.08
Trigo	0.52	0.52	0.52	0.52							0.52	0.52	0.52
Habas	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30						1.30	1.30	1.30
Papa	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90							3.90	3.90
Oca	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30
Izaño	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30
Olluco	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30
Quinoa	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30	1.30
AREA MENSUAL	202.0	202.0	202.0	202.0	159.1	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	194.2	202.0	202.0

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.1. Plan de Cultivos de la Irrigación Huaccoto

El plan de cultivo de la Irrigación Huaccoto está compuesto en la mayor parte por pasturas y forrajes, las cuales llegan a cubrir un 74.25 % de pasturas (Alfalfa), un 19.31 % de forrajes (Avena Forrajera) y un 6.44 % son cultivos de pan llevar que son de (Cebada grano, trigo, habas, papa, oca, izaño, olluco y quinua).

Figura Nro. 04.02. Plan de Cultivos en la Irrigación Huaccoto



Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2. Coeficientes de Cultivo.- Los coeficientes de cultivo se ha utilizado los mismos valores de Kc considerados en el “Estudio Integral de los Recursos Hídricos de la Cuenca del rio Ramis”, los mismos que han sido verificados con los valores que se maneja por las instituciones agrarias de la cuenca del rio Ramis y estudios de Tesis de “Optimización del Uso del Agua para la Distribución a través de la Programación del Sistema de riego Centro Paylla – Ayaviri”.

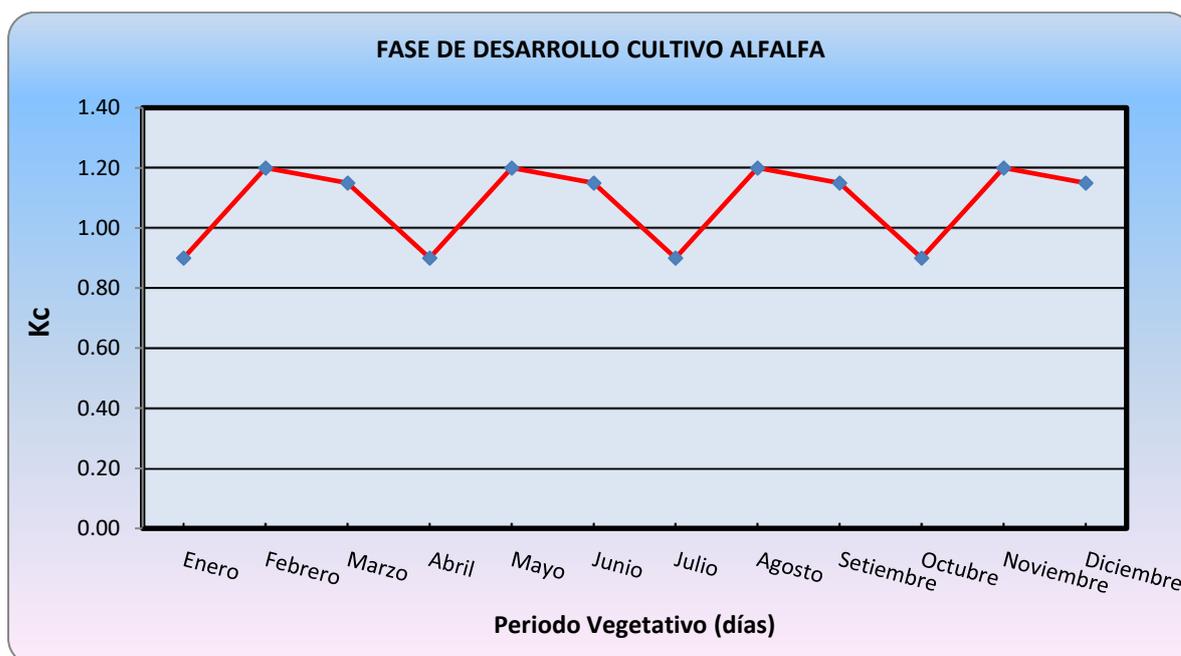
Cuadro Nro. 04.21. Coeficiente de Cultivos (Kc)

Nº	CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	Alfalfa	0.90	1.20	1.15	0.90	1.20	1.15	0.90	0.20	1.15	0.90	1.15	1.20
2	Avena Forrajera	1.10	1.16	0.65							0.52	0.62	0.86
3	Cebada Grano	1.00	1.16	0.65							0.36	0.47	0.72
4	Trigo	1.15	1.16	0.65							0.38	0.57	0.76
5	Habas	1.00	1.05	1.05	1.03						0.50	0.58	0.85
6	Papa	0.75	1.00	1.16	0.95							0.34	0.40
7	Oca	1.14	1.14	1.16	0.64							0.35	0.38
8	Izaño	1.14	1.14	1.16	0.64							0.35	0.38
9	Olluco	1.14	1.14	1.16	0.64							0.35	0.38
10	Quinua	1.00	1.15	0.50							0.30	0.40	0.70

Fuente: Elaboración propia

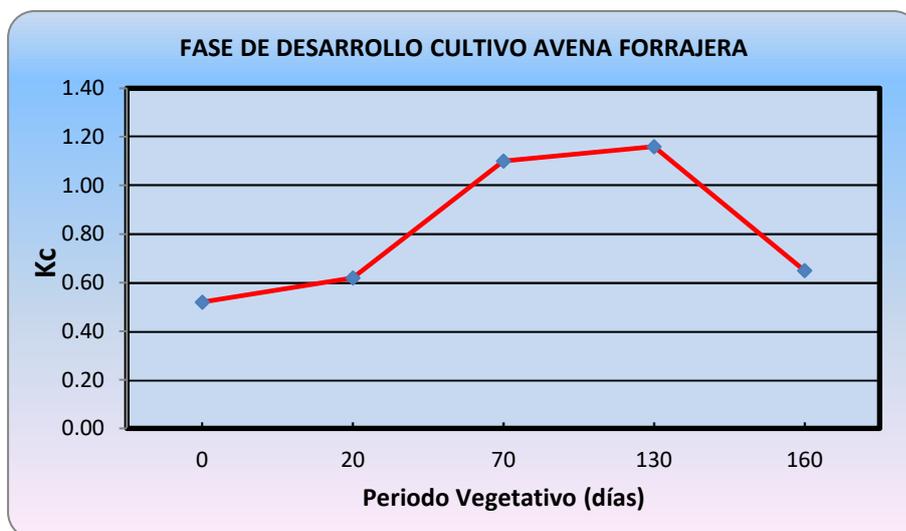
El plan de cultivo de la Irrigación Huaccoto está compuesto en la mayor parte por pasturas y forrajes, las cuales llegan a cubrir un 74.25 % de pasturas (Alfalfa), un 19.31 % de forrajes (Avena Forrajera) y un 6.44 % son cultivos de pan llevar que son de (Cebada grano, trigo, habas, papa, oca, izaño, olluco y quinua).

Figura Nro. 04.03. Kc Alfalfa



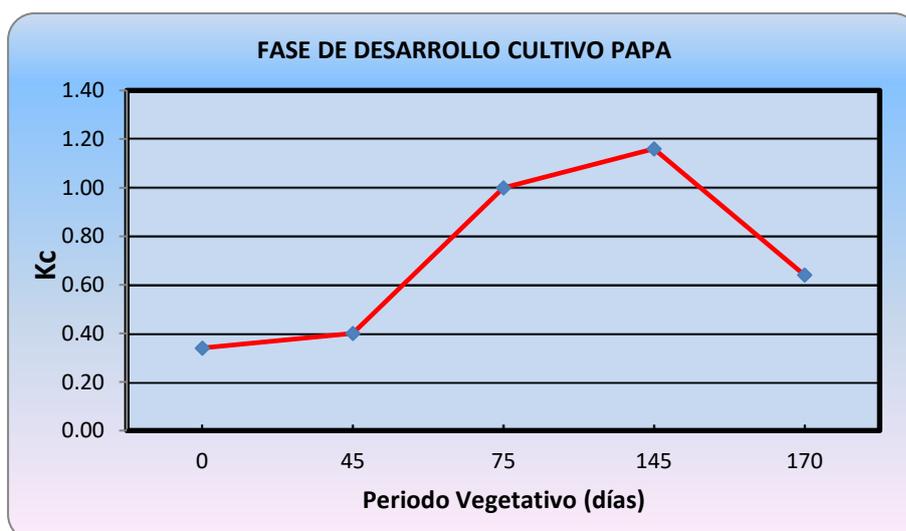
Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 04.04. Kc Avena Forrajera



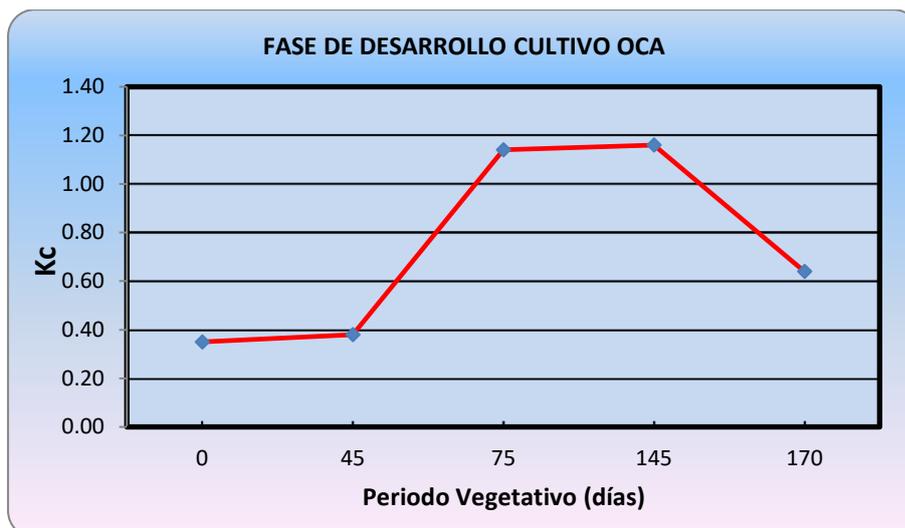
Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 04.05. Kc Papa



Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 04.06. Kc Oca, Izaño y Olluco



4.3.2.3. Características de los Cultivos.- Los cultivos en producción de la Irrigación Huaccoto tienen las siguientes profundidades de raíces y el factor del umbral de agotamiento de la humedad fácilmente utilizable.

Cuadro Nro. 04.22. Profundidad de Raíces y Umbral de Agotamiento

CODIGO	CULTIVO	Profundidad de Raíz PR (m)			Agotamiento de la HFU
		0.25	0.30	0.60	
1	ALFALFA	0.90	a	1.50	0.55
2	AVENA FORRAJERA	0.25	a	1.20	0.55
3	CEBADA GRANO	0.25	a	1.20	0.55
4	TRIGO	0.30	a	0.60	0.55
5	HABAS	0.25	a	0.60	0.20
6	PAPA	0.30	a	0.75	0.25
7	OCA	0.25	a	0.60	0.25
8	IZAÑO	0.25	a	0.60	0.25
9	OLLUCO	0.25	a	0.60	0.25
10	QUINUA	0.30	a	0.50	0.50

Fuente: Catalogo de recursos genéticos de Raíces y Tubérculos Andinos, Cesar Tapia B. Raúl Castillo T.

4.3.3. Determinación de la Oferta Hídrica

Su principal portante de agua a la represa Huaccoto es el rio de la misma zona durante todo el año. Y de acuerdo a los datos de aforos directos, se tiene que en épocas de sequia presenta un caudal promedio de 0.16 m3/seg. Y en época de avenidas se incrementa hasta un promedio de 2.16 m3/seg.

4.3.3.1. Parámetros Geomorfológicos de la MicrocuencaHuaccoto Aguas Arriba de la Represa

En lo que respecta a los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Huaccoto, asociado a su capacidad de respuesta a la precipitación en forma de escorrentía superficial, se tiene como principales parámetros que contribuirá para determinar la disponibilidad hídrica y las máximas avenidas de la microcuenca en estudio, tales como: el área, perímetro, longitud y pendiente del cauce principal.

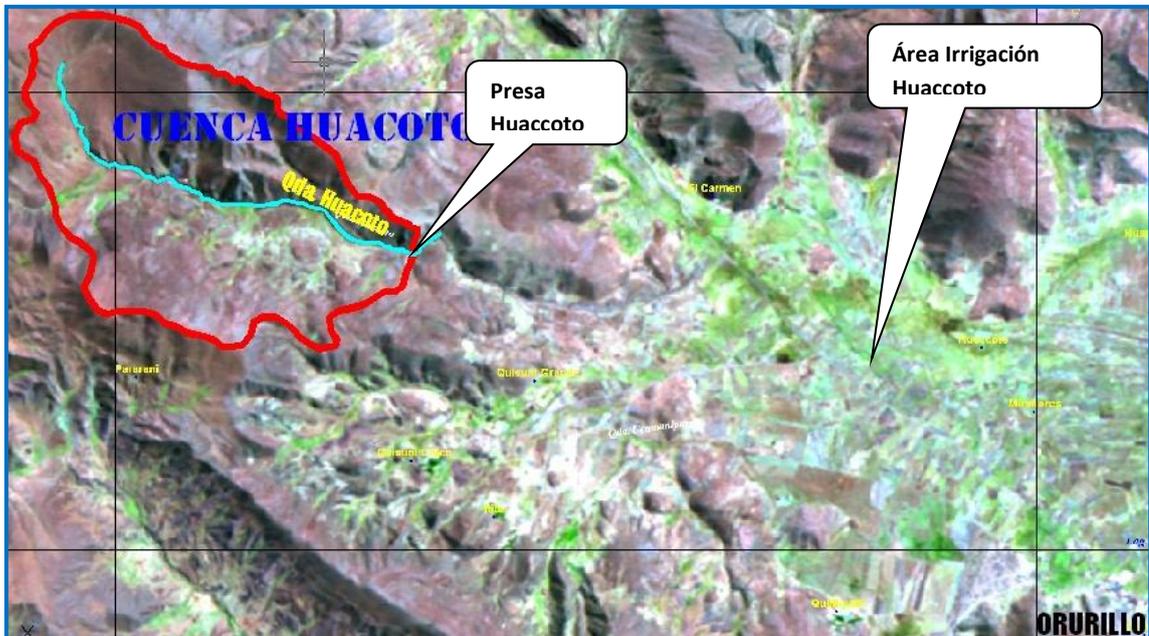
Cuadro Nro. 04.23. Parámetros físicos de la micro cuenca Huaccoto

Micro Cuenca	Río	Área (Km ²)	L (Km.)	Lc (Km.)	Altitud Media (msnm)	S (m/m)
Huaccoto	Huaccoto	6.19	10.99	4.38	4247.3	0.0075

Fuente: Elaboración Propia

La superficie de la microcuenca delimitada, corresponde a la superficie de la misma proyectada en un plano horizontal; en el cual escurre las precipitaciones fluviales formando la escorrentía superficial.

Figura Nro. 04.07. Mapa ubicación de la Microcuenca Huaccoto



Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.2. Precipitación en el Área de la MicrocuencaHuaccoto

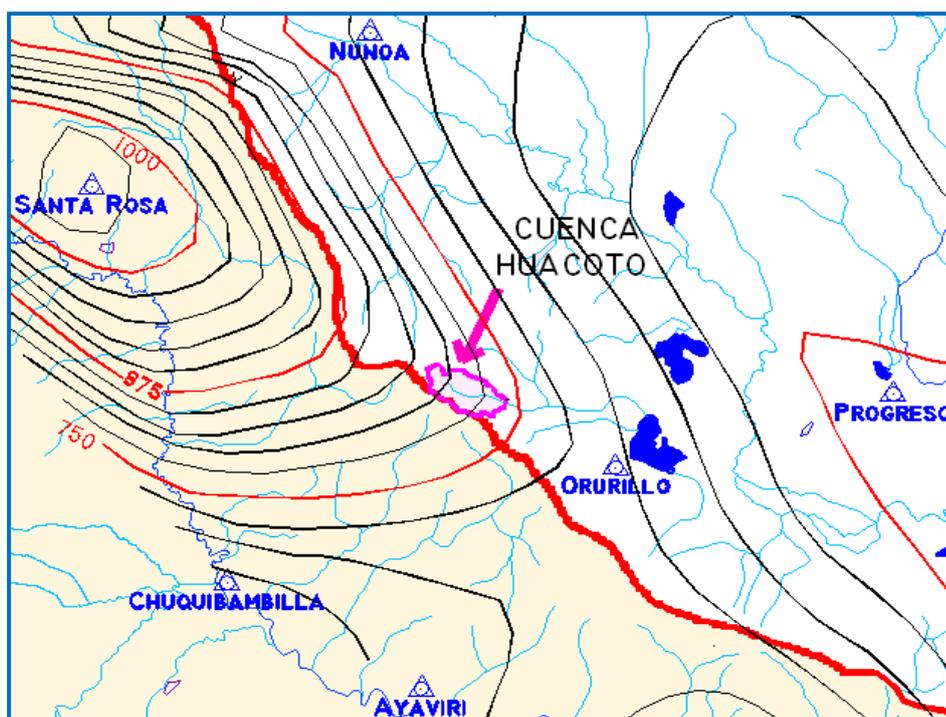
En la Figura Nro. 04.09. Se muestra un mapa de Isoyetas para lo cual se ha determinado una precipitación promedio de 778.70 mm, en la microcuenca que tiene su punto de interés en el eje de represa.

Cuadro Nro. 04.24. Precipitaciones en el ámbito del proyecto y cuencas vecinas.

<i>Estación</i>	<i>Precipitación (mm)</i>	<i>Estación</i>	<i>Precipitación (mm)</i>
Antauta	668.0	Ayaviri	686.1
Crucero	912.1	Macusani	825.4
Chuquibambilla	664.5	Orurillo	704.3
Santa Rosa	1049.3	La Raya	949.4
Pucara	761.9	Muñani	620.3
Progreso	616.7	Putina	689.9
Nuñoa	717.2	Ananea	666.9
Azangaro	572.7	--	--

Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 04.08. Mapa de Isoyetas.



Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.3. Volumen de Almacenamiento del Embalse

En la Represa Huaccoto cuyo **Estudio Hidrológico** sustenta que las quebradas del sector serán las principales portantes de agua en las épocas de Avenidas, Transición y Estiaje. El volumen Útil de Embalse Calculado según el Estudio Hidrológico es de:

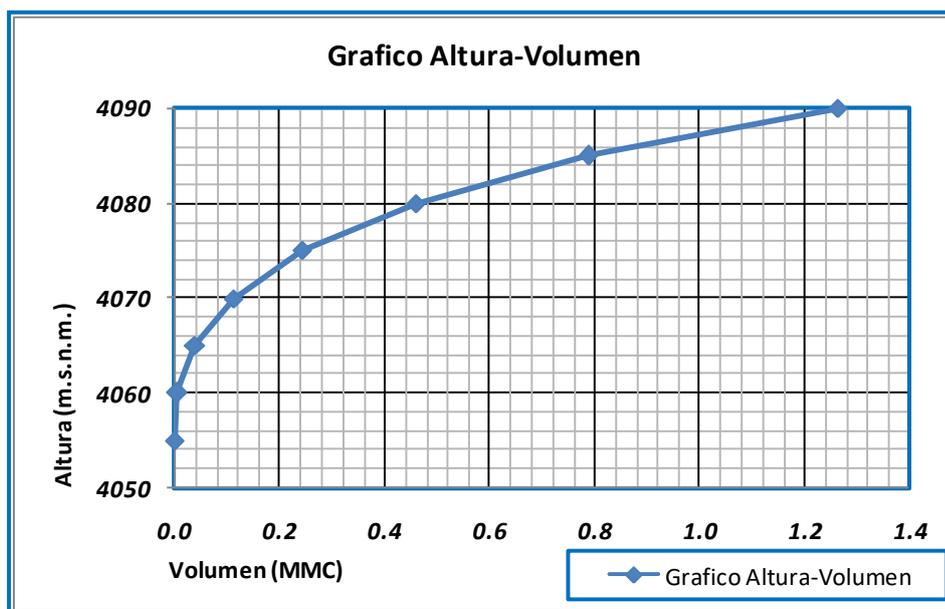
Volumen Útil : 1,263.533.40 m³

Cuadro Nro. 04.25. Calculo de Altura – Volumen del Embalse

Cota	Área (M2)	Volumen (M3)	Volumen Acumulado (M3)	Volumen (MMC)	Volumen Acumulado (MMC)
4055	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
4060	3617.5	6144.3	6144.3	0.0	0.0
4065	10178.3	33106.2	39250.5	0.0	0.0
4070	19793.5	73609.3	112859.8	0.1	0.1
4075	32710.5	129915.2	242775.0	0.1	0.2
4080	54826.6	216476.3	459251.3	0.2	0.5
4085	77848.0	330009.5	789260.8	0.3	0.8
4090	112946.4	474272.6	1263533.4	0.5	1.3
TOTAL		1,263,533.40			

Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 04.09. Altura – Volumen, Embalse Represa Huaccoto



Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. Programación de Riego por Aspersión en la Irrigación Huaccoto

La programación del riego por aspersión nos permite conocer el requerimiento de agua del cultivo en mm/día o mm/mes. La determinación de una programación del riego es un proceso complejo que permite la entrega o la dotación de agua de riego exactamente cuando los cultivos lo necesitan. Idealmente al principio del ciclo del cultivo, la cantidad de agua que se aplica, también llamada lamina de riego, es pequeña y frecuente. Esto se debe a la poca evapotranspiración que tienen las plantas jóvenes y a su poca profundidad radicular. Durante la mitad del ciclo la lámina de riego debe ser mayor y debe ser aplicada menos frecuentemente debido a la mayor evapotranspiración y a la máxima profundidad radicular. Por lo tanto idealmente, la lamina de riego y/o intervalo o frecuencia varían con el desarrollo del cultivo.

4.3.4.1. Evapotranspiración Potencial o de Referencia (ET_o)

La tasa de evapotranspiración de la superficie de riego de la Irrigación Huaccoto, fue determinada con las mediciones de evaporación del tanque evaporímetro clase A. la evaporación fue medida diariamente para un periodo de un año, los datos de evaporación fueron extrapoladas de la estación meteorológica de Progreso por la semejanza y la distancia que hay entre la estación meteorológica y la zona en estudio.

4.3.4.2. Medición de la Evaporación (E_v)

La evaporación fue medida diariamente, para luego obtener promedios semanales durante un año.

La corrección del tanque para determinar la evapotranspiración de referencia (ET_o), interpolaremos datos de:

Humedad relativa : 59.07 % MEDIA

Velocidad del viento : 4.38 m/s MODERADA

Distancia del cultivo a barlovento : 1000 m. o más

En conclusión el factor o el coeficiente de corrección del tanque tipo A, según a las condiciones climáticas y de la zona será de 0.80 y 0.70, según el mes en que se corresponda.

La evapotranspiración potencial o de referencia será la multiplicación de la evaporación por el coeficiente de corrección.

Cuadro Nro. 04.26. Evapotranspiración Promedio Semanal (mm/día)

UND	ENERO					FEBRERO				MARZO			
	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Sem 06	Sem 07	Sem 08	Sem 09	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13
Eo	4.06	4.13	4.55	3.54	4.59	3.69	3.72	3.76	3.38	3.98	4.21	4.19	4.39
Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Eto	3.25	3.30	3.64	2.83	3.67	2.95	2.98	3.01	2.70	3.18	3.37	3.35	3.51

Fuente : Elaboración Propia

UND	ABRIL					MAYO				JUNIO			
	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 20	Sem 21	Sem 22	Sem 23	Sem 24	Sem 25	Sem 26
Eo	4.54	4.31	4.59	4.74	4.81	4.84	5.07	4.88	5.05	4.94	4.83	4.92	4.99
Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Eto	3.63	3.45	3.67	3.79	3.85	3.87	4.06	3.90	4.04	3.95	3.86	3.94	3.99

Fuente : Elaboración Propia

UND	JULIO					AGOSTO				SEPTIEMBRE			
	Sem 27	Sem 28	Sem 29	Sem 30	Sem 31	Sem 32	Sem 33	Sem 34	Sem 35	Sem 36	Sem 37	Sem 38	Sem 39
Eo	4.59	4.95	5.05	5.00	4.71	4.94	4.96	4.94	4.90	4.81	4.51	4.61	4.75
Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70
Eto	3.67	3.96	4.04	4.00	3.77	3.95	3.97	3.95	3.92	3.37	3.16	3.23	3.33

Fuente : Elaboración Propia

UND	OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	Sem 40	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Sem 49	Sem 50	Sem 51	Sem 52
Eo	4.69	4.77	5.02	5.01	4.86	4.75	5.01	4.53	4.75	4.34	3.72	3.60	3.84
Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Eto	3.75	3.82	4.02	4.01	3.89	3.80	4.01	3.62	3.80	3.47	2.98	2.88	3.07

Fuente : Elaboración Propia

Eo : Evaporación del tanque clase A (mm/día)

Kt : coeficiente de corrección del tanque tipo A.

Eto : Evapotranspiración potencial o de Referencia. (mm/día).

4.3.4.3. Evapotranspiración Actual o Real de Cultivos (ETR ó Cd)

La evapotranspiración actual o real, llamada también Consumo diario (Cd). Es la cantidad de agua consumida por un cultivo durante un intervalo de tiempo.

La ETR, significa que cada especie y variedad cultivada, tiene condiciones diferentes de cultivo y por tanto de consumo de agua.

Desde el punto de vista hidrológico, se considera que el rendimiento de un cultivo es máximo, cuando la transpiración es máxima y esto ocurre en las mejores condiciones posibles de humedad del suelo.

Para nuestra zona experimental la evapotranspiración real de cultivos será determinado para cada cultivo planteado en la Irrigación Huaccoto.

Cuadro Nro. 04.27. Evapotranspiración Real de Alfalfa

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	ETR ó
				Cd
				mm/día
EMERGENCIA	20 DIAS	sem-01	0.90	3.03
		sem-02	0.90	2.84
		sem-03	0.90	2.91
CRECIMIENTO	30 DIAS	sem-04	0.90	2.99
		sem-05	1.20	4.50
		sem-06	1.20	4.58
		sem-07	1.20	4.82
FLORACION	25 DIAS	sem-08	1.20	4.81
		sem-09	1.15	4.48
		sem-10	1.15	4.37
		sem-11	1.15	4.61
MADURACION A COSECHA	25 DIAS	sem-12	1.15	4.17
		sem-13	0.90	3.42
		sem-14	0.90	2.76

Fuente: Elaboración Propia

La evapotranspiración real o consumo diario de agua se ha determinado para cada fase del periodo vegetativo del cultivo de Alfalfa en donde en la fase de crecimiento y floración es la etapa que requiere mayor cantidad de agua.

4.3.4.4. Lámina Neta de Riego (Ln)

La cantidad de agua aplicada a un suelo en cada riego se calculo en función de las pruebas de laboratorio de suelos, de los datos de capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, profundidad radicular y el factor o umbral de agotamiento por cultivo.

Cuadro Nro. 04.28. Lamina Neta del cultivo Alfalfa

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm ³)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
30 - 60 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
60 - 90 cm	18.93	9.47	1.15	30	1.80
90 - 120 cm	18.93	9.47	1.15	30	1.80
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		7.12

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 1.20 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.55 %

Cuadro Nro. 04.29. Lamina Neta del cultivo Avena Forrajera

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm ³)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
30 - 60 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
60 - 75 cm	18.93	9.47	1.15	15	0.90
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		4.43

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 0.75 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.55 %

Cuadro Nro. 04.30. Lamina Neta del cultivo Cebada Grano

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm3)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
30 - 60 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
60 - 75 cm	18.93	9.47	1.15	15	0.90
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		4.43

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 0.75 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.55 %

Cuadro Nro. 04.31. Lamina Neta del cultivo Trigo

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm3)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
30 - 45 cm	20.22	10.12	1.06	15	0.88
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		2.65

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 0.45 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.55 %

Cuadro Nro. 04.32. Lamina Neta del cultivo Habas

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm3)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	0.64
30 - 45 cm	20.22	10.12	1.06	15	0.32
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		0.96

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 0.45 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.20 %

Cuadro Nro. 04.33. Lamina Neta del cultivo Papa

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm ³)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	0.80
30 - 53 cm	20.22	10.12	1.06	22.5	0.60
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		1.41

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 0.53 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.25 %

Cuadro Nro. 04.34. Lamina Neta del cultivo Oca, Izaño y Olluco

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm ³)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	0.80
30 - 45 cm	20.22	10.12	1.06	15	0.40
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		1.20

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 0.45 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.25 %

Cuadro Nro. 04.35 Lamina Neta del cultivo Quinua

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm ³)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.61
30 - 40 cm	20.22	10.12	1.06	10	0.54
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)			Ln (cm) =		2.14

Fuente : Elaboración Propia

Profundidad de Raíces : 0.40 Mts

Agotamiento de la HFU : 0.50 %

4.3.4.5. Eficiencia de Riego (Er)

La eficiencia de riego en la Irrigación Huaccoto se calculó mediante tablas y datos de otros proyectos similares:

4.3.4.6. Eficiencia de Conducción (Ec)

En caso de que la conducción del fluido sea transportado mediante tuberías cerradas la infiltración y evaporación son mínimas, por tal motivo que las pérdidas de agua serán despreciables, pero debemos considerar las perdidas en las válvulas de control y las válvulas reguladoras de presión:

Eficiencia de Conducción : 98%

4.3.4.7. Eficiencia de Distribución (Ed)

En caso de que la distribución del fluido sea transportado mediante tuberías cerradas la infiltración y evaporación son mínimas, por tal motivo que las pérdidas de agua serán despreciables, pero debemos considerar las perdidas en las válvulas de control y las válvulas reguladoras de presión:

Eficiencia de Conducción : 95%

4.3.4.8. Coeficiente de Uniformidad (Cu)

El coeficiente de uniformidad se ha determinado en una parcela representativa, para lo cual el índice del grado de uniformidad obtenida para aspersores (según Christiansen) de cualquier tamaño, funcionando en ciertas condiciones que se conoce como coeficiente de uniformidad (Cu). Se calcula con datos referentes a observaciones en el terreno o niveles que alcanza el agua en botes abiertos colocados a intervalos regulares dentro de un área sujeta a aspersión.

Cuadro Nro. 04.36. Prueba de coeficiente de uniformidad.

Nro de Envase	Alt. Lluv. (mm)	Media	Desviacion	Nro de Envase	Alt. Lluv. (mm)	Media	Desviacion	Nro de Envase	Alt. Lluv. (mm)	Media	Desviacion
1	15	15.18	0.18	16	18	15.18	2.82	31	11	15.18	4.18
2	14	15.18	1.18	17	16	15.18	0.82	32	15	15.18	0.18
3	15	15.18	0.18	18	14	15.18	1.18	33	17	15.18	1.82
4	18	15.18	2.82	19	13	15.18	2.18	34	17	15.18	1.82
5	12	15.18	3.18	20	13	15.18	2.18	35	19	15.18	3.82
6	17	15.18	1.82	21	15	15.18	0.18	36	12	15.18	3.18
7	15	15.18	0.18	22	16	15.18	0.82	37	12	15.18	3.18
8	13	15.18	2.18	23	19	15.18	3.82	38	14	15.18	1.18
9	15	15.18	0.18	24	15	15.18	0.18	39	10	15.18	5.18
10	19	15.18	3.82	25	12	15.18	3.18	40	16	15.18	0.82
11	20	15.18	4.82	26	13	15.18	2.18	41	17	15.18	1.82
12	15	15.18	0.18	27	17	15.18	1.82	42	14	15.18	1.18
13	13	15.18	2.18	28	18	15.18	2.82	43	12	15.18	3.18
14	17	15.18	1.82	29	18	15.18	2.82	44	16	15.18	0.82
15	17	15.18	1.82	30	16	15.18	0.82	45	13	15.18	2.18

Fuente : Elaboración Propia.

Resultados Obtenidos de la Prueba Representativa

Numero de Embases Utilizados : 45.0

Sumatoria de Desviaciones en Valores : 88.89

Promedio de los Recipientes y/o Envases : 15.18

Coeficiente de Uniformidad : 86.99

Por tanto el valor del coeficiente de uniformidad es mayor que el valor mínimo permitido de la uniformidad de la aplicación de agua al suelo.

$$86.99 > 80.00$$

La uniformidad en la Irrigación Huaccoto es buena y tiene el siguiente diseño de Línea de Riego Móvil.

Cuadro Nro. 04.37. Diseño del espaciamiento de aspersores y laterales.

Diámetro de boquillas del Aspersor	$\phi =$	$\frac{3.96 \times 2.38}{100}$	mm
Espaciamiento de Aspersores Ea	Ea =	9.0	m
Espaciamiento de Laterales El	El =	15.0	m
Pluviometría del Aspersor Pp	Pp =	10.89	mm / h

4.3.4.9. Eficiencia de Aplicación (Ea)

La eficiencia aplicación parcelaria se compara según el cuadro siguiente realizado por el Proyecto de Manejo Sostenible de Suelos y Agua en Laderas – MASAL – CUSCO, en las zonas de Canchis y Quispicanchis – Cusco.

Cuadro Nro. 04.38. Eficiencias de riego parcelario con el método de riego por Aspersión

Clima de la Zona por Regar	Eficiencia de Aplicación %
Clima Desértico	65.00 %
Clima Seco Caliente	70.00 %
Clima Moderado	75.00 %
Clima Húmedo y Frio	80.00 %

Fuente: Manual de Diseño de riego por Aspersión en Laderas - MASAL

Según la evaluación del coeficiente de uniformidad en la Irrigación Huaccoto, se tiene el siguiente resultado de la eficiencia de aplicación parcelaria.

$$Ea = 1 - \left[\left(\frac{100 - 5.4}{100} \right) \left(0.5 * \frac{86.99}{200} \right) \right] * 100$$

Ea = 79.23 %

Por lo tanto la Eficiencia de riego será de:

$$Er = 0.98 * 0.95 * 0.79$$

$$Er = 74.38 \% = > Er = 75.00 \%$$

4.3.4.10. Lámina Bruta de Riego (Lb)

La eficiencia parcelaria esperada con riego por aspersión para la zona del proyecto, considerada de clima moderada es del 75.0 %, en base a esta eficiencia la lamina bruta de riego será calculada, para cada cultivo, según las fases del periodo vegetativo. (Ver Cuadros 04.40)

4.3.4.11. De los Aspersores

En la irrigación Huaccoto, los beneficiarios a la actualidad están utilizando un modulo de una línea de riego móvil con 04 unidades de Aspersores por beneficiario, los aspersores tienen las siguientes características.

Cuadro Nro. 04.39. Características de los Aspersores Seleccionados

Marca	VYR SA 36
Modelo	BRONCE
Diámetro Mojado(m)	30.00
Presión Trabajo(m.c.a.)	31.20
Diámetro Boquilla (mm)	3.96
Caudal Aspersor (m ³ /hr.)	1.47
Caudal Aspersor (lit/seg.)	0.41
Pluviometría del Aspersor (mm/hora)	10.89

Fuente : Elaboración Propia

4.3.4.12. Frecuencia de Riego (FR)

La frecuencia de Riego, fue calculado con la relación de la lamina neta de cada cultivo en sus fases y la evapotranspiración del cultivo también según sus fases. (Cuadro 04.40).

4.3.4.13. Tiempo de Aplicación de Riego (TR)

El tiempo de Riego, fue calculado con la relación de la lamina bruta de riego en sus diferentes fases y periodos vegetativos, con respecto a la pluviometría del aspersor utilizado en la Irrigación Huaccoto, que en este caso el cálculo de la pluviometría dio como resultado Pp : 10.89 mm/hora. (Cuadros 04.40).

Cuadro Nro. 04.40. Propuesta de Programación de Riego (Cultivo Alfalfa)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		PROGRAMACION DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/dia	mm	mm	m3/Ha-dia	mm/hora	Lt/Seg.	Dias	Horas
EMERGENCIA	20 DIAS	sem-01	0.90	3.03	17.66	23.55	30.29	10.89	0.41	5.00	2.16
		sem-02	0.90	2.84	17.66	23.55	28.40	10.89	0.41	6.00	2.16
		sem-03	0.90	2.91	17.66	23.55	29.07	10.89	0.41	6.00	2.16
CRECIMIENTO	30 DIAS	sem-04	0.90	2.99	35.33	47.11	29.93	10.89	0.41	11.00	4.33
		sem-05	1.20	4.50	35.33	47.11	44.98	10.89	0.41	7.00	4.33
		sem-06	1.20	4.58	35.33	47.11	45.81	10.89	0.41	7.00	4.33
		sem-07	1.20	4.82	35.33	47.11	48.21	10.89	0.41	7.00	4.33
FLORACION	25 DIAS	sem-08	1.20	4.81	53.28	71.04	48.14	10.89	0.41	11.00	6.52
		sem-09	1.15	4.48	53.28	71.04	44.75	10.89	0.41	11.00	6.52
		sem-10	1.15	4.37	53.28	71.04	43.70	10.89	0.41	12.00	6.52
		sem-11	1.15	4.61	53.28	71.04	46.13	10.89	0.41	11.00	6.52
MADURACION A COSECHA	25 DIAS	sem-12	1.15	4.17	71.23	94.97	41.66	10.89	0.41	17.00	8.72
		sem-13	0.90	3.42	71.23	94.97	34.20	10.89	0.41	20.00	8.72
		sem-14	0.90	2.76	71.23	94.97	27.64	10.89	0.41	25.00	8.72

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro 04.40 se puede verificar que en la fase de emergencia del cultivo se requiere una lamina de riego bruta de 23.55 mm, esto debido a que en este periodo vegetativo es menor la profundidad radicular y tiene menor área y volumen de follaje, en la fase de crecimiento va aumentando la lamina de riego. Esto se explica que conforme la planta va aumentando la profundidad radicular, el área y volumen de follaje la dosis de agua a incorporar al suelo es mayor porque hay mayor evapotranspiración.

Con respecto a la frecuencia de riego, en la fase de emergencia es más frecuente que en las fases de crecimiento, floración y maduración. Los tiempos riego o aplicación de agua al suelo van incrementando conforme la planta va desarrollando es decir de un tiempo de 2.16 hrs va incrementando los tiempos hasta un tiempo de 8.72 hrs.

Cuadro Nro. 04.41. Propuesta de Programación de Riego Cultivo (Avena Forrajera)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/día	mm	mm	m ³ /Ha-día	mm/hora	Lt/Seg.	Días	Horas
EMERGENCIA	20 DIAS	sem-01	0.52	1.95	17.66	23.55	19.49	10.89	0.41	9.00	2.16
		sem-02	0.52	1.98	17.66	23.55	19.85	10.89	0.41	8.00	2.16
		sem-03	0.52	2.09	17.66	23.55	20.89	10.89	0.41	8.00	2.16
CRECIMIENTO	50 DIAS	sem-04	0.52	2.09	35.33	47.11	20.86	10.89	0.41	16.00	4.33
		sem-05	0.62	2.41	35.33	47.11	24.13	10.89	0.41	14.00	4.33
		sem-06	0.62	2.36	35.33	47.11	23.56	10.89	0.41	14.00	4.33
		sem-07	0.62	2.49	35.33	47.11	24.87	10.89	0.41	14.00	4.33
		sem-08	0.62	2.25	35.33	47.11	22.46	10.89	0.41	15.00	4.33
		sem-09	0.86	3.27	35.33	47.11	32.68	10.89	0.41	10.00	4.33
		sem-10	0.86	2.98	35.33	47.11	29.83	10.89	0.41	11.00	4.33
FLORACION	60 DIAS	sem-11	0.86	2.56	44.31	59.08	25.60	10.89	0.41	17.00	5.43
		sem-12	0.86	2.48	44.31	59.08	24.77	10.89	0.41	17.00	5.43
		sem-13	1.10	3.38	44.31	59.08	33.78	10.89	0.41	13.00	5.43
		sem-14	1.10	3.57	44.31	59.08	35.70	10.89	0.41	12.00	5.43
		sem-15	1.10	3.63	44.31	59.08	36.33	10.89	0.41	12.00	5.43
		sem-16	1.10	4.00	44.31	59.08	40.04	10.89	0.41	11.00	5.43
		sem-17	1.16	3.28	44.31	59.08	32.81	10.89	0.41	13.00	5.43
		sem-18	1.16	4.26	44.31	59.08	42.56	10.89	0.41	10.00	5.43
		sem-19	1.16	3.43	44.31	59.08	34.27	10.89	0.41	12.00	5.43
MADURACION A COSECHA	30 DIAS	sem-20	1.16	3.45	44.31	59.08	34.53	10.89	0.41	12.00	5.43
		sem-21	0.65	1.96	44.31	59.08	19.57	10.89	0.41	22.00	5.43
		sem-22	0.65	1.76	44.31	59.08	17.57	10.89	0.41	25.00	5.43
		sem-23	0.65	2.07	44.31	59.08	20.69	10.89	0.41	21.00	5.43

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro. 04.41 se puede verificar que en la fase de emergencia del cultivo se requiere una lamina de riego bruta de 23.55 mm, en este periodo vegetativo es menor la profundidad radicular y tiene menor área y volumen de follaje, en la fase de crecimiento va aumentando la lamina de riego. Esto se explica que la planta va aumentando la profundidad radicular, el área y volumen de follaje la dosis de agua a incorporar al suelo es mayor porque hay mayor evapotranspiración. Con respecto a la frecuencia de riego y los tiempos riego van incrementando conforme la planta va desarrollando es decir de un tiempo de 2.16 hrs va incrementando los tiempos hasta un tiempo de 5.43 hrs.

Cuadro Nro. 04.42. Propuesta de Programación de Riego Cultivo (Cebada Grano)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/dia	mm	mm	m3/Ha-dia	mm/hora	Lt/Seg.	Dias	Horas
EMERGENCIA	20 DIAS	sem-01	0.36	1.35	17.66	23.55	13.49	10.89	0.41	13.00	2.16
		sem-02	0.36	1.37	17.66	23.55	13.74	10.89	0.41	12.00	2.16
		sem-03	0.36	1.45	17.66	23.55	14.46	10.89	0.41	12.00	2.16
CRECIMIENTO	50 DIAS	sem-04	0.36	1.44	35.33	47.11	14.44	10.89	0.41	24.00	4.33
		sem-05	0.47	1.83	35.33	47.11	18.29	10.89	0.41	19.00	4.33
		sem-06	0.47	1.79	35.33	47.11	17.86	10.89	0.41	19.00	4.33
		sem-07	0.47	1.89	35.33	47.11	18.85	10.89	0.41	18.00	4.33
		sem-08	0.47	1.70	35.33	47.11	17.03	10.89	0.41	20.00	4.33
		sem-09	0.72	2.74	35.33	47.11	27.36	10.89	0.41	12.00	4.33
		sem-10	0.72	2.50	35.33	47.11	24.97	10.89	0.41	14.00	4.33
FLORACION	60 DIAS	sem-11	0.72	2.14	44.30	59.07	21.44	10.89	0.41	20.00	5.42
		sem-12	0.72	2.07	44.30	59.07	20.74	10.89	0.41	21.00	5.42
		sem-13	1.00	3.07	44.30	59.07	30.71	10.89	0.41	14.00	5.42
		sem-14	1.00	3.25	44.30	59.07	32.46	10.89	0.41	13.00	5.42
		sem-15	1.00	3.30	44.30	59.07	33.03	10.89	0.41	13.00	5.42
		sem-16	1.00	3.64	44.30	59.07	36.40	10.89	0.41	12.00	5.42
		sem-17	1.16	3.28	44.30	59.07	32.81	10.89	0.41	13.00	5.42
		sem-18	1.16	4.26	44.30	59.07	42.56	10.89	0.41	10.00	5.42
MADURACION A COSECHA	30 DIAS	sem-19	1.16	3.43	44.30	59.07	34.27	10.89	0.41	12.00	5.42
		sem-20	1.16	3.45	44.30	59.07	34.53	10.89	0.41	12.00	5.42
		sem-21	0.65	1.96	44.30	59.07	19.57	10.89	0.41	22.00	5.42
		sem-22	0.65	1.76	44.30	59.07	17.57	10.89	0.41	25.00	5.42
		sem-23	0.65	2.07	44.30	59.07	20.69	10.89	0.41	21.00	5.42

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro 04.42 se puede verificar que en la fase de emergencia del cultivo se requiere una lamina de riego bruta de 23.55 mm, en este periodo vegetativo es menor la profundidad radicular y tiene menor área y volumen de follaje, en la fase de crecimiento va aumentando la lamina de riego. Esto se explica que la planta va aumentando la profundidad radicular, el área y volumen de follaje la dosis de agua a incorporar al suelo es mayor porque hay mayor evapotranspiración. Con respecto a la frecuencia de riego y los tiempos riego van incrementando conforme la planta va desarrollando es decir de un tiempo de 2.16 hrs va incrementando los tiempos hasta un tiempo de 5.42 hrs.

Cuadro Nro. 04.43. Propuesta de Programación de Riego Cultivo (Trigo)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/día	mm	mm	m3/Ha-día	mm/hora	Lt/Seg.	Días	Horas
EMERGENCIA	20 DIAS	sem-01	0.38	1.42	17.66	23.55	14.24	10.89	0.41	12.00	2.16
		sem-02	0.38	1.45	17.66	23.55	14.51	10.89	0.41	12.00	2.16
		sem-03	0.38	1.53	17.66	23.55	15.27	10.89	0.41	11.00	2.16
CRECIMIENTO	50 DIAS	sem-04	0.38	1.52	26.50	35.33	15.24	10.89	0.41	17.00	3.24
		sem-05	0.57	2.22	26.50	35.33	22.18	10.89	0.41	11.00	3.24
		sem-06	0.57	2.17	26.50	35.33	21.66	10.89	0.41	12.00	3.24
		sem-07	0.57	2.29	26.50	35.33	22.87	10.89	0.41	11.00	3.24
		sem-08	0.57	2.07	26.50	35.33	20.65	10.89	0.41	12.00	3.24
		sem-09	0.76	2.89	26.50	35.33	28.88	10.89	0.41	9.00	3.24
		sem-10	0.76	2.64	26.50	35.33	26.36	10.89	0.41	10.00	3.24
FLORACION	60 DIAS	sem-11	0.76	2.26	26.50	35.33	22.63	10.89	0.41	11.00	3.24
		sem-12	0.76	2.19	26.50	35.33	21.89	10.89	0.41	12.00	3.24
		sem-13	1.15	3.53	26.50	35.33	35.32	10.89	0.41	7.00	3.24
		sem-14	1.15	3.73	26.50	35.33	37.33	10.89	0.41	7.00	3.24
		sem-15	1.15	3.80	26.50	35.33	37.98	10.89	0.41	6.00	3.24
		sem-16	1.15	4.19	26.50	35.33	41.86	10.89	0.41	6.00	3.24
		sem-17	1.16	3.28	26.50	35.33	32.81	10.89	0.41	8.00	3.24
		sem-18	1.16	4.26	26.50	35.33	42.56	10.89	0.41	6.00	3.24
		sem-19	1.16	3.43	26.50	35.33	34.27	10.89	0.41	7.00	3.24
MADURACION A COSECHA	30 DIAS	sem-20	1.16	3.45	26.50	35.33	34.53	10.89	0.41	7.00	3.24
		sem-21	0.65	1.96	26.50	35.33	19.57	10.89	0.41	13.00	3.24
		sem-22	0.65	1.76	26.50	35.33	17.57	10.89	0.41	15.00	3.24
		sem-23	0.65	2.07	26.50	35.33	20.69	10.89	0.41	12.00	3.24

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro 04.43 se puede verificar que en la fase de emergencia del cultivo se requiere una lamina de riego bruta de 23.55 mm, en este periodo vegetativo es menor la profundidad radicular y tiene menor área y volumen de follaje, en la fase de crecimiento va aumentando la lamina de riego. Esto se explica que la planta va aumentando la profundidad radicular, el área y volumen de follaje la dosis de agua a incorporar al suelo es mayor porque hay mayor evapotranspiración. Con respecto a la frecuencia de riego y los tiempos riego van incrementando conforme la planta va desarrollando es decir de un tiempo de 2.16 hrs va incrementando los tiempos hasta un tiempo de 3.24 hrs.

Cuadro Nro. 04.44. Propuesta de Programación de Riego Cultivo (Habas)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/día	mm	mm	m ³ /Ha-día	mm/hora	Lt/Seg.	Días	Horas
EMERGENCIA	90 DIAS	sem-01	0.50	1.87	6.42	8.56	18.74	10.89	0.41	3.00	0.79
		sem-02	0.50	1.91	6.42	8.56	19.09	10.89	0.41	3.00	0.79
		sem-03	0.50	2.01	6.42	8.56	20.09	10.89	0.41	3.00	0.79
		sem-04	0.50	2.01	6.42	8.56	20.06	10.89	0.41	3.00	0.79
		sem-05	0.58	2.26	6.42	8.56	22.57	10.89	0.41	2.00	0.79
		sem-06	0.58	2.20	6.42	8.56	22.04	10.89	0.41	2.00	0.79
		sem-07	0.58	2.33	6.42	8.56	23.27	10.89	0.41	2.00	0.79
		sem-08	0.58	2.10	6.42	8.56	21.01	10.89	0.41	3.00	0.79
		sem-09	0.85	3.23	6.42	8.56	32.30	10.89	0.41	1.00	0.79
		sem-10	0.85	2.95	6.42	8.56	29.48	10.89	0.41	2.00	0.79
		sem-11	0.85	2.53	6.42	8.56	25.31	10.89	0.41	2.00	0.79
		sem-12	0.85	2.45	6.42	8.56	24.48	10.89	0.41	2.00	0.79
		sem-13	1.00	3.07	6.42	8.56	30.71	10.89	0.41	2.00	0.79
CRECIMIENTO	45 DIAS	sem-14	1.00	3.25	9.64	12.85	32.46	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-15	1.00	3.30	9.64	12.85	33.03	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-16	1.00	3.64	9.64	12.85	36.40	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-17	1.05	2.97	9.64	12.85	29.70	10.89	0.41	3.00	1.18
		sem-18	1.05	3.85	9.64	12.85	38.52	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-19	1.05	3.10	9.64	12.85	31.02	10.89	0.41	3.00	1.18
FLORACION	40 DIAS	sem-20	1.05	3.13	9.64	12.85	31.26	10.89	0.41	3.00	1.18
		sem-21	1.05	3.16	9.64	12.85	31.62	10.89	0.41	3.00	1.18
		sem-22	1.05	2.84	9.64	12.85	28.38	10.89	0.41	3.00	1.18
		sem-23	1.05	3.34	9.64	12.85	33.42	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-24	1.05	3.54	9.64	12.85	35.40	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-25	1.05	3.52	9.64	12.85	35.22	10.89	0.41	2.00	1.18
MADURACION A COSECHA	35 DIAS	sem-26	1.03	3.61	9.64	12.85	36.14	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-27	1.03	3.74	9.64	12.85	37.37	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-28	1.03	3.55	9.64	12.85	35.49	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-29	1.03	3.78	9.64	12.85	37.79	10.89	0.41	2.00	1.18
		sem-30	1.03	3.90	9.64	12.85	39.02	10.89	0.41	2.00	1.18

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro 04.44 demuestra que la demanda de cultivo no varía considerablemente con respecto a las fases de desarrollo, significa que el consumo de agua es casi uniforme, la frecuencia y el tiempo de riego de la misma forma se mantiene en un promedio de 0.79 hrs. y 1.18 hrs. De riego, la frecuencia de riego durante todo el periodo de producción es de 2.0 y 3.0 días.

Cuadro Nro. 04.45. Propuesta de Programación de Riego Cultivo (Papa)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/día	mm	mm	m3/Ha-día	mm/hora	Lt/Seg.	Días	Horas
EMERGENCIA	45 DIAS	sem-01	0.34	1.29	8.03	10.71	12.92	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-02	0.34	1.36	8.03	10.71	13.64	10.89	0.41	5.00	0.98
		sem-03	0.34	1.23	8.03	10.71	12.32	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-04	0.34	1.29	8.03	10.71	12.92	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-05	0.40	1.39	8.03	10.71	13.87	10.89	0.41	5.00	0.98
		sem-06	0.40	1.19	8.03	10.71	11.91	10.89	0.41	6.00	0.98
CRECIMIENTO	30 DIAS	sem-07	0.40	1.15	14.05	18.73	11.52	10.89	0.41	12.00	1.72
		sem-08	0.40	1.23	14.05	18.73	12.28	10.89	0.41	11.00	1.72
		sem-09	0.75	2.43	14.05	18.73	24.34	10.89	0.41	5.00	1.72
		sem-10	0.75	2.48	14.05	18.73	24.77	10.89	0.41	5.00	1.72
FLORACION	70 DIAS	sem-11	0.75	2.73	14.05	18.73	27.30	10.89	0.41	5.00	1.72
		sem-12	0.75	2.12	14.05	18.73	21.21	10.89	0.41	6.00	1.72
		sem-13	1.00	3.67	14.05	18.73	36.69	10.89	0.41	3.00	1.72
		sem-14	1.00	2.95	14.05	18.73	29.54	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-15	1.00	2.98	14.05	18.73	29.77	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-16	1.00	3.01	14.05	18.73	30.11	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-17	1.16	3.14	14.05	18.73	31.35	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-18	1.16	3.69	14.05	18.73	36.92	10.89	0.41	3.00	1.72
		sem-19	1.16	3.91	14.05	18.73	39.11	10.89	0.41	3.00	1.72
		sem-20	1.16	3.89	14.05	18.73	38.91	10.89	0.41	3.00	1.72
MADURACION A COSECHA	25 DIAS	sem-21	0.95	3.33	14.05	18.73	33.33	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-22	0.95	3.45	14.05	18.73	34.47	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-23	0.95	3.27	14.05	18.73	32.73	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-24	0.95	3.49	14.05	18.73	34.85	10.89	0.41	4.00	1.72

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro 04.45 demuestra que la demanda de cultivo varía según su fase se requiere en la fase de emergencia una lámina de 10.71 hasta un 18.73 mm Explica que conforme la planta desarrolla aumenta el requerimiento de Agua. La frecuencia de riego tiene un promedio de 6.0 días y el tiempo de riego es corto al igual que los intervalos de riego. El tiempo de aplicación de agua va desde 0.98 hrs. Hasta un 1.72 hrs.

Cuadro Nro. 04.46. Propuesta de Programación de Riego Cultivo (Oca, Izaño y Olluco)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/día	mm	mm	mm	mm/hora	Lt/Seg.	Días	Horas
EMERGENCIA	45 DIAS	sem-01	0.35	1.33	8.03	10.71	13.30	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-02	0.35	1.40	8.03	10.71	14.04	10.89	0.41	5.00	0.98
		sem-03	0.35	1.27	8.03	10.71	12.68	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-04	0.35	1.33	8.03	10.71	13.30	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-05	0.38	1.32	8.03	10.71	13.18	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-06	0.38	1.13	8.03	10.71	11.31	10.89	0.41	7.00	0.98
CRECIMIENTO	30 DIAS	sem-07	0.38	1.09	12.04	16.05	10.94	10.89	0.41	11.00	1.47
		sem-08	0.38	1.17	12.04	16.05	11.67	10.89	0.41	10.00	1.47
		sem-09	1.14	3.70	12.04	16.05	37.00	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-10	1.14	3.77	12.04	16.05	37.65	10.89	0.41	3.00	1.47
FLORACION	70 DIAS	sem-11	1.14	4.15	12.04	16.05	41.50	10.89	0.41	2.00	1.47
		sem-12	1.14	3.22	12.04	16.05	32.25	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-13	1.14	4.18	12.04	16.05	41.82	10.89	0.41	2.00	1.47
		sem-14	1.14	3.37	12.04	16.05	33.68	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-15	1.14	3.39	12.04	16.05	33.94	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-16	1.14	3.43	12.04	16.05	34.33	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-17	1.16	3.14	12.04	16.05	31.35	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-18	1.16	3.69	12.04	16.05	36.92	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-19	1.16	3.91	12.04	16.05	39.11	10.89	0.41	3.00	1.47
		sem-20	1.16	3.89	12.04	16.05	38.91	10.89	0.41	3.00	1.47
MADURACION A COSECHA	25 DIAS	sem-21	0.64	2.25	12.04	16.05	22.45	10.89	0.41	5.00	1.47
		sem-22	0.64	2.32	12.04	16.05	23.22	10.89	0.41	5.00	1.47
		sem-23	0.64	2.21	12.04	16.05	22.05	10.89	0.41	5.00	1.47
		sem-24	0.64	2.35	12.04	16.05	23.48	10.89	0.41	5.00	1.47

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro 04.46 demuestra que la demanda de cultivo varía según su fase se requiere en la fase de emergencia una lámina de 10.71 hasta un 16.05 mm Explica que conforme la planta desarrolla aumenta el requerimiento de Agua. La frecuencia de riego tiene un promedio de 5.0 días y el tiempo de riego es corto al igual que los intervalos de riego. El tiempo de aplicación de agua va desde 0.98 hrs. Hasta un 1.47 hrs.

Cuadro Nro.04.47. Programación de Riego Cultivo (Quinua)

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/día	mm	mm	m3/Ha-día	mm/hora	Lt/Seg.	Días	Horas
EMERGENCIA	25 DIAS	sem-01	0.30	1.12	16.06	21.41	11.25	10.89	0.41	14.00	1.97
		sem-02	0.30	1.15	16.06	21.41	11.45	10.89	0.41	14.00	1.97
		sem-03	0.30	1.21	16.06	21.41	12.05	10.89	0.41	13.00	1.97
		sem-04	0.30	1.20	16.06	21.41	12.03	10.89	0.41	13.00	1.97
CRECIMIENTO	35 DIAS	sem-05	0.40	1.56	21.41	28.55	15.57	10.89	0.41	13.00	2.62
		sem-06	0.40	1.52	21.41	28.55	15.20	10.89	0.41	14.00	2.62
		sem-07	0.40	1.60	21.41	28.55	16.05	10.89	0.41	13.00	2.62
		sem-08	0.40	1.45	21.41	28.55	14.49	10.89	0.41	14.00	2.62
		sem-09	0.70	2.66	21.41	28.55	26.60	10.89	0.41	8.00	2.62
FLORACION	65 DIAS	sem-10	0.70	2.43	21.41	28.55	24.28	10.89	0.41	8.00	2.62
		sem-11	0.70	2.08	21.41	28.55	20.84	10.89	0.41	10.00	2.62
		sem-12	0.70	2.02	21.41	28.55	20.16	10.89	0.41	10.00	2.62
		sem-13	1.00	3.07	21.41	28.55	30.71	10.89	0.41	6.00	2.62
		sem-14	1.00	3.25	21.41	28.55	32.46	10.89	0.41	6.00	2.62
		sem-15	1.00	3.30	21.41	28.55	33.03	10.89	0.41	6.00	2.62
		sem-16	1.00	3.64	21.41	28.55	36.40	10.89	0.41	5.00	2.62
		sem-17	1.15	3.25	21.41	28.55	32.53	10.89	0.41	6.00	2.62
		sem-18	1.15	4.22	21.41	28.55	42.19	10.89	0.41	5.00	2.62
MADURACION A COSECHA	40 DIAS	sem-19	1.15	3.40	21.41	28.55	33.97	10.89	0.41	6.00	2.62
		sem-20	1.15	3.42	21.41	28.55	34.24	10.89	0.41	6.00	2.62
		sem-21	0.50	1.51	21.41	28.55	15.06	10.89	0.41	14.00	2.62
		sem-22	0.50	1.35	21.41	28.55	13.51	10.89	0.41	15.00	2.62
		sem-23	0.50	1.59	21.41	28.55	15.91	10.89	0.41	13.00	2.62
		sem-24	0.50	1.69	21.41	28.55	16.86	10.89	0.41	12.00	2.62

Fuente : Elaboración Propia

Del cuadro Nro 04.47 demuestra que la demanda de cultivo varía según su fase se requiere en la fase de emergencia una lámina de 21.41 hasta un 28.55 mm Explica que conforme la planta desarrolla, aumenta el requerimiento de agua. La frecuencia de riego tiene un promedio de 10.0 días y el tiempo de riego es corto que va desde 1.97 hrs. Hasta un 2.62 hrs. Significa que por riego la lamina de infiltración es relativamente poco bajo con respecto al cultivo de Alfalfa y Forrajes.

4.3.5. Balance Hídrico de la Irrigación Huaccoto

Al realizar la comparación entre la oferta y la demanda hídrica de los cultivos se observa que las fuentes hídricas satisfacen las necesidades hídricas de los cultivos para la cedula de riego existente.

4.3.5.1. Demanda de Riego y Descarga Regulado de la Represa

La demanda de agua para riego en la zona de estudio está determinado para cada mes según la necesidad de los cultivos y los módulos de riego, las descargas de la represa Huaccoto serán regulados según la demanda y mantener un caudal adicional promedio de 20.00 lts/seg. Considerado para mantener el caudal ecológico

Cuadro Nro. 04.48. Balance Hídrico

Nº	CONCEPTO	UND	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1	Demanda del Caudal en la Irrigación Huaccoto (Q)	l/s	168.61	156.75	139.67	37.04	0.00	0.00	0.00	0.00	137.94	127.02	168.22	203.10
2	Descarga Regulado de la Represa Huaccoto	l/s	190.00	180.00	160.00	60.00	100.00	100.00	100.00	100.00	160.00	150.00	190.00	220.00
3	Balance Hidrico	l/s	21.39	23.25	20.33	22.96	100.00	100.00	100.00	100.00	22.06	22.98	21.78	16.90

Fuente : Elaboración Propia

4.3.6. Operación de la Infraestructura de Riego

La operación de la infraestructura de riego por aspersión. Se inicia desde la represa Huaccoto hasta la aplicación de agua a las parcelas mediante la generación de las lluvias artificiales con los aspersores.

La Represa Huaccoto tiene dos funciones:

- Ejercer presión al sistema de aducción, distribución, líneas de riego y aspersores, es decir a toda la red de tuberías instaladas bajo presión.
- Regulación para permitir el buen funcionamiento del sistema, con caudales variables de entrada y salida. En épocas de avenidas, transición y estiaje.

4.3.6.1. Manejo de las Válvulas

La primera Válvula que se maneja en el sistema de riego por AspersiónHuaccoto es la válvula de control de salida ubicado en la caseta de válvulas de la represa Huaccoto, la Válvula de control se abrirá tercera parte del total, se abrirá o se cerrara lentamente con tiempos pausados, para evitar el golpe de ariete.

4.3.6.2. Purgado de la Red de Tuberías

El purgado se hará antes de cada aplicación de riego, se abrirán las válvulas ubicadas al final de cada porta lateral de riego, para que los sedimentos y desechos sean expulsados y no interfieran el normal funcionamiento del sistema, el purgado se hará hasta tener flujo continuo y el caudal sea lo más transparente y limpio posible.

4.3.6.3. Instalación de un Lateral de Riego

Antes de que un lateral de riego entre en operación, mediante el accionamiento de la válvula de acople rápido por su respectiva llave se debe tener en cuenta:

- Distanciamiento entre Aspersores, está en función del diámetro de humedecimiento del aspersor y de la velocidad del viento.
- Distanciamiento entre laterales, de la misma forma se tomara en cuenta la velocidad del viento.
- Traslado de posición, está en función del equipo móvil de riego y el tiempo de riego, el lateral de riego seguirá las sendas de las parcelas, esto significa que se colocara el lateral de riego paralela a las curvas de nivel como la manguera es móvil se adecuara fácilmente a las parcelas de riego.
- Altura de Operación del Aspersor, la altura del elevador del Aspersor será colocado mínimamente a 0.80 mts. Desde la superficie del suelo.
- De las pruebas realizadas de operación de las laterales de riego podemos deducir que cada lateral de riego va a operar con 04 und. de Aspersores en ambos sentidos.

4.3.7. Validación de la Propuesta de Programación de Riego por Aspersión

La validación de la programación de riego se ha realizado desde el punto de vista de la evaluación del coeficiente de uniformidad, las presiones medidas de los aspersores en operación y la distribución de agua por turnos de riego según la sectorización propuesta, la operación del sistema de riego inicia desde la represa Huaccoto hasta la aplicación del agua mediante los Aspersores.

4.3.7.1. Propuesta de Programación de Riego Ajustado.- La programación de riego propuesta será un proceso de decisión orientado a determinar las cantidades de agua por aplicar y las fechas de aplicación de cada riego para minimizar deficiencias o excesos de humedad en el suelo que pudieran causar efectos adversos sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos.

Cuadro Nro. 04.49. Propuesta de Programación Ajustada Cultivo (Alfalfa)

FASE	PERIODO VEGETATIVO	DEMANDA DE CULTIVO			CARACT. ASPERSOR		PROGRAM. DE RIEGO	
		Ln Diaria	Ln	Lb	Q (Asp.)	Pp Emisor	FR	TR
		mm/día	mm	mm	Lt/Seg.	mm/hora	Días	Horas
EMERGENCIA	20 Dias							
		3.03	30.29	40.38	0.41	10.89	10.00	6.00
CRECIMIENTO	30 Dias							
		4.82	48.21	64.27	0.41	10.89	10.00	6.00
FLORACION	25 Dias							
		4.81	48.14	64.18	0.41	10.89	10.00	6.00
MADURACION A COSECHA	25 Dias							
		4.17	41.66	55.55	0.41	10.89	10.00	5.00

Fuente : Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.50. Propuesta de Programación Ajustada Cultivo (Avena Forrajera)

FASE	PERIODO VEGETATIVO	DEMANDA DE CULTIVO			CARACT. ASPERSOR		PROGRAM. DE RIEGO	
		Ln Diaria	Ln	Lb	Q (Asp.)	Pp Emisor	FR	TR
		mm/dia	mm	mm	Lt/Seg.	mm/hora	Dias	Horas
EMERGENCIA	20 Dias							
		2.09	20.89	27.85	0.41	10.89	10.00	3.00
CRECIMIENTO	50 Dias							
		3.27	32.68	43.57	0.41	10.89	10.00	4.00
FLORACION	60 Dias							
		4.26	42.56	56.74	0.41	10.89	10.00	5.00
MADURACION A COSECHA	30 Dias							
		3.45	34.53	46.05	0.41	10.89	10.00	4.00

Fuente : Elaboración Propia

Cuadro Nro. 04.51. Propuesta de Programación Ajustado Cultivo (Habas, Papa, Tubérculos)

FASE	PERIODO VEGETATIVO	DEMANDA DE CULTIVO			CARACT. ASPERSOR		PROGRAM. DE RIEGO	
		Ln Diaria	Ln	Lb	Q (Asp.)	Pp Emisor	FR	TR
		mm/dia	mm	mm	Lt/Seg.	mm/hora	Dias	Horas
EMERGENCIA	90 Dias							
		3.21	32.10	42.80	0.41	10.89	10.00	4.00
CRECIMIENTO	45 Dias							
		4.82	48.20	64.27	0.41	10.89	10.00	6.00
FLORACION	40 Dias							
		4.82	48.20	64.27	0.41	10.89	10.00	6.00
MADURACION A COSECHA	35 Dias							
		4.82	48.20	64.27	0.41	10.89	10.00	6.00

Fuente : Elaboración Propia

De los cuadros (04.49,50 y 51), se ha ajustado la frecuencia de riego y los tiempos de aplicación de agua por posición del lateral de riego, y que la programación de riego provea la cantidad de agua apropiada sin generar el stress hídrico o generar saturación de agua, por tal motivo la programación de riego se reajustara al cultivo de mayor incidencia (Alfalfa).

4.3.7.2. Frecuencia de Riego.- La Frecuencia de riego se medirá en días transcurridos de un riego a otro, para lo cual vamos a calendarizar los turnos de riego para cada sector de riego, la frecuencia de riego reajustado será al cultivo de mayor incidencia y por ser zona altamente pecuaria, en este caso para el cultivo de Alfalfa.

Cuadro Nro. 04.52. Frecuencia de riego por Cortes

FRECUENCIA	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
DIAS	10	10	10	10					10	10	10	10
PRIMER PERIODO DE CORTE DE ALFALFA												
SEGUNDO PERIODO DE CORTE DE ALFALFA												
TERCER PERIODO DE CORTE DE ALFALFA												
CUARTO PERIODO DE CORTE DE ALFALFA												

Fuente : Elaboración Propia

4.3.7.3. Tiempo de Riego.-El tiempo de Aplicación de Agua a las parcelas depende de la lamina de riego a aplicar con respecto a la pluviometría del aspensor en este caso el tiempo de riego se distribuye según el periodo vegetativo del cultivo de alfalfa, se tendrá 2 posiciones de riego por día, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro Nro. 04.53. Tiempo y Posiciones de Aplicación de Agua

TIEMPO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
HORAS POSICION	5.00	6.00	6.00	5.00					6.00	5.00	6.00	6.00
PRIMERA POSICION	7: 00 am 12:00 m	6:30 am 12:30 pm	6:30 am 12:30 pm	7:00 am 12:00 m					6:30 am 12:30 pm	7:00 am 12:00 m	6:30 am 12:30 pm	6:30 am 12:30 pm
SEGUNDA POSICION	12:30 pm 5:30 pm	1:00 pm 7:00 pm	1:00 pm 7:00 pm	12:30 pm 5:30 pm					1:00 pm 7:00 pm	12:30 pm 5:30 pm	1:00 pm 7:00 pm	1:00 pm 7:00 pm

Fuente : Elaboración Propia

Figura Nro. 04.10. Distribución de Tiempo de Aplicación de Agua por Posición



Fuente : Elaboración Propia

En la etapa más sensible es la fase de crecimiento y floración, por lo tanto es la etapa en que se requiere de mayor cantidad de agua y el tiempo de aplicación son mayores, la etapa de emergencia en el cultivo de alfalfa es un periodo corto que va de 10 a 15 días promedio, por tal motivo se ajustara a un tiempo de aplicación de agua igual que los periodos de crecimiento y floración.

La etapa de maduración es la fase en el que se inicia los cortes del cultivo por lo que se requiere se agua con fines de mantener con grado humedad optimo al cultivo para que los tallos no se marchiten.

4.3.7.4. Evaluación de Coeficiente de Uniformidad.-El coeficiente de uniformidad se ha determinado en una parcela representativa, para lo cual el índice del grado de uniformidad obtenida para aspersores (según Christiansen) de cualquier tamaño, funcionando en ciertas condiciones que se conoce como coeficiente de uniformidad (Cu). Se calcula con datos referentes

a observaciones en el terreno o niveles que alcanza el agua en botes abiertos colocados a intervalos regulares dentro de un área sujeta a aspersión.

Cuadro Nro. 04.54. Prueba de coeficiente de uniformidad.

Nro de Envase	Alt. Lluv. (mm)	Media	Desviacion	Nro de Envase	Alt. Lluv. (mm)	Media	Desviacion	Nro de Envase	Alt. Lluv. (mm)	Media	Desviacion
1	15	15.18	0.18	16	18	15.18	2.82	31	11	15.18	4.18
2	14	15.18	1.18	17	16	15.18	0.82	32	15	15.18	0.18
3	15	15.18	0.18	18	14	15.18	1.18	33	17	15.18	1.82
4	18	15.18	2.82	19	13	15.18	2.18	34	17	15.18	1.82
5	12	15.18	3.18	20	13	15.18	2.18	35	19	15.18	3.82
6	17	15.18	1.82	21	15	15.18	0.18	36	12	15.18	3.18
7	15	15.18	0.18	22	16	15.18	0.82	37	12	15.18	3.18
8	13	15.18	2.18	23	19	15.18	3.82	38	14	15.18	1.18
9	15	15.18	0.18	24	15	15.18	0.18	39	10	15.18	5.18
10	19	15.18	3.82	25	12	15.18	3.18	40	16	15.18	0.82
11	20	15.18	4.82	26	13	15.18	2.18	41	17	15.18	1.82
12	15	15.18	0.18	27	17	15.18	1.82	42	14	15.18	1.18
13	13	15.18	2.18	28	18	15.18	2.82	43	12	15.18	3.18
14	17	15.18	1.82	29	18	15.18	2.82	44	16	15.18	0.82
15	17	15.18	1.82	30	16	15.18	0.82	45	13	15.18	2.18

Fuente : Elaboración Propia.

Resultados Obtenidos de la Prueba Representativa

- Numero de Embases Utilizados : 45.0
- Sumatoria de Desviaciones en Valores : 88.89
- Promedio de los Recipientes y/o Envases : 15.18
- Coefficiente de Uniformidad : 86.99 %**

Cuadro Nro. 04.55. Diseño del espaciamiento de aspersores y laterales.

Espaciamiento de Aspersores Ea	Ea =	9.0	ml
Espaciamiento de Laterales El	El =	15.0	ml
Pluviometría del Aspersor Pp	Pp =	10.89	mm / h
Presión de 1er Aspersor	Po =	3.34	Atm
Presión de Ultimo Aspersor	Po =	3.10	Atm
Presión Nominal	Po =	3.20	Atm
Caudal del aspersor	qa =	0.41	Lts /seg
Diámetro Alcance de Chorro	D =	30.0	ml

Fuente : Elaboración Propia.

4.3.7.5. Presiones de Operación.-Las presiones medidas en campo son optimas, y se producen lluvias con una buena uniformidad de precipitación de los aspersores y el tamaño de las gotas de las lluvias son regulares.

Las presiones fueron medidas en el hidrante, específicamente en la válvula de acople rápido, con el instrumento llamado Manómetro.

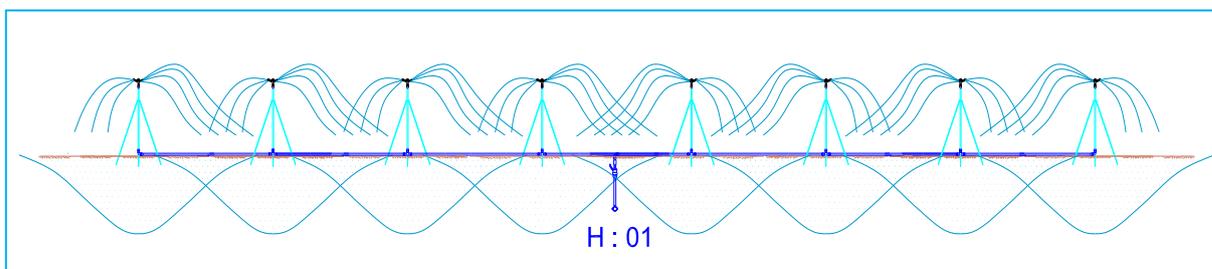
Cuadro Nro. 04.56. Presiones medidas en campo

DESCRIPCION	PRESION	MEDIDA	SECTOR DE RIEGO
H - 01	34.96	m H2O	Sector - 01
H - 30	32.39	m H2O	Sector - 01
H - 31	30.27	m H2O	Sector - 02
H - 66	30.53	m H2O	Sector - 02
H - 79	34.45	m H2O	Sector - 03
H - 102	32.02	m H2O	Sector - 03
H - 111	39.12	m H2O	Sector - 04
H - 138	32.76	m H2O	Sector - 04
H - 146	38.17	m H2O	Sector - 05
H - 174	35.84	m H2O	Sector - 05
H - 179	35.40	m H2O	Sector - 06
H - 196	35.37	m H2O	Sector - 06
H - 207	44.24	m H2O	Sector - 07
H - 242	36.33	m H2O	Sector - 07
H - 247	38.48	m H2O	Sector - 08
H - 278	31.11	m H2O	Sector - 08
H- 283	35.61	m H2O	Sector - 09
H - 314	31.64	m H2O	Sector - 09
H - 323	33.36	m H2O	Sector - 10
H - 350	30.58	m H2O	Sector - 10
H - 361	30.39	m H2O	Sector - 10
PROM.	34.43	m H2O	Sector de Riego
MAX.	44.24	m H2O	Sector de Riego
MIN.	30.27	m H2O	Sector de Riego
DESVEST.	3.56		Sector de Riego

Fuente : Elaboración Propia

4.3.7.6. Modelo de Aplicación.-El perfil de aplicación de agua de los aspersores será de la siguiente manera.

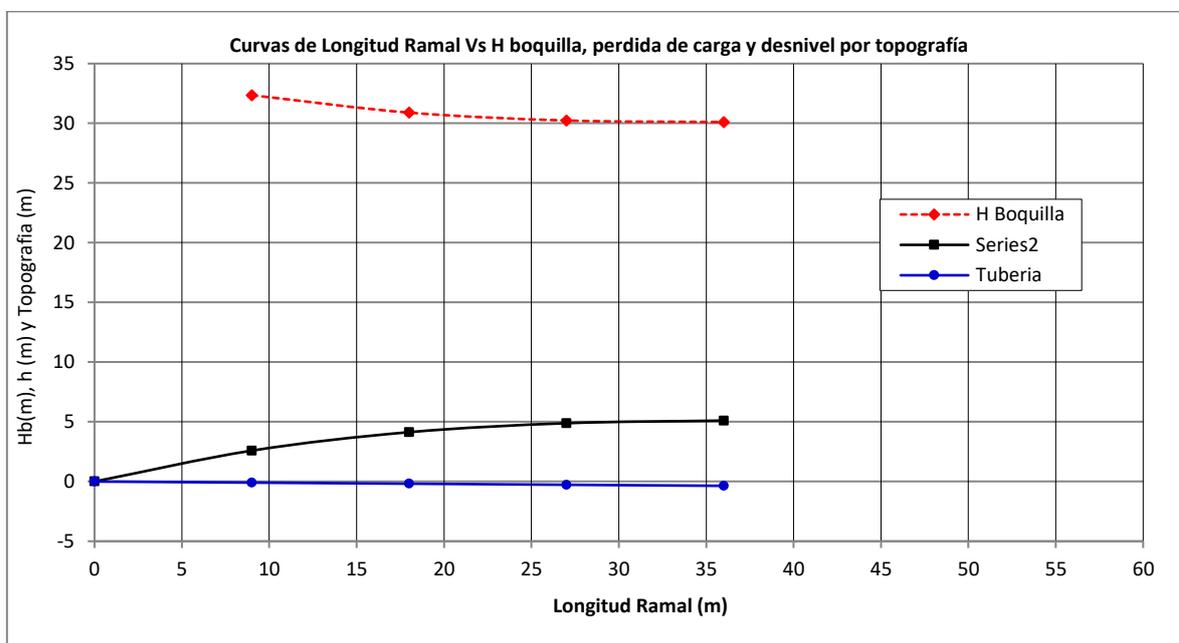
Figura Nro. 04.11. Primera posición de lateral de riego



Fuente : Elaboración Propia

En el gráfico mostrado se ilustra la primera posición de los laterales de riego, de cada hidrante se hará doble conexión de lateral de riego con 04 Aspersores cada lateral, esta metodología de aplicación de riego fue probada en campo y por lo tanto se recomienda.

Figura Nro. 04.12. Curvas de longitud vs boquilla, pérdida de carga



Fuente : Elaboración Propia

- Espaciamiento entre aspersor recomendado : 9.00 m.l.
- Espaciamiento entre lateral recomendado : 15.00 m.l.

- Pérdida de carga del 1ro al 4to aspersor : 5.11 m H₂O
- Lateral de riego debe ser instalado paralelo a las curvas de nivel ó con un desnivel de - 1.00 %, recomendado.

4.3.7.7. Distribución del Agua por Sectores de Riego.

Se formaron 10 Sectores de riego de acuerdo a los reajustes elaborados y la distribución del agua será por turnos de riego, según la frecuencia de riego. El riego empezara en el mes mayo.

a. Distribución Sector de Riego Nro 01.

Se simulara que el riego empezara el lunes 06 de mayo del año 2013, luego se vuelve a regar el día 16 de mayo una vez cumplido el ciclo de riego según la frecuencia de riego.

- La operación se inicia con el turno del sector de riego 01.
- Funcionaran 30 hidrantes o cajas de riego, con sus respectivos laterales de riego.
- Por cada Hidrante habrá 8 aspersores en operación simultánea, en total habrá 240 aspersores en operación simultánea, que cubrirán en regar el área del sector 01.
- El caudal circulante por la red principal será de 98.40 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El riego iniciara a las 6:30 am hasta las 12:30 m. (primera posición del lateral de riego), luego el tomero cerrara la válvula de control ubicado en la represa y la válvula de control al sector 01 por un lapso de 30 minutos para que los beneficiarios hagan el respectivo cambio de posición, luego se reiniciara la aplicación de riego a las 1:00 pm hasta las 7:00 pm. (segunda posición del lateral de riego).
- A las 7:00 pm en punto el tomero deberá cerrar las válvulas de control ubicados en la represa y la válvula de control al sector 01.

b. Distribución Sector de Riego Nro 02.

Se continúa el día 07 de mayo con el segundo turno de riego.

- Funcionaran 36 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.

- Habrá 288 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 02.
- El caudal circulante por la red principal será de 118.08 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

c. Distribución Sector de Riego Nro 03.

Se continúa el día 08 de mayo con tercer turno de riego.

- Funcionaran 36 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 288 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 03.
- El caudal circulante por la red principal será de 118.08 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

d. Distribución Sector de Riego Nro 04.

Se continúa el día 09 de mayo con el cuarto turno de riego.

- Funcionaran 36 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 288 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 04.
- El caudal circulante por la red principal será de 118.08 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

e. Distribución Sector de Riego Nro 05.

Se continúa el día 10 de mayo con el quinto turno de riego.

- Funcionaran 36 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 288 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 05.

- El caudal circulante por la red principal será de 118.08 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

f. Distribución Sector de Riego Nro 06.

Se continúa el día 11 de mayo con el sexto turno de riego.

- Funcionaran 32 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 256 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 06.
- El caudal circulante por la red principal será de 104.96 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

g. Distribución Sector de Riego Nro 07.

Se continúa el día 12 de mayo con el séptimo turno de riego.

- Funcionaran 36 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 288 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 07.
- El caudal circulante por la red principal será de 118.08 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

h. Distribución Sector de Riego Nro 08.

Se continúa el día 13 de mayo con el octavo turno de riego.

- Funcionaran 36 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 288 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 08.

- El caudal circulante por la red principal será de 118.08 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

i. Distribución Sector de Riego Nro 09.

Se continúa el día 14 de mayo con el noveno turno de riego.

- Funcionaran 36 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 288 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 09.
- El caudal circulante por la red principal será de 118.08 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

j. Distribución Sector de Riego Nro 10.

Se continúa el día 15 de mayo con el decimo y último turno de riego.

- Funcionaran 47 hidrantes, con sus respectivos laterales de riego.
- Habrá 376 aspersores en operación simultánea, que cubrirán el área del sector 10.
- El caudal circulante por la red principal será de 154.16 lts/seg. y serán distribuidos según la demanda por aspersor para cada porta lateral.
- El esquema de operación es similar al del sector 01, en cuanto a la manipulación de las válvulas.

4.3.8. Rentabilidad del Proyecto con la Optimización del Recurso Hídrico

La Irrigación Huaccoto se encuentra en una zona de alto índice de producción pecuaria, en donde el principal fuente de ingreso es la venta de Leche, Queso y/o productos derivados y la carcasa de carne.

La municipalidad distrital de Orurillo tiene una planta procesadora en donde producen quesos y productos derivados de la leche, y se encuentra a una distancia promedio de 1,260.00 metros, los productores y/o usuarios de riego de la irrigación Huaccoto son los principales abastecedores de la materia prima (Leche) a la planta procesadora de Orurillo, el precio de venta por litro de leche en el año 2011 fue de s/. 1.00 nuevos soles, para el año 2012 se mantiene el precio venta.

La rentabilidad del proyecto de ha determinado para los costos de producción del cultivo de alfalfa y el costo de mantenimiento de crianza de ganado vacuno.

4.3.8.1. Rentabilidad del primer año.-La rentabilidad del proyecto riego existente a la fecha de evaluación es baja por qué no se está aplicando el agua como debe de ser y es por tal motivo que una hectárea solo soportaba 2 vacas y el periodo de lactancia solo es de 150 días. Cuando se aplique el riego según la programación duplicara la producción de leche en las vacas asimismo se ampliara el periodo de lactancia a 220 días y soportara a 4 vacas/Ha. En el primer año se incluye los costos de siembra del cultivo de alfalfa.

Cuadro Nro. 04.57. Rentabilidad de proyecto primer año

PERIODO	: PRIMER AÑO
CULTIVO	: ALFALFA DORMANTE W 350
PERIODO VEGETATIVO	: 90 DIAS
RESISTENCIA	: 2600 a 4200 m.s.n.m.

1.- COSTOS DE PRODUCCION DE ALFALFA	CANT.	P.U.	SUBTOTAL	UND
Costo de Siembra/ha	1.00	2000.00	2,000.00	Soles/Ha
Costos de Fertilizacion	1.00	1200.00	1,200.00	Soles/Ha
MANO DE OBRA	CANT.	JORNAL	SUBTOTAL	UND
Costos de Cosecha	10.00	30.00	300.00	Soles/Ha
COSTOS DE PRODUCCION DE CULTIVO ALFALFA			3,500.00	Soles/Ha

COSTOS DE CRIANZA DE VACUNOS	
RAZA	: BROW SUIZ
PERIODO DE LACTANCIA	: 220 DIAS
PRODUCCION DE LECHE - DIA	: 6.50 Litros/Vaca

2.- COSTOS DE MANTENIMIENTO	CANT.	P.U.	SUBTOTAL	UND
Costo de Mantenimiento 01 Vaca/Año	1.00	280.00	280.0	Soles/Vaca/Año
Vacas/Ha			4.00	Vacas/Ha
COSTOS DE MANTENIMIENTO VACA/Ha			1,120.00	Soles/Vacas/Ha

COSTOS DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO POR Ha/Año	4,620.00	Soles/Año/Ha
--	-----------------	---------------------

3.- BENEFICIO POR HA	CANT. (Lts)	P.U. (Litro)	SUBTOTAL	
Venta de Leche/Litro	6.50	1.00	6.50	Soles/Vaca/Dia
Numero de Vacas/Ha			4.00	Vacas/Ha
BENEFICIO/HA			26.00	Soles/dia/Ha
Periodo de Lactancia			220.00	Dias
COSTO DE BENEFICIO			5,720.00	Soles/Año/Ha

4.- GANANCIA (COSTO TOTAL DE PRODUCCION - COSTO DE BENEFICIO)	1,100.00	Soles/Año/Ha
--	-----------------	---------------------

5.- RENTABILIDAD PRIMER AÑO	1.24	BENEFICIO/COSTOS
------------------------------------	-------------	-------------------------

Fuente : Elaboración Propia

4.3.8.2. Rentabilidad del segundo al decimo año.-La rentabilidad partir del segundo año ya no se considera los costos de siembra por Ha, por que el cultivo de alfalfa tiene un periodo permanencia en el terreno de hasta 10 - 15 años dependiendo del manejo de cultivo al pastoreo y corte.

Cuadro Nro. 04.58. Rentabilidad de proyecto segundo al decimo año

PERIODO	: SEGUNDO AL DECIMO AÑO
CULTIVO	: ALFALFA DORMANTE W 350
PERIODO VEGETATIVO	: 90 DIAS
RESISTENCIA	: 2600 a 4200 m.s.n.m.

1.- COSTOS DE PRODUCCION DE ALFALFA	CANT.	P.U.	SUBTOTAL	UND
Costo de Siembra/ha	1.00	0.00	0.00	Soles/Ha
Costos de Fertilizacion	1.00	1200.00	1,200.00	Soles/Ha
MANO DE OBRA	CANT.	JORNAL	SUBTOTAL	UND
Costos de Cosecha	10.00	30.00	300.00	Soles/Ha
COSTOS DE PRODUCCION DE CULTIVO ALFALFA			1,500.00	Soles/Ha

COSTOS DE CRIANZA DE VACUNOS	
RAZA	: BROW SUIZ
PERIODO DE LACTANCIA	: 220 DIAS
PRODUCCION DE LECHE - DIA	: 6.50 Litros/Vaca

2.- COSTOS DE MANTENIMIENTO	CANT.	P.U.	SUBTOTAL	UND
Costo de Mantenimiento 01 Vaca/Año	1.00	280.00	280.0	Soles/Vaca/Año
Vacas/Ha			4.00	Vacas/Ha
COSTOS DE MANTENIMIENTO VACA/Ha			1,120.00	Soles/Vacas/Ha

COSTOS DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO POR Ha/Año	2,620.00	Soles/Año/Ha
--	-----------------	---------------------

3.- BENEFICIO POR HA	CANT. (Lts)	P.U. (Litro)	SUBTOTAL	
Venta de Leche/Litro	6.50	1.00	6.50	Soles/Vaca/Dia
Numero de Vacas/Ha			4.00	Vacas/Ha
BENEFICIO/HA			26.00	Soles/dia/Ha
Periodo de Lactancia			220.00	Dias
COSTO DE BENEFICIO			5,720.00	Soles/Año/Ha

4.- GANANCIA (COSTO TOTAL DE PRODUCCION - COSTO DE BENEFICIO)	3,100.00	Soles/Año/Ha
--	-----------------	---------------------

5.- RENTABILIDAD SEGUNDO AÑO	2.18	BENEFICIO/COSTOS
-------------------------------------	-------------	-------------------------

Fuente : Elaboración Propia

V. CONCLUSIONES.

- Según el diagnóstico del estado situacional actual de los aspectos sociales, se concluye que la organización de los usuarios de riego es buena, por que cumplen con las labores fijadas, faenas, reuniones citadas y tienen la voluntad de trabajar para mejorar la calidad de vida incrementando su productividad.
- El caudal disponible en la cabecera de riego, según el estudio hidrológico la represa Huaccoto almacenara un Volumen Útil de 1, 263,533.40 m³. Según se sustenta que las quebradas del sector serán las principales portantes de agua en las épocas de Avenidas, Transición y Estiaje.
- Las características del suelo que son de mayor incidencia y con gran aptitud en la Irrigación Huaccoto, según el triangulo textural, la clase textural predominante en el Área de la Irrigación es de Clase textural Franco, CC : 20.22 a 18.93 %, PMP : 10.12 a 9.47 %.
- La determinación de las pruebas de infiltración básica dentro del área de riego fueron desde 11.69 mm/hora hasta 12.87 mm/hora de infiltración básica. Estos datos obtenidos según las pruebas serán necesarios para verificar el tipo de aspersor que está siendo utilizado en la Irrigación Huaccoto.
- El cultivo con mayor incidencia es el Alfalfa, en base a este cultivo será programado el Riego, para lo cual la demanda de agua será considerado del cultivo base, y se ha calculado la lamina neta según a los estratos del suelo, en función a la fase vegetativo del cultivo en donde la profundidad radicular aumenta según el cultivo va desarrollando, la lamina es de 7.12 cm.
- El coeficiente de uniformidad determinado con el respectivo ajuste de los espaciamientos entre aspersores y entre laterales nos dio el resultado de una uniformidad de 86.99 %, este dato representa de que la uniformidad de aplicación de agua es buena.

- En la programación la frecuencia de riego reajustado será de 10.0 días y los tiempos de aplicación de agua por cada posición de los laterales de riego también fue reajustado a 6.0 horas en las fases de emergencia, crecimiento, floración y 5.0 horas en la fase de maduración y corte del cultivo alfalfa.
- El diseño de la propuesta metodológica fue elaborado a partir del diagnóstico del nivel organizacional de los usuarios de riego, la evaluación de la situación actual de la infraestructura de la irrigación, se ha determinado las características físicas e hídricas de los suelos, se ha determinado las necesidades de agua de los cultivos, se ha tomado en cuenta las condiciones climáticas de la zona en estudio, se ha tomado medidas de la evaporación (tanque evaporímetro clase A), se ha conjugado estos parámetros y se ha obtenido la programación de riego en la irrigación Huaccoto.
- Los sectores de riego se han diseñado en función a la frecuencia de riego y el esquema de la distribución de agua fue sectorizado en 10.0 sectores de riego.
- La validación de la programación de riego fue evaluada con las pruebas de coeficiente de uniformidad, presiones medidas de los aspersores en operación y la aplicación del diseño de distribución de agua por turnos de riego.
- El periodo de vegetativo de la alfalfa en la irrigación Huaccoto es de 90 a 100 días, por lo tanto se obtendrá tres cortes anuales de alfalfa con producciones de 30 TM/Ha por cada corte.
- La rentabilidad del proyecto de riego con una buena programación de riego por turnos incrementa la producción de leche y ayuda a mejorar la calidad de vida del poblador rural incrementando tus ingresos económicos.

VI. RECOMENDACIONES.

- La aplicación del presente trabajo de programar el riego, debe realizarse mediante un proceso de sensibilización a los usuarios de riego y así la distribución de agua sea con participación de los propios usuarios, porque son ellos quienes tienen que asumir la responsabilidad de mejorar u optimizar el recurso hídrico en cada periodo de riego.
- La irrigación Huaccoto requiere de dos tomeros remunerados para realizar los trabajos en los meses de riego, con el fin de ejecutar y llevar la programación del uso de agua, uno de los tomeros tiene que permanecer en la represa Huaccoto para abrir la válvula compuerta a inicio de cada riego y cerrar la válvula una vez terminada el ciclo de riego.
- En la etapa de la operación del riego se debe fortalecer las capacidades de los usuarios para que estén técnicamente aptos para operar y manejar el riego por aspersión, el personal técnico debe enseñar al usuario durante un periodo moderado, hasta que tenga la capacidad de instalar los equipos móviles, laterales de riego y de maniobrar correctamente las válvulas.
- La municipalidad distrital de Orurillo por medio de la oficina de infraestructura debe hacer un seguimiento a la operación técnica de la infraestructura de riego así como también a la gestión de la organización de riego, en lo que respecta a distribución del agua, turnos de riego, para asesorar a la organización de riego en el óptimo uso de la infraestructura de riego.
- Se recomienda la creación e implementación de una escuela de regantes con instructores seleccionados entre los regadores más hábiles y eficientes en el manejo del agua.
- Se recomienda la adquisición del tanque evaporímetro clase A, para medir la evaporación real en la irrigación Huaccoto y con fines de programar el riego.

- Para proyectos de nuevas instalaciones de sistema de riego por aspersión se deben de precisar bien los cálculos de la dosis, frecuencia y tiempos de riego, porque estos datos repercutirán directamente en la distribución de los turnos de riego.
- Para proyectos futuros se recomienda que en la etapa del planteamiento del esquema hidráulico se debe proyectar los sectores de riego y esto facilite el control de los turnos de riego por medio de válvulas de control.
- Se recomienda la aplicación de la propuesta metodológica de programación de riego, empleado para sistemas de riego por aspersión que tengan similares características de topografía, agro edafológicas y condiciones climáticas.

VII. BIBLIOGRAFIA.

1. BROEKS VAN DEN BERG, Alfons – CALDERON FARFAN, Lucio, 1996, “RIEGO POR ASPERSION EN LOS ANDES”, primera edición 1996 – IMA región Inka. Instituto del agua y del medio ambiente.
2. CALDERON FARFAN, Lucio - BROEKS VAN DEN BERG, Alfons, 2004. “Manual de Riego por Aspersión en los Andes”. Diseño y Operación Para Sistemas de Presurizado por Gravedad. Instituto de Manejo y Medio Ambiente – IMA. Cusco.
3. CARITAS DEL PERU, 2012, Publicación sobre el cultivo de Alfalfa dormante W350, elaborado por las tres Caritas Diocesanas de Puno, Juli y Ayaviri.
4. FUENTES YAGUE, José Luis, 2003, “Técnicas de Riego”, cuarta edición editorial MUNDI – PRENSA MADRID, 2003, Madrid – España, 483 páginas.
5. IGNACIO, G. Y BRIONES, G, 1997. Sistemas de Riego por Aspersión y Goteo. México: Editorial Trillas.
6. LUJANO, 2010. “Evaluación del coeficiente de uniformidad en el sistema de riego por aspersión cahualla – mañazo”. Facultad de Ingeniería Agrícola. UNA – Puno.
7. MASAL, 2002, “Manual Para el Diseño y Gestión de Sistemas de Riego por Aspersión en Laderas”
8. MONSALVE SAENZ, Germán, 1999, “Hidrología en la Ingeniería”, segunda edición, ALFAOMEGA Grupo Editor 1999 – Colombia, 359 páginas.
9. OLARTE HURTADO, Walter, 2003, “Diseño y Gestión de Sistemas de riego por Aspersión en laderas” Primera Edición, MASAL – Cusco, Talleres gráficos “DANNY’S GRAFF, Setiembre 2003”.
10. PROYECTO MASAL – ASOCIACIÓN KAUSAY, 2007, “Experiencia de optimización del agua en provincias altas del cusco”
11. RAMOS TAIPE, Cayo Leónidas, 2000, “Guía de Practicas de Hidrología” Primera Edición, Editorial Universitaria – PUBLIDRAT, La MOLINA – 2000, 90 páginas.
12. RAZURI, L., 1998, Manual de Riego por Aspersión., Mérida Venezuela C.I.D.I.A.T.
13. VILLON VEJAR, Máximo, 1982, “Riego por Aspersión” Publicación Nro. 106, Editorial PUBLIDRAT 1982.
14. SAAVEDRA DEL A. PABLO, Ingeniería y Gestión Sostenible de Regadíos – Comunidad de Regantes Campo de Cartagena.

ANEXOS

- **CALCULOS JUSTIFICATORIOS**
- **FOTOGRAFIAS**
- **PLANOS**

CALCULOS JUSTIFICATORIOS

CALCULO DE LA PRECIPITACION EFECTIVA

(Metodo de Water Power)

$$Pe = 5 \times 0.00 + 30 \times 0.95 + 55 \times 0.90 + 80 \times 0.82 + 105 \times 0.65 + 130 \times 0.45 + 155 \times 0.25 + \dots$$

$$Pe = AMI + (Pp - IPM) \% Pe$$

Calculos Realizados para hallar la precipitacion Efectiva

MES	Datos de Precipitación		Procesamiento de Datos Metodo Water Power			Resultado
	Pp (mm/mes)	AMI Menor Inmed.	AMI Acumulado	IPM Incremento de Precip. Menor	% Precip. Efect.	
ENE	119.70	83.00	83.00	105	0.45	89.62
FEB	96.60	66.75	66.75	80	0.65	77.54
MAR	113.90	83.00	83.00	105	0.45	87.01
ABR	25.10	0.00	0.00	5	0.95	19.10
MAY	6.84	0.00	0.00	5	0.95	1.75
JUN	5.64	0.00	0.00	5	0.95	0.61
JUL	2.01	0.00	0.00	0	0.00	0.00
AGO	9.29	0.00	0.00	5	0.95	4.08
SEP	14.09	0.00	0.00	5	0.95	8.63
OCT	22.60	0.00	0.00	5	0.95	16.72
NOV	55.90	46.25	46.25	55	0.82	46.99
DIC	95.36	66.75	66.75	80	0.65	76.73

Metodo de Water Power

Distribucion de la Precipitacion Efectiva		AMI	
Ipp	%Pe	Acumulado	Menor Inmed.
Incremento de Precipitac. (mm)	% Precipitación Efectiva		
5	0	0.00	
30	95	0.00	
55	90	23.75	
80	82	46.25	
105	65	66.75	
130	45	83.00	
155	25	94.25	
> 155	5	100.50	

Precipitacion Media Mensual al 75% de Probabilidad

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pp 75% (mm/mes)	119.70	96.60	113.90	25.10	6.84	5.64	2.01	9.29	14.09	22.60	55.90	95.36

Precipitacion Efectiva Estimada (Pe) - Water Power

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pe (mm/mes)	89.62	77.54	87.01	19.10	1.75	0.61	0.00	4.08	8.63	16.72	46.99	76.73
Pe (mm/dia)	2.89	2.77	2.81	0.64	0.06	0.02	0.00	0.13	0.29	0.54	1.57	2.48

FUENTE: ELABORACION PROPIA

CUADRO DE INFORMACION METEOROLOGICA

FUENTE: SERVICIO NACIONAL DE METEREOLOGIA E HIDROLOGIA

INFORMACION GEOGRAFICA :

LATITUD : 14 ° 41 ' 24.4 " SUR

LONGITUD : 70 ° 01 ' 24.7 " OESTE

ALTITUD : 3980 hasta 4500 m.s.n.m.

INFORMACION METEREologica PROMEDIO MENSUAL:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura												
Maxima °C	16.00	16.00	16.10	16.30	16.00	15.40	15.50	16.50	17.10	17.90	18.00	17.00
Minima °C	2.40	2.50	2.00	-0.60	-5.50	-9.00	-9.90	-8.00	-4.00	-1.80	-0.40	1.20
Media °C	9.10	9.10	9.00	7.80	5.10	3.30	2.90	4.50	6.50	8.10	8.70	9.10
Precipitación Media (mm)	153.76	128.13	129.83	50.71	6.84	5.64	2.01	9.29	14.09	50.86	70.13	118.72
Humedad Relativa %	67.30	67.50	66.10	62.10	56.90	53.40	51.80	52.10	54.10	57.60	57.60	62.30
Veloc. Viento (m/s)	3.44	3.58	3.55	3.72	3.45	4.52	4.53	4.55	5.55	5.98	5.62	4.04
Horas de Sol (horas)	5.20	5.60	5.90	7.00	8.80	8.80	9.20	9.10	8.20	7.50	7.00	6.10
Evaporacion (mm)	127.90	108.65	128.75	137.25	152.50	147.70	151.40	152.25	140.35	150.95	142.80	121.35

FUENTE: SENAMHI PUNO

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL METODO TANQUE TIPO "A"

DEPARTAMENTO : PUNO
 CUENCA : RAMIS
 CODIGO : CP - 114040
 ESTACION : PROGRESO

LATITUD : 14°41'24.4"
 LONG. : 70°01'24.7"
 ALTITUD : 3980

DPTO : PUNO
 PROV : AZANGARO
 DIST : ASILLO

Nº	CONCEPTO	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	EVAPORACION LIBRE DEL TANQUE CLASE A	Eo	127.90	108.65	128.75	137.25	152.50	147.70	151.40	152.25	140.35	150.95	142.80	121.35
2	COEFICIENTE EMPIRICO DEL TANQUE	Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm/mes)	Ev	102.32	86.92	103.00	109.80	122.00	118.16	121.12	121.80	112.28	120.76	114.24	97.08
4	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm/día)	ETP	3.30	3.10	3.32	3.66	3.94	3.94	4.04	3.93	3.74	3.90	3.81	3.13

$$ET_o (max) = 4.04 \text{ mm/día}$$

$$ET_o = EV = E_o * K_t$$

Donde :

Ev : Evapotranspiración Potencial o de referencia (mm/día).

Eo : Evaporación libre de tanque clase "A" en (mm/día).

Kt : Coeficiente del tanque evaporímetro.

Determinación del coeficiente del tanque evaporímetro; ϵ

En la estación Puno, el tanque evaporímetro está situada en sobre una superficie cultivada, en consecuencia se encuentra en el CASO A:

Humedad relativa: 49.7 %à MEDIA

Velocidad del viento: 2.6 m/sà MODERADA

Distancia del cultivo a barfovento: 100 m. o mas

FUENTE: ELABORACION PROPIA

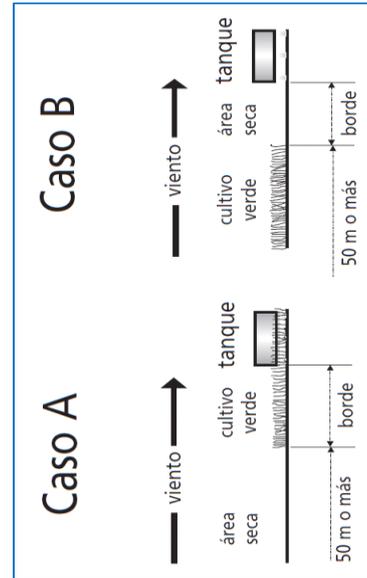
CUADRO 5

Coefficientes del tanque evaporímetro (ϵ) para el tanque Clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa (Serie FAO Riego y drenaje No. 24)

Tanque Clase A HR media	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada			Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo		
	baja < 40	media 40-70	alta > 70	baja < 40	media 40-70	alta > 70
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Distancia del cultivo a barfovento (m)			Distancia del barfovento a barfovento (m)		
Baja < 2	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000
Moderada 2-5	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000
Alta 5-8	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000
Muy alta > 8	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000	1 10 100 1 000

FIGURA 19

Dos casos de localización del tanque de evaporación y sus alrededores



CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA DE LA IRRIGACION HUACCOTO

Nº	CONCEPTO	UND	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1	Coefficiente : Kc		1.050	0.810	1.000	0.980	0.943	1.148	0.968	0.896	1.150	1.050	0.900	1.150
2	Area de Cultivo	Hás	150.00	194.20	202.00	202.00	202.00	202.00	202.00	159.10	75.00	75.00	150.00	150.00
3	Evapotranspiración Potencial (ETP)	mm/mes	112.28	120.76	114.24	97.08	102.32	86.92	103.00	109.80	122.00	118.16	121.12	121.80
4	Evapotranspiración Real (ETR =Kc*ETP)	mm/mes	117.89	97.79	114.19	95.15	96.52	99.81	99.74	98.37	140.30	124.07	109.01	140.07
5	Precipitación Media (Pm)	mm/mes	14.09	50.86	70.13	118.72	153.76	128.13	129.83	50.71	6.84	5.64	2.01	9.29
6	Precipitación Efectiva (PPef)	mm/mes	8.63	16.72	46.99	76.73	89.62	77.54	87.01	19.10	1.75	0.61	0.00	4.08
7	Lámina de Riego Neta (LRN= ETR-PPef)	mm/mes	109.26	81.07	67.21	18.42	6.90	22.27	12.73	79.28	138.55	123.46	109.01	135.99
8	Eficiencia de Riego (Efr)	%	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
9	Lámina de Riego Bruta (LRB=LRN/Efr)	mm/mes	145.68	108.10	89.61	24.56	9.21	29.70	16.98	105.70	184.73	164.62	145.34	181.32
10	Lámina de Riego Bruta (LRB=LRN/Efr)	mm/día	4.86	3.49	2.99	0.79	0.30	1.06	0.55	3.52	5.96	5.49	4.84	5.85
11	Volumen de Agua/há	M3/Há	1457	1081	896	246	92	297	170	1057	1847	1646	1453	1813
12	Días del Mes	Días	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	30	31
13	Módulo de Riego (24 horas)	Lt/seg/há	0.56	0.40	0.35	0.09	0.03	0.12	0.06	0.41	0.69	0.64	0.56	0.68
18	Módulo de Riego (12 horas)	Lt/seg/há	1.12	0.81	0.69	0.18	0.07	0.25	0.13	0.82	1.38	1.27	1.12	1.35
19	Requerimiento Total Caudal (C) 24 h	m3/seg	0.0843	0.0784	0.0698	0.0185	0.0069	0.0248	0.0128	0.0649	0.0517	0.0476	0.0841	0.1015
	Requerimiento Total Volumen (24 horas)	M3	14567.90	13543.20	12067.49	3200.26					8938.94	8230.46	14534.21	17547.84
	Requerimiento Total Volumen Por Mes (Vt)	MM3	0.2185	0.2099	0.1810	0.0496					0.1386	0.1235	0.2180	0.2720
	Requerimiento Total Volumen Por Mes (Vt)	M3	218522	209926	181009	49610					138550	123462	218016	271986

BALANCE HIDRICO DEL PROYECTO

Nº	CONCEPTO	UND	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1	Demanda del Caudal en la Irrigacion Huaccoto (Q)	l/s	169	157	140	37					103	95	168	203
2	Descarga Regulado de la Represa Huaccoto	l/s	170.00	160.00	160.00	170.00	100.00	100.00	100.00	100.00	110.00	100.00	170.00	210.00
3	Balance Hidrico	l/s	1.39	3.25	20.33	132.96	100.00	100.00	100.00	100.00	6.54	4.74	1.78	6.90

FUENTE: ELABORACION PROPIA

EVAPORACION PROMEDIO SEMANAL (mm/día)

DEPARTAMENTO : PUNO DPTO : PUNO
 CUENCA : RAMIS PROV : AZANGARO
 CODIGO : CO - 114040 ALTITUD : 3980 DIST : ASILLO
 ESTACION : PROGRESO

Nº	DESCRIPCION	UND	ENERO							FEBRERO							MARZO		
			Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Sem 06	Sem 07	Sem 08	Sem 09	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13				
1	EVAPORACION DEL TANQUE CLASE A	Eo	4.06	4.13	4.55	3.54	4.59	3.69	3.72	3.76	3.38	3.98	4.21	4.19	4.39				
2	COEFICIENTE DE CORRECCION DEL TANQUE	Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80				
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	Eto	3.25	3.30	3.64	2.83	3.67	2.95	2.98	3.01	2.70	3.18	3.37	3.35	3.51				

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Nº	DESCRIPCION	UND	ABRIL							MAYO							JUNIO		
			Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 20	Sem 21	Sem 22	Sem 23	Sem 24	Sem 25	Sem 26				
1	EVAPORACION DEL TANQUE CLASE A	Eo	4.54	4.31	4.59	4.74	4.81	4.84	5.07	4.88	5.05	4.94	4.83	4.92	4.99				
2	COEFICIENTE DE CORRECCION DEL TANQUE	Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80				
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	Eto	3.63	3.45	3.67	3.79	3.85	3.87	4.06	3.90	4.04	3.95	3.86	3.94	3.99				

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Nº	DESCRIPCION	UND	JULIO							AGOSTO							SEPTIEMBRE		
			Sem 27	Sem 28	Sem 29	Sem 30	Sem 31	Sem 32	Sem 33	Sem 34	Sem 35	Sem 36	Sem 37	Sem 38	Sem 39				
1	EVAPORACION DEL TANQUE CLASE A	Eo	4.59	4.95	5.05	5.00	4.71	4.94	4.96	4.94	4.90	4.81	4.51	4.61	4.75				
2	COEFICIENTE DE CORRECCION DEL TANQUE	Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70				
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	Eto	3.67	3.96	4.04	4.00	3.77	3.95	3.97	3.92	3.97	3.37	3.16	3.23	3.33				

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Nº	DESCRIPCION	UND	OCTUBRE							NOVIEMBRE							DICIEMBRE		
			Sem 40	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Sem 49	Sem 50	Sem 51	Sem 52				
1	EVAPORACION DEL TANQUE CLASE A	Eo	4.69	4.77	5.02	5.01	4.86	4.75	5.01	4.53	4.75	4.34	3.72	3.60	3.84				
2	COEFICIENTE DE CORRECCION DEL TANQUE	Kt	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80				
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	Eto	3.75	3.82	4.02	4.01	3.89	3.80	4.01	3.62	3.80	3.47	2.98	2.88	3.07				

FUENTE: ELABORACION PROPIA

CALCULO DE LA LAMINA NETA SEGÚN COEFICIENTES HIDRICOS

"Ln" PARA EL CULTIVO: **ALFALFA**

Profundidad Raiz PR : **ALFALFA**
PR = 0.90 hasta 1.50 m

PR = 1.20 m Promedio

Agotamiento de la HFU **ALFALFA**
HFU = 0.55 %

$$Ln = HFU \times \frac{(CC\% - PM\%)}{100} \times Da \times PR$$

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm3)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
30 - 60 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
60 - 90 cm	18.93	9.47	1.15	30	1.80
90 - 120 cm	18.93	9.47	1.15	30	1.80
LAMINA NETA (cm)				Ln (cm) = 7.12	

Lamina Neta (Ln) **Ln = 71.23 mm**

Eficiencia de Riego **Er = 75 %**

Lamina Real (Lr): **Lr = 94.97 mm**

FUENTE: ELABORACION PROPIA

CALCULO DE LA LAMINA NETA SEGÚN COEFICIENTES HIDRICOS

"Ln" PARA EL CULTIVO: **AVENA FORRAJERA**

Profundidad Raiz PR : **AVENA FORRAJERA**
PR = 0.30 hasta 1.20 m

PR = 0.75 m Promedio

Agotamiento de la HFU **AVENA FORRAJERA**

HFU = 0.55 %

$$Ln = HFU \times \frac{(CC\% - PM\%)}{100} \times Da \times PR$$

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm3)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
30 - 60 cm	20.22	10.12	1.06	30	1.77
60 - 75 cm	18.93	9.47	1.15	15	0.90
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)				Ln (cm) = 4.43	

Lamina Neta (Ln) **Ln = 44.30 mm**

Eficiencia de Riego **Er = 75 %**

Lamina Real (Lr): **Lr = 59.07 mm**

FUENTE: ELABORACION PROPIA

DETERMINACION DE LA LAMINA DE REPOSICION DE LOS CULTIVOS

CALCULO DE LA LAMINA NETA SEGÚN COEFICIENTES HIDRICOS

"Ln" PARA EL CULTIVO: PAPA

Profundidad Raiz PR : PAPA
PR = 0.30 hasta 0.75 m

PR = 0.53 m Promedio

Agotamiento de la HFU PAPA
HFU = 0.25 %

$$Ln = HFU \times \frac{(CC\% - PM\%)}{100} \times Da \times PR$$

Estratos del Suelo	DATOS DE SUELO			PR (cm)	Ln (cm)
	C.C. (%)	P.M. (%)	Da (gr/cm3)		
0 - 30 cm	20.22	10.12	1.06	30	0.80
30 - 53 cm	20.22	10.12	1.06	22.5	0.60
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
0 - 0 cm	18.93	9.47	1.15	0	0
LAMINA NETA (cm)				Ln (cm) = 1.41	

Lamina Neta (Ln) Ln = 14.05 mm

Eficiencia de Riego Er = 75 %

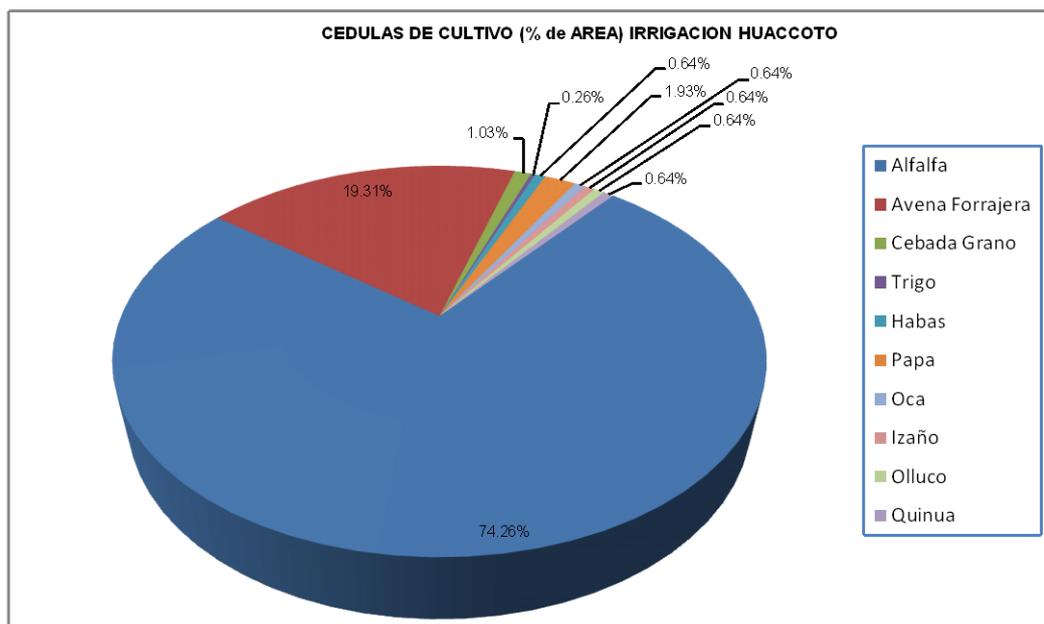
Lamina Real (Lr): Lr = 18.74 mm

FUENTE: ELABORACION PROPIA

USO ACTUAL DE LA TIERRA Y CEDULAS DE CULTIVO

CULTIVO	AREA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Alfalfa	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
Avena Forrajera	39.00	39.00	39.00	39.00							39.00	39.00	39.00
Cebada Grano	2.08	2.08	2.08	2.08							2.08	2.08	2.08
Trigo	0.52	0.52	0.52	0.52							0.52	0.52	0.52
Habas	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30						1.30	1.30	1.30
Papa	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90							3.90	3.90
Oca	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30
Izaño	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30
Olluco	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30
Quinua	1.30	1.30	1.30	1.30							1.30	1.30	1.30
AREA MENSUAL	202.00	202.00	202.00	202.00	159.10	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	194.20	202.00	202.00

En la mayor parte de los bloques de riego de la microcuenca del río Huaccoto, las tierras agrícolas son trabajadas en parcelas familiares muy fraccionadas y cuya producción agrícola generalmente es de usufructo familiar. En la actualidad según el Plan de Cultivo de Riego (PCR) de los últimos años, la cedula de cultivo esta compuesto en la mayor parte por pasturas las cuales llegan a cubrir entre el 75 a 90% de las áreas bajo Riego.



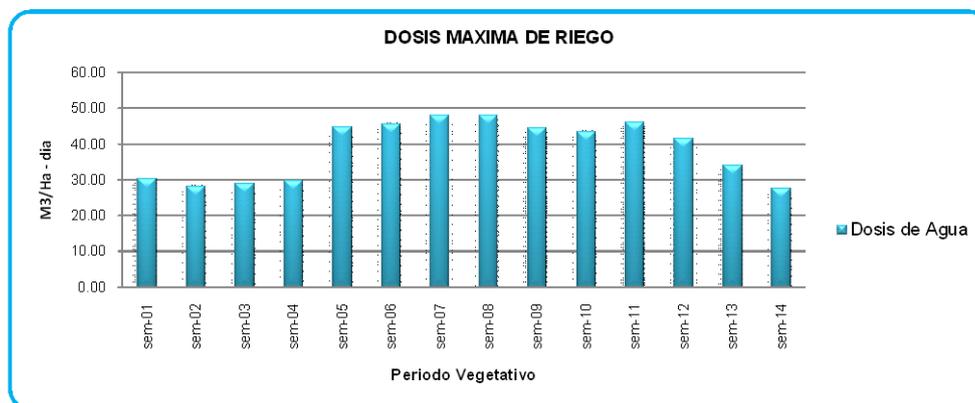
FUENTE: ELABORACION PROPIA

PROGRAMACION DE RIEGO - ALFALFA

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		PROGRAMACION DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/dia	mm	mm	m3/Ha-dia	mm/hora	Lt/Seg.	Dias	Horas
EMERGENCIA	20 DIAS	sem-01	0.90	3.03	17.66	23.55	30.29	10.89	0.41	5.00	2.16
		sem-02	0.90	2.84	17.66	23.55	28.40	10.89	0.41	6.00	2.16
		sem-03	0.90	2.91	17.66	23.55	29.07	10.89	0.41	6.00	2.16
CRECIMIENTO	30 DIAS	sem-04	0.90	2.99	35.33	47.11	29.93	10.89	0.41	11.00	4.33
		sem-05	1.20	4.50	35.33	47.11	44.98	10.89	0.41	7.00	4.33
		sem-06	1.20	4.58	35.33	47.11	45.81	10.89	0.41	7.00	4.33
		sem-07	1.20	4.82	35.33	47.11	48.21	10.89	0.41	7.00	4.33
FLORACION	25 DIAS	sem-08	1.20	4.81	53.28	71.04	48.14	10.89	0.41	11.00	6.52
		sem-09	1.15	4.48	53.28	71.04	44.75	10.89	0.41	11.00	6.52
		sem-10	1.15	4.37	53.28	71.04	43.70	10.89	0.41	12.00	6.52
		sem-11	1.15	4.61	53.28	71.04	46.13	10.89	0.41	11.00	6.52
MADURACION A COSECHA	25 DIAS	sem-12	1.15	4.17	71.23	94.97	41.66	10.89	0.41	17.00	8.72
		sem-13	0.90	3.42	71.23	94.97	34.20	10.89	0.41	20.00	8.72
		sem-14	0.90	2.76	71.23	94.97	27.64	10.89	0.41	25.00	8.72

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANALISIS VISUAL GRAFICO DE LA DOSIS MAXIMA DE RIEGO POR PERIODO VEGETATIVO



FUENTE: ELABORACION PROPIA

PROGRAMACION DE RIEGO - ALFALFA - REAJUSTADO

FASE	PERIODO VEGETATIVO	DEMANDA DE CULTIVO			CARACT. ASPERSOR		PROGRAM. DE RIEGO	
		Ln Diaria	Ln	Lb	Q (Asp.)	Pp Emisor	FR	TR
		mm/dia	mm	mm	Lt/Seg.	mm/hora	Dias	Horas
EMERGENCIA	20 Dias							
		3.03	30.29	40.38	0.41	10.89	10.00	6.00
CRECIMIENTO	30 Dias							
		4.82	48.21	64.27	0.41	10.89	10.00	6.00
FLORACION	25 Dias							
		4.81	48.14	64.18	0.41	10.89	10.00	6.00
MADURACION A COSECHA	25 Dias							
		4.17	41.66	55.55	0.41	10.89	10.00	5.00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**ANALISIS VISUAL GRAFICO DEL TIEMPO DE RIEGO POR PERIODO VEGETATIVO
(TIEMPO DE APLICACIÓN DE RIEGO POR POSICIÓN DE LINEA DE RIEGO MOVIL)**



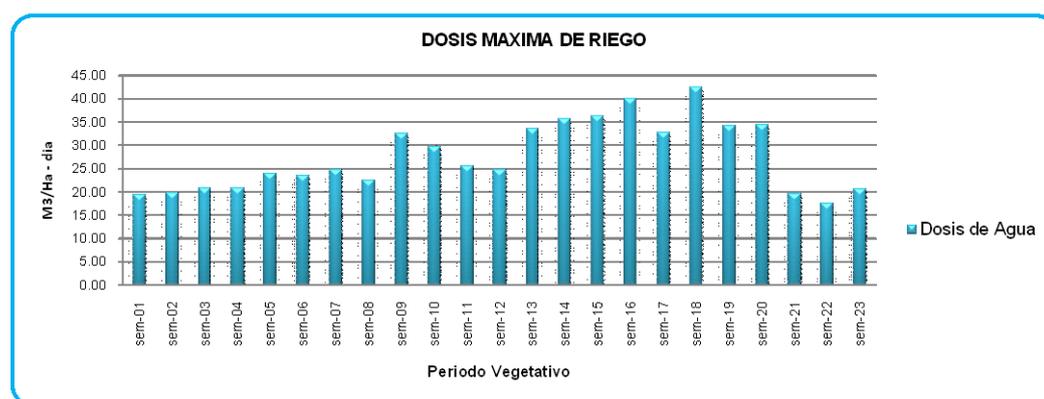
FUENTE: ELABORACION PROPIA

PROGRAMACION DE RIEGO - AVENA FORRAJERA

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/dia	mm	mm	m3/Ha-dia	mm/hora	Lt/Seg.	Dias	Horas
EMERGENCIA	20 DIAS	sem-01	0.52	1.95	17.66	23.55	19.49	10.89	0.41	9.00	2.16
		sem-02	0.52	1.98	17.66	23.55	19.85	10.89	0.41	8.00	2.16
		sem-03	0.52	2.09	17.66	23.55	20.89	10.89	0.41	8.00	2.16
CRECIMIENTO	50 DIAS	sem-04	0.52	2.09	35.33	47.11	20.86	10.89	0.41	16.00	4.33
		sem-05	0.62	2.41	35.33	47.11	24.13	10.89	0.41	14.00	4.33
		sem-06	0.62	2.36	35.33	47.11	23.56	10.89	0.41	14.00	4.33
		sem-07	0.62	2.49	35.33	47.11	24.87	10.89	0.41	14.00	4.33
		sem-08	0.62	2.25	35.33	47.11	22.46	10.89	0.41	15.00	4.33
		sem-09	0.86	3.27	35.33	47.11	32.68	10.89	0.41	10.00	4.33
		sem-10	0.86	2.98	35.33	47.11	29.83	10.89	0.41	11.00	4.33
FLORACION	60 DIAS	sem-11	0.86	2.56	44.31	59.08	25.60	10.89	0.41	17.00	5.43
		sem-12	0.86	2.48	44.31	59.08	24.77	10.89	0.41	17.00	5.43
		sem-13	1.10	3.38	44.31	59.08	33.78	10.89	0.41	13.00	5.43
		sem-14	1.10	3.57	44.31	59.08	35.70	10.89	0.41	12.00	5.43
		sem-15	1.10	3.63	44.31	59.08	36.33	10.89	0.41	12.00	5.43
		sem-16	1.10	4.00	44.31	59.08	40.04	10.89	0.41	11.00	5.43
		sem-17	1.16	3.28	44.31	59.08	32.81	10.89	0.41	13.00	5.43
		sem-18	1.16	4.26	44.31	59.08	42.56	10.89	0.41	10.00	5.43
MADURACION A COSECHA	30 DIAS	sem-19	1.16	3.43	44.31	59.08	34.27	10.89	0.41	12.00	5.43
		sem-20	1.16	3.45	44.31	59.08	34.53	10.89	0.41	12.00	5.43
		sem-21	0.65	1.96	44.31	59.08	19.57	10.89	0.41	22.00	5.43
		sem-22	0.65	1.76	44.31	59.08	17.57	10.89	0.41	25.00	5.43
		sem-23	0.65	2.07	44.31	59.08	20.69	10.89	0.41	21.00	5.43

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANALISIS VISUAL GRAFICO DE LA DOSIS MAXIMA DE RIEGO POR PERIODO VEGETATIVO



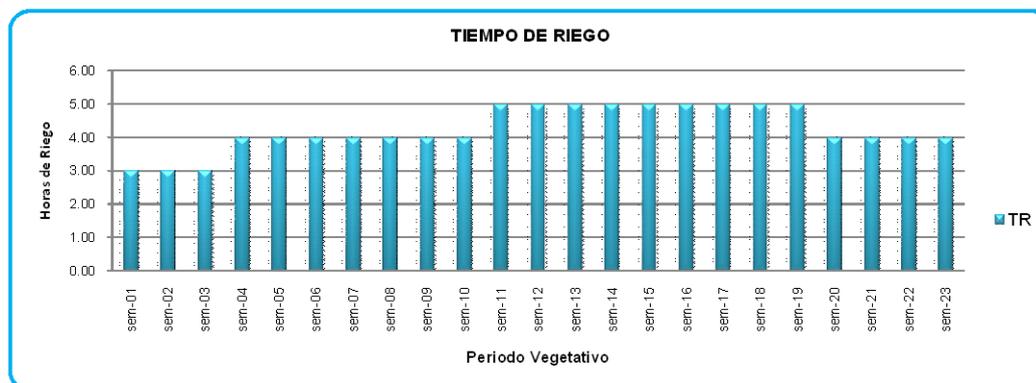
FUENTE: ELABORACION PROPIA

PROGRAMACION DE RIEGO - AVENA FORRAJERA - REAJUSTADO

FASE	PERIODO VEGETATIVO	DEMANDA DE CULTIVO			CARACT. ASPERSOR		PROGRAM. DE RIEGO	
		Ln Diaria	Ln	Lb	Q (Asp.)	Pp Emisor	FR	TR
		mm/dia	mm	mm	Lt/Seg.	mm/hora	Dias	Horas
EMERGENCIA	20 Dias							
		2.09	20.89	27.85	0.41	10.89	10.00	3.00
CRECIMIENTO	50 Dias							
		3.27	32.68	43.57	0.41	10.89	10.00	4.00
FLORACION	60 Dias							
		4.26	42.56	56.74	0.41	10.89	10.00	5.00
MADURACION A COSECHA	30 Dias							
		3.45	34.53	46.05	0.41	10.89	10.00	4.00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**ANALISIS VISUAL GRAFICO DEL TIEMPO DE RIEGO POR PERIODO VEGETATIVO
(TIEMPO DE APLICACIÓN DE RIEGO POR POSICIÓN DE LINEA DE RIEGO MOVIL)**

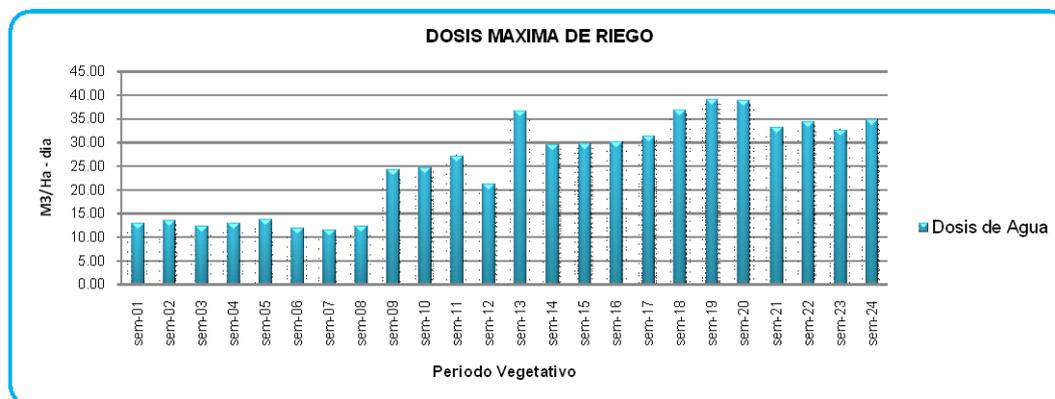


FUENTE: ELABORACION PROPIA

FASE	PERIODO VEGETATIVO		Kc	DEMANDA DE CULTIVO				CARACT. ASPERSOR		TIEMPO DE RIEGO	
				Cd	Ln	Lb	Dosis de Agua	Pp Emisor	Q(asp.)	FR	TR
				mm/día	mm	mm	m3/Ha-día	mm/hora	Lt/Seg.	Días	Horas
EMERGENCIA	45 DIAS	sem-01	0.34	1.29	8.03	10.71	12.92	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-02	0.34	1.36	8.03	10.71	13.64	10.89	0.41	5.00	0.98
		sem-03	0.34	1.23	8.03	10.71	12.32	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-04	0.34	1.29	8.03	10.71	12.92	10.89	0.41	6.00	0.98
		sem-05	0.40	1.39	8.03	10.71	13.87	10.89	0.41	5.00	0.98
		sem-06	0.40	1.19	8.03	10.71	11.91	10.89	0.41	6.00	0.98
CRECIMIENTO	30 DIAS	sem-07	0.40	1.15	14.05	18.73	11.52	10.89	0.41	12.00	1.72
		sem-08	0.40	1.23	14.05	18.73	12.28	10.89	0.41	11.00	1.72
		sem-09	0.75	2.43	14.05	18.73	24.34	10.89	0.41	5.00	1.72
		sem-10	0.75	2.48	14.05	18.73	24.77	10.89	0.41	5.00	1.72
FLORACION	70 DIAS	sem-11	0.75	2.73	14.05	18.73	27.30	10.89	0.41	5.00	1.72
		sem-12	0.75	2.12	14.05	18.73	21.21	10.89	0.41	6.00	1.72
		sem-13	1.00	3.67	14.05	18.73	36.69	10.89	0.41	3.00	1.72
		sem-14	1.00	2.95	14.05	18.73	29.54	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-15	1.00	2.98	14.05	18.73	29.77	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-16	1.00	3.01	14.05	18.73	30.11	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-17	1.16	3.14	14.05	18.73	31.35	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-18	1.16	3.69	14.05	18.73	36.92	10.89	0.41	3.00	1.72
		sem-19	1.16	3.91	14.05	18.73	39.11	10.89	0.41	3.00	1.72
		sem-20	1.16	3.89	14.05	18.73	38.91	10.89	0.41	3.00	1.72
MADURACION A COSECHA	25 DIAS	sem-21	0.95	3.33	14.05	18.73	33.33	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-22	0.95	3.45	14.05	18.73	34.47	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-23	0.95	3.27	14.05	18.73	32.73	10.89	0.41	4.00	1.72
		sem-24	0.95	3.49	14.05	18.73	34.85	10.89	0.41	4.00	1.72

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANALISIS VISUAL GRAFICO DE LA DOSIS MAXIMA DE RIEGO POR PERIODO VEGETATIVO



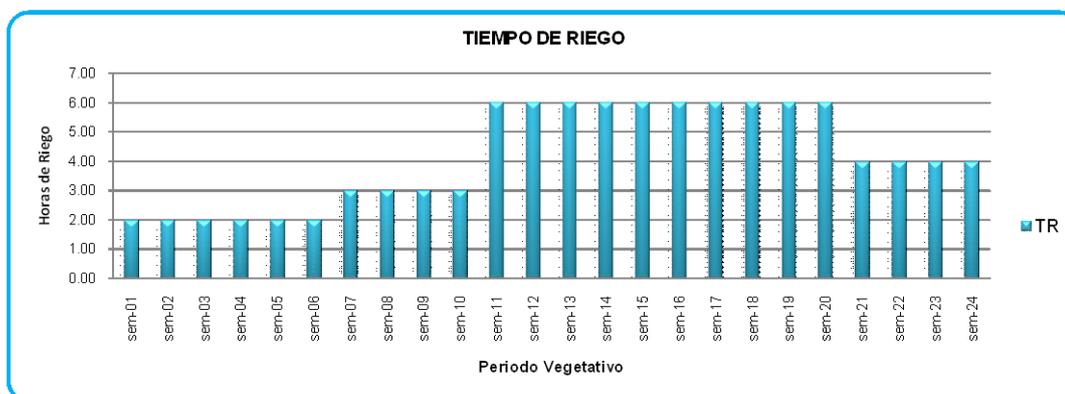
FUENTE: ELABORACION PROPIA

PROGRAMACION DE RIEGO - PAPA - REAJUSTADO

FASE	PERIODO VEGETATIVO	DEMANDA DE CULTIVO			CARACT. ASPERSOR		PROGRAM. DE RIEGO	
		Ln Diaria	Ln	Lb	Q (Asp.)	Pp Emisor	FR	TR
		mm/dia	mm	mm	Lt/Seg.	mm/hora	Dias	Horas
EMERGENCIA	45 Dias							
		1.61	16.06	21.41	0.41	10.89	10.00	2.00
CRECIMIENTO	30 Dias							
		2.81	28.10	37.47	0.41	10.89	10.00	3.00
FLORACION	70 Dias							
		4.68	46.83	62.44	0.41	10.89	10.00	6.00
MADURACION A COSECHA	25 Dias							
		3.51	35.13	46.83	0.41	10.89	10.00	4.00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANALISIS VISUAL GRAFICO DEL TIEMPO DE RIEGO POR PERIODO VEGETATIVO
(TIEMPO DE APLICACIÓN DE RIEGO POR POSICIÓN DE LINEA DE RIEGO MOVIL)



FUENTE: ELABORACION PROPIA



VISTA: Espejo de agua del almacenamiento de la represa Huaccoto



VISTA: Cuerpo de la represa Huaccoto



VISTA: Prueba de infiltración método cilindros infiltrómetros



VISTA: Laterales de riego en prueba (cultivo alfalfa)



VISTA: Laterales de riego en prueba (cultivo alfalfa)



VISTA: Muestreo de suelos y se observa el cultivo predominante (alfalfa)