

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN
FUNCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN LA
COMUNIDAD DE URPAYPAMPA – 2016**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRICOLA

PRESENTADO POR:

EDISON PALOMINO HUAMANI

AYACUCHO – PERÚ

2016

DEDICATORIA

Gracias a ti Señor, porque hiciste realidad este sueño, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mis estudios.

Gracias por todo papá y mamá por apoyarme en tener una excelente formación profesional, este trabajo simboliza mi gratitud por todo el cariño, apoyo y confianza que permitieron cumplir una de mis metas, la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanas, quienes han vivido de cerca las distintas etapas de mi vida, con quienes he compartido gratos momentos.

A mi esposa, quien con su apoyo incondicional forjo la consecuencia de esta meta, a mi hija Mariana Mileth por su amor y comprensión, a toda la familia que siempre me alentó.

AGRADECIMIENTO

A nuestra casa de estudios la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA, por haberme acogido para mi formación profesional y personal, aportándome conocimiento inculcados en el desarrollo de nuestra región.

A la FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS y en especial a la ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA, a los docentes por su tiempo y paciencia que brindaron inculcando sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

Al Ingeniero Carlos Alberto Badajos Pillaca, por haberme dado la oportunidad de realizar el presente trabajo.

Al Ingeniero Carlos Augusto Castañeda Esquen, por la orientación y apoyo brindado en la culminación del presente trabajo.

INDICE

	Pag.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE	iii
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCION	1
I. REVISION DE LITERATURA	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Sistema de riego	4
1.3 Sistema de riego presurizado	4
1.4 Ventajas y desventajas del sistema de Riego por Aspersión	5
1.5 Componentes de un sistema de riego por aspersión	6
1.5.1 Bocatoma o captación	6
1.5.2 Desarenador	6
1.5.3 Línea de conducción	6
1.5.4 Reservorio regulador / Cámara de carga	6
1.5.5 Red de distribución	7
1.5.6 Hidrante	7
1.5.7 Válvula de control	7
1.5.8 Válvula de aire	7
1.5.9 Línea de riego fijo, enterrado	8
1.5.10 Línea de riego móvil	8

1.5.11	Aspersores, tipo de aspersores, elección de aspersor, tuberías y accesorios.....	9
1.5.12	Aspersores no giratorios.....	9
1.5.13	Aspersores de giro completo.....	9
1.5.14	Aspersores de giro incompleto	11
1.6	Aspectos que se debe tomar en cuenta para diseñar nuestro sistema de Riego por Aspersión	11
1.7	Estudio topográfico para los sistemas de riego	13
1.8	Velocidad de infiltración	15
1.9	Diseño agronómico	16
1.9.1	Evapotranspiración potencial de referencia (ET _o)	17
a)	Métodos para determinar la evapotranspiración potencial (ET _o)	17
b)	Métodos indirectos empíricos para la determinación de la ET _o	18
c)	Método de Hargreaves	18
1.9.2	Coeficiente de cultivo (K _c).....	19
a)	Factor K _c Ponderado (K _c)	19
1.9.3	Evapotranspiración del cultivo (ET _c)	20
1.9.4	Precipitación efectiva (PE)	21
1.9.5	Demanda de agua (D _a)	21
1.9.6	Eficiencia de riego (E _r)	22
1.9.7	Demanda de agua del proyecto (D _p).....	22
1.9.8	Módulo de riego (MR).....	22
1.10	Diseño de redes en los sistemas de riego.....	23
1.10.1	Ubicación de los hidrantes	23
1.10.2	Trazado de la red	24
1.10.3	Determinación de los gastos circulantes por turno	24

1.10.4	Determinación de los diámetros de tubería	24
1.11	Diseño hidráulico	25
1.11.1	Diseño de las líneas de conducción, distribución	25
1.12	Programas de diseño para sistemas de riego	27
1.13	GestarCad	28
II.	MATERIAL Y METODOS	29
2.1	Descripción de la zona.....	29
2.1.1	Ubicación política	29
2.1.2	Ubicación geográfica.....	29
2.1.3	Ubicación del proyecto	30
2.1.4	Vías de acceso.....	31
2.1.5	Climatología	31
2.1.6	Recursos hídricos.....	32
2.2	Material.....	34
2.3	Métodos.....	35
2.3.1	Fase de campo	35
2.3.2	Fase de Gabinete.....	41
III.	RESULTADOS.....	63
3.1	Procesamiento de los datos recopilados en el campo (datos topográficos con estación total y GPS)	63
3.2	Análisis de agua	65
3.3	Análisis del suelo	65
3.4	Diseño Agronómico	65
3.4.1	Demanda de agua.....	66
3.4.2	Necesidades de riego.....	68
3.5	Numero de aspersores por parcela.....	69

3.6	Plano de distribución de aspersores y programación de turnos	69
3.7	Comportamiento Hidráulico	77
3.8	Presupuesto	79
IV.	DISCUSION	81
V.	CONCLUSIÓNES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1	CONCLUSIONES	83
5.2	RECOMENDACIONES.....	84
	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	85
	ANEXOS	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo	12
Tabla 2. Velocidad de infiltración básica de los suelos según su textura	16
Tabla 3. Valores de coeficiente de cultivo promedio Kc	20
Tabla 4. Porcentaje de la P.E para diversos incrementos de precipitación ..	21
Tabla 5. Valores C según Hazen Williams	26
Tabla 6. Vías de acceso a la zona del proyecto	31
Tabla 7. Resumen de datos climatológicos de la estación de Tambillo	43
Tabla 8. Factor de evapotranspiración potencial (MF) en mm por mes	45
Tabla 9. Precipitación efectiva al 75%	47
Tabla 10. Porcentaje de la P.E para diversos incrementos de precipitación	47
Tabla 11. Determinación del Kc ponderado	49
Tabla 12. Datos de suelo	55
Tabla 13. Datos de cultivo	56
Tabla 14. Datos de la fuente	56
Tabla 15. Características técnicas del aspersor	56
Tabla 16. Áreas de riego y beneficiarios de la comunidad de Urpaypampa .	64
Tabla 17. Calculo de la demanda de agua	67
Tabla 18. Resultados necesidades de riego de cada aspersor	68
Tabla 19. Numero de aspersores por parcela	69
Tabla 20. Resultado de tuberías (Alternativa I)	72
Tabla 21. Resultado de válvulas (Alternativa I)	72
Tabla 22. Resultado de tuberías (Alternativa II)	74
Tabla 23. Resultado de válvulas (Alternativa II)	74
Tabla 24. Resultado de tuberías (Alternativa III)	76
Tabla 25. Resultado de válvulas (Alternativa III)	76
Tabla 26. Comportamiento hidráulico de los elementos y nodos	78
Tabla 27. Resumen del presupuesto de la alternativa I	79
Tabla 28. Resumen del presupuesto de la alternativa II	80
Tabla 29. Resumen del presupuesto de la alternativa III	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de un sistema de riego por aspersión.....	8
Figura 2. Aspersor Xcel Wobbler (boquilla N°14 azul de 5.56mm).....	10
Figura 3. Aspersor Ibis boquilla de 5mm x 6mm	10
Figura 4. Mapa de ubicación del proyecto del proyecto de tesis	30
Figura 5. Vista panorámica del área del proyecto	32
Figura 6. Vista a través de imagen satelital de la fuente de agua	33
Figura 7. Situación actual de las obras existentes	35
Figura 8. Levantamiento topográfico de las obras existentes.....	36
Figura 9. Levantamiento topográfico de las áreas agrícolas	37
Figura 10. Parcelamiento de las áreas agrícolas con el GPS	38
Figura 11. Toma de muestra del suelo para su análisis físico del suelo.....	38
Figura 12. Toma de muestra del agua para su análisis químico	39
Figura 13. Comprobando la horizontalidad del cilindro con el nivel.....	40
Figura 14. Evaluación en campo de la infiltración del agua en el suelo	40
Figura 15. Validación de las áreas agrícolas por los beneficiarios	41
Figura 16. Algunas áreas agrícolas no coincidían con los nombres.....	42
Figura 17. Plano topográfico y parcelario.....	63
Figura 18. Plano de distribución de aspersores	70
Figura 19. Programación de turnos (Alternativa I).....	71
Figura 20. Programación de turnos (Alternativa II).....	73
Figura 21. Programación de turnos (Alternativa III).....	75

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Urpaypampa del distrito de Vinchos, Provincia de Huamanga, Región Ayacucho, Ubicado a 1:00 hora desde la Ciudad de Ayacucho.

El trabajo realizado estuvo marcado tanto en la fase de campo, que consistió en la recopilación de información, así como en la fase gabinete desde el procesamiento de los datos para obtener los resultados finales que nos permitió plantear tres alternativas para determinar el costo del proyecto de cada alternativa del sistema de riego por aspersión en función a la programación de riego

El área del presente trabajo tiene 86 parcelas que sumados hacen un total de 26.0 ha hectáreas, siendo los cultivos a instalar arveja, alfalfa que demanda un volumen de 1812.67 m³/ha en el mes de agosto, mes que presenta un volumen total, para las 26 ha, de 47129 m³ y un módulo de riego 0.68 lt /seg/ha.

El trabajo presenta un reservorio nocturno de 760 m³ de volumen, con caudal de ingreso de 17.60 lt/seg, y un caudal de descarga de 35.20 lt/seg,

En los laterales de riego, se utilizó dos modelos de aspersores teniendo en cuenta la presión de trabajo y el tipo de suelo. Aspersor Ibis (se ha considerado la boquilla de 5mm y 6mm, cuyo presión de trabajo varia de 30 m a 37m de columna de agua y un caudal de 1.18 lt/seg). Y el aspersor Xcel Wobbler (de boquilla 5.56 mm cuya presión de trabajo 8 m a 20 m de columna de agua y un caudal de descarga 0.27 a 0.43 lt/seg). De las cuales se cumple que la pluviometría del aspersor es menor que la velocidad de infiltración básica del suelo que tiene un valor de 16.11 mm/hr.

Este trabajo nos ha permitido realizar una programación de riego para cada una de estas alternativas planteadas utilizando los mismos parámetros de

riego para los dos aspersores, teniendo una frecuencia de riego de 7 días, 4 turnos por día, tiempo de riego por día de 3 horas.

La instalación del sistema de riego por aspersión tiene los siguientes componentes:

- Tendido de tubería principal y secundaria total es de 7780 ml (Tuberías matriz y secundaria de diámetros de, 1 1/2", 2", 3", 4", 6", 8", 10". PVC de clase 5, 7.5 y 10.
- Instalación de 36 de válvulas de control 36 válvulas de aire para las tres alternativas planteadas tanto en la red de tuberías principales y secundarias, de los diámetros de 2.5" 3" 4" 6" y 8" todas ellas cubiertas por una caja de concreto con su respectiva tapa metálica de seguridad.
- Instalación de 296 hidrantes riego.
- Instalación de 48 válvulas purgas de red de tuberías principal y secundaria en la (alternativa I). llevará válvula PVC de tipo bola, caja de concreto y tapa metálica de seguridad.

El presupuesto total de instalación del sistema de riego presurizado de cada alternativa planteada según la programación de Riego es de:

- S/. 666,397.76 nuevos soles (Alternativa I)
- S/. 691,244.21 nuevos soles (Alternativa II)
- S/. 714,161.03 nuevos soles (Alternativa III)

Palabras Claves: Diseño del sistema de riego aspersión, programación de riego.

INTRODUCCION

El uso óptimo y sostenible es cada vez más limitado de los recursos hídricos disponibles para el regadío requieren que las instalaciones de riego, tanto a nivel de parcela como de la red general de distribución, permitan gestionar el agua de riego con las estrategias de manejo más adecuadas a cada situación. En este aspecto, al que en ocasiones no se le han dado suficiente importancia resulta hoy absolutamente imprescindible si se requieren rentabilizar las inversiones se tiene que hacer en un mismo proyecto dos o más modelamientos hidráulicos para ver en cuanto varía el costo del proyecto. Si nuestro proyecto se encuentra a la asignación de los incentivos de riego tecnificado y los proyectos hacer financiados mediante la Ley N°28585, ley que crea el programa de riego tecnificado.

Considerando que las tuberías constituyen uno de los elementos principales de la red de distribución que facilitan el transporte de agua, podemos afirmar que en este tipo de redes la suma de los costos depende de las tuberías seleccionadas que conforman la parte más importante de la inversión, por tal razón Este trabajo tuvo como meta diseñar un sistema de riego por aspersión en función la programación de riego, planteando tres alternativas diferentes en función a la programación de riego buscando obtener el costo económico y funcional en el diseño del sistema de riego por aspersión

Se realizó la comparación de las alternativas planteadas, para determinar finalmente que alternativa permite obtener un mayor ahorro en cuanto al costo de diseño de cada alternativa planteada para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar y evaluar el planteamiento hidráulico más conveniente teniendo en cuenta la programación de riego y los costos del diseño del proyecto.

Objetivos específicos

- Plantear las alternativas de la programación de riego.
- Determinar el diseño hidráulico de cada alternativa de la programación de riego.
- Determinar los costos de cada alternativa de diseño del proyecto.

I. REVISION DE LITERATURA

1.1 Antecedentes

- (Espinosa, 2014). Diseño planteado en sistemas de riego por aspersión realizado en México, tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias cuyo estudio tuvo como objetivo realizar un análisis técnico y económico del diseño del sistema de riego a hidrante parcelario empleando dos métodos de diseño, el método de turnos y el método de clement, con la finalidad de poder recomendar a los usuarios el mejor método de diseño, como resultado obtuvo que el diseño hidráulico por método de turnos requiere menores diámetros de tubería para su funcionamiento, en tanto el método de clement demanda diámetros mayores.
- (Chávez, 2012). Diseño planteado en sistemas de riego por aspersión realizado en Ecuador, tesis para obtener título de ingeniero civil, el trabajo de investigación se realizó el análisis técnico y económico del diseño redes de riego presurizados en las modalidades a la demanda y por turnos, los resultados obtenidos en los dos métodos, muestran una disminución significativa de los caudales por línea para el sistema diseñado por turnos, el cual se utiliza diámetros de tubería de magnitudes inferiores, que implica menores costos de adquisición y construcción de obra

1.2 Sistema de riego

(PRONAMACHS, 1999). Define que el sistema de riego es un conjunto de componentes que llevan agua desde la fuente a la parcela y la distribuyen sobre ella. El sistema tiene tres componentes: la infraestructura, la organización para su operación y mantenimiento, y el sistema de producción agropecuario bajo riego. Estos tres componentes en conjunto son vitales para que los proyectos de riego sean muy coherentes y funcionales.

1.3 Sistema de riego presurizado

Se denomina riego presurizado porque requiere de una determinada presión para operar. El agua puede ser obtenida por una diferencia de cota entre la fuente de agua y el sector a regar. (Buendía et al., 2004).

(Pérez, 2011). Menciona que los sistemas de riego presurizado tienen algunas ventajas, entre las que destacan las siguientes: mayor eficiencia de aplicación, la medida de los caudales consumidos es relativamente sencilla y económica pudiendo medir en la red general o a nivel de parcela, la regulación es más sencilla y económica, y finalmente se pueden aplicar fertilizantes directamente en el agua de riego desde el cabezal. Existen diferentes maneras para el manejo de caudales entregados dentro de los sistemas de riego presurizado, entre los que destacan.

- **Riego por turnos** se diseña la red para cualquier regante (parcela, o toma) pueda regar en el turno de tiempo que le corresponda, con garantías plenas (Garantía de suministro = 100%).
- **Riego a la demanda** se diseña la red para cualquier regante (parcela o toma) puede regar en cualquier instante con una garantía lo suficientemente grande (Garantía de suministro <100%).

1.4 Ventajas y desventajas del sistema de Riego por Aspersión

Las ventajas del riego por aspersión se derivan principalmente de dos aspectos fundamentales (Guía técnica de Riego por Aspersión, 1999).

Ventajas

- Puede aplicar en terrenos sin necesidad de nivelarlos.
- Además de humedecer el suelo, también aumenta la humedad del aire, o sea que los cultivos se mantiene frescos.
- Cuando las gotas del agua caen, son absorbidas inmediatamente por el suelo, lo que evita que los suelos se erosionen.
- Se aprovecha mejor el área para cultivar, pues no se constituyen canales, acequias u otras obras para transportar el agua.

Desventajas

- Al inicio, el precio es muy alto porque hay que adquirir todo el equipo de una sola vez.
- Los costos de mantenimiento y de operación (combustibles, energía eléctrica) pueden llegar muy altos.
- La velocidad del viento puede hacer que el agua no se distribuya en forma homogénea en el suelo, dejando más agua en una zona que en otras.
- Se pierde más agua por evaporación que en otros métodos, como en el riego por goteo por ejemplo. Cuando no se controla el exceso de humedad, se puede favorecer al desarrollo de enfermedades causadas por hongos.

1.5 Componentes de un sistema de riego por aspersión

1.5.1 Bocatoma o captación

Es una estructura hidráulica que sirve para desviar el agua de los riachuelos, manantiales u ojos de agua, hacia los terrenos.

El diseño y la construcción de la bocatoma dependen de la cantidad de agua a derivar y del tipo de fuente hídrica a captar.

1.5.2 Desarenador

Es una estructura que sirve para acumular partículas de arena, piedras pequeñas que puedan dañar las tuberías como la red de distribución del sistema, incluyendo válvulas de control, hidrantes y obstruir las boquillas de los aspersores.

1.5.3 Línea de conducción

Es el tramo entre la captación y el reservorio de almacenamiento (cámara de carga). Según el caso puede ser ejecutado como canal abierto (de tierra o concreto) o entubado. La última opción es preferible para evitar el ingreso de sedimentos.

1.5.4 Reservorio regulador / Cámara de carga

El reservorio regulador / cámara de carga cumple la función de regular entre el caudal fijo que recibe el sector de riego de la línea de conducción, y el caudal utilizado por los aspersores que se tiene funcionando en el sector. El desequilibrio que puede ocurrir entre los dos es absorbido por el reservorio. Además cumple la función de cámara de carga, donde se genera una presión constante para el sistema.

1.5.5 Red de distribución

Son los canales (abiertos o entubados) Que distribuyen el caudal del sistema a los diferentes sectores de riego. Podemos utilizar en sistemas entubadas obras adicionales como válvulas de aire, válvulas de purga, válvulas de control, cámaras de rompe presión.

1.5.6 Hidrante

Los hidrantes son puntos de toma de agua con válvulas que permiten conectar la red de tuberías de distribución a una red móvil o equipos móviles. Los hidrantes cuentan con un equipo de válvulas ya sea válvulas de acople rápido con su respectiva llave tipo bayoneta, o accesorios de F° galvanizado y válvula de control de flujo. Tal como se muestra en la Figura 1.

1.5.7 Válvula de control

Estas válvulas de control son accesorios que cumplen la función de abrir y cerrar o regular el paso del agua, controlando la distribución en el sistema, estas válvulas se ubican al inicio de la red primaria y secundaria, existen también otras válvulas que se ubican de forma estratégica en diferentes lugares de la red primaria o secundaria para brindarle seguridad al sistema de riego en caso de roturas o mantenimiento.

1.5.8 Válvula de aire

Las válvulas de aire son accesorios que puedan ser colócalos en la línea de conducción como también en la red de distribución, se encuentran ubicadas en lugares donde existe variación de desniveles u cotas, la función de esta válvula es la de eliminar el aire que se encuentra dentro de las tuberías, evitando que la tubería reviente por la presión que ejerce el agua con el aire dentro de la tubería.

1.5.9 Línea de riego fijo, enterrado

La línea de riego fijo distribuye el agua por todo el sector de riego, entregando el caudal de riego mediante los hidrantes a las líneas de riego móviles en forma presurizada. Consiste de tuberías de PVC enterradas cuyos diámetros son calculados de tal manera que en cada hidrante existe la presión suficiente para los aspersores.

1.5.10 Línea de riego móvil

La línea de riego móvil consiste de una manguera con aspersores que es conectado a los hidrantes para regar, en forma rotativa, todo el sector de riego. Si el sector de riego consiste de varias propiedades la línea de riego móvil es compartida entre los usuarios del sector.

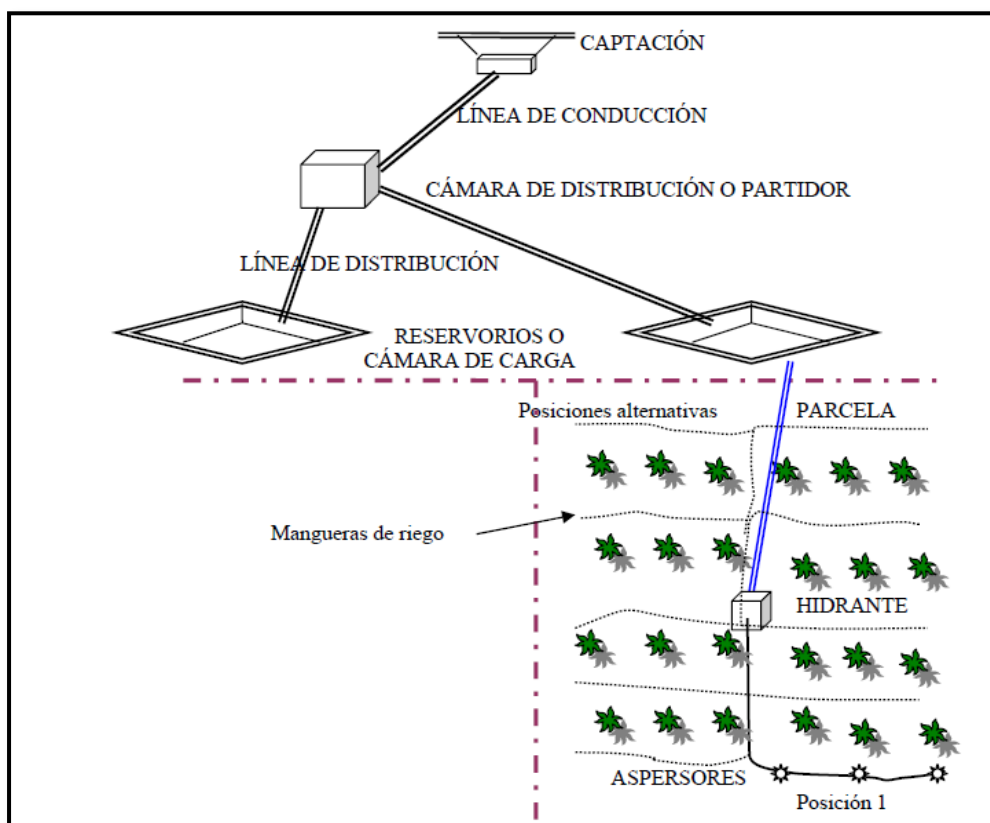


Figura 1. Elementos de un sistema de riego por aspersión

Fuente: Manual para el diseño y gestión de pequeños sistemas de riego por aspersión en laderas (MASAL)

1.5.11 Aspersores, tipo de aspersores, elección de aspersor, tuberías y accesorios

Los accesorios utilizados para distribuir el agua en la parcela. Existen muchos accesorios o piezas diferentes que se pueden utilizar en el riego por aspersión.

La tubería secundaria o laterales tienen empalmes que permiten unir un tubo con el otro, para armar y desarmar la tubería con rapidez cuando se trasladan de una parcela a otra.

Los empalmes deben ser flexibles para acomodarse bien a la superficie del terreno, pero también deben evitar cualquier fuga de agua.

Los elevadores sirven como soportes para los aspersores, pueden ser tubos o también pueden ser mangueras flexibles, apoyadas por una varilla de metal.

Uno de los accesorios más importantes es el conocido como aspersor, que es el que separa el chorro de agua que viene por las tuberías y lo divide en forma de gotas de lluvia.

Existen diferentes tipos de aspersores:

1.5.12 Aspersores no giratorios

Este tipo de aspersores son fijos, no se mueven, y distribuyen el agua por medio de una sola boquilla con la que se regula la cantidad de agua y la forma en que van a regar sobre la parcela.

1.5.13 Aspersores de giro completo

Son los que giran haciendo círculos impulsados por la presión del agua, pueden tener una o dos boquillas y que permiten regar en forma de círculos sobre la parcela.

- **Aspersor Xcel Wobbler**

Utiliza un singular movimiento de rotación de acción excéntrica que entrega una cobertura de excelente uniformidad trabajando a presiones muy bajas. Cuya presión de funcionamiento es (0.69, 1.04, 1.38 y 1.72 bar) y el caudal varia de (999, 1224, 1415, 1583 l/hr).



Figura 2. Aspersor Xcel Wobbler (boquilla N°14 azul de 5.56mm)

- **Aspersores Ibis**

Aspersor con boquillas intercambiables de 6mm, 8mm, 10mm cuya presión de funcionamiento es de (1.5, 2, 3, 4 atm), y el caudal de 1.1 a 1.28 lt/seg.



Figura 3. Aspersor Ibis boquilla de 5mm x 6mm

1.5.14 Aspersores de giro incompleto

Son parecidos a los aspersores de giro completo, la diferencia es que tienen unas aletas que les permite regar solamente una parte del círculo, son los que se utilizan para regar en los linderos o en las rondas de la parcela, para no tener que regar otro terreno que no sea el del cultivo.

Los aspersores se pueden fabricar de metal o de plástico, los de plástico son más livianos y necesitan menor presión para regar.

Las partes que componen un aspersor son:

- Tobera, por donde pasa el agua que viene de las tuberías.
- Boquilla exterior, donde también se forman las gotas de agua.
- Muelle o resorte impulsor, el que empuja el aspersor hacia un lado.
- Balancín impulsor, también impulsa al aspersor.
- Muelle o resorte giratorio, que permite al aspersor girar sobre sí mismo.

1.6 Aspectos que se debe tomar en cuenta para diseñar nuestro sistema de Riego por Aspersión

Un sistema de riego por aspersión está formado por muchos componentes.

Si se revisa este sistema, desde la fuente de agua, hasta el punto de salida del agua, encontraremos muchos elementos que deben de tomarse en cuenta, a la hora de diseñar nuestro sistema de riego:

- La fuente de agua.
- El equipo de bombeo.
- El tamaño de la tubería principal y la tubería secundaria.
- La distancia que hay desde la fuente de agua hasta la parcela.
- La forma y tamaño de la parcela.
- La dirección del viento en la parcela.
- Los cultivos que vamos a regar.

Para diseñar y colocar las tuberías de un sistema de riego por aspersión hay que tomar en cuenta todos estos aspectos, por lo que sería muy recomendable buscar la ayuda de un técnico o la de otro productor que ya tenga experiencia en el manejo de este tipo de riego y tener en cuenta los siguientes parámetros.

- **Carga disponible** que viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio (L. Conducción), y el desnivel entre el reservorio y diferentes sectores de riego (R. Distribución).
- **Caudal de diseño** es el correspondiente al gasto que es captado en la captación y la requerida para el funcionamiento de un número de aspersores.
- **Clase de tubería** que están definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la carga estática, en los sistemas de riego presurizado se utilizan tuberías de PVC, ya que es muy económico, flexible, durable, de poco peso y fácil de transportar e instalar. Tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo

CLASE	PRESION MAXIMA DE PRUEBA (m)	PRESION MAXIMA DE TRABAJO (m)
5	50	35
7,5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: Agüero (2003)

- Diámetros considerando el máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener capacidad de conducir el gasto de diseño con velocidades comprendidas entre 0.6 y 3.0 m/s, y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible.

1.7 Estudio topográfico para los sistemas de riego

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas, y usando los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser. Dos distancias y una elevación: o una distancia, una dirección y una elevación (Montes de Oca, 1989).

Al conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que comúnmente se llama levantamiento topográfico. La topografía define la posición y las formas circunstanciales del suelo; es decir, estudia en detalle la superficie terrestre y los procedimientos por los cuales se puedan presentar todos los accidentes que en ella existen, sean naturales o debidos a la mano de obra. El medio usual de expresión es el dibujo (Montes de Oca, 1989).

El levantamiento topográfico es una actividad muy importante, previa a la realización del diseño de la red, en esta se debe ser preciso ya que un error afectaría las etapas siguientes. El levantamiento topográfico nos permite conocer las elevaciones de los nodos de la red de riego, y nos ayuda a elegir el punto donde se colocara la válvula hidrante. Además de los datos altimétricos, los estudios topográficos permiten visualizar los posibles obstáculos que se deberán sortear en una red de conducción entubada, tales como: canales, caminos, vías férreas, etc., (García, 2003).

El levantamiento topográfico consta de dos partes principales (García, 2003):

- La primera consiste en el conjunto de operaciones necesarias para llegar a obtener la proyección horizontal, operaciones que constituyen la planimetría del trabajo o levantamiento planímetro. En ella se sitúan los instrumentos en los puntos elegidos, lo que se denomina hacer estación, y se anotan las observaciones e impresos especiales llamados registros o libretas.

- La segunda, consiste en determinar la cota de los puntos necesarios o las curvas de nivel, lo que constituye la altimetría, nivelación o levantamiento altimétrico. Los datos son procesados y representados en un plano que se puede emplear para los fines que fue realizado el levantamiento topográfico.

Los principales instrumentos que permiten realizar levantamientos topográficos son: la estación total y el Global Positioning System (GPS).

El funcionamiento de la estación total se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Las características de una estación total son: una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizar posteriormente en ordenadores personales.

La estación total evita las incidencias negativas del factor humano durante la medición y cálculo, con un incremento sustancial de la eficiencia y de la eficacia en las operaciones de campo; puede decirse entonces que la estación total constituye el instrumento universal moderno en la práctica de la topografía, que se puede utilizar para cualquier tipo de levantamiento topográfico de una manera rápida y precisa y el vaciado de datos de campo libre de error (Padilla, 2001).

El Global Positioning System (GPS) “es un sistema de posición por satélites desarrollado por el Departamento de la defensa de los E.U.” De acuerdo con (Wells et al., 1986), una ventaja importante al realizar un levantamiento con GPS es que con este tipo de levantamiento no se requiere intervisibilidad entre otros puntos, no se requiere de azimut de referencia y como una de las más importantes ventajas de esta tecnología es que las coordenadas que se obtienen están referidas a un sistema único de referencia como lo es el WGS84. Los levantamientos con GPS ofrecen

ventajas sobre los métodos tradicionales entra las que se incluyen rapidez, precisión y capacidad operativa de día o de noche y en cualquier estado del tiempo (Wolf y Brinker, 1997)

1.8 Velocidad de infiltración

(Guerra, 1973). Menciona que, es la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina de agua. Conocer el valor de la velocidad de infiltración del suelo es importante para el diseño de los sistemas de riego, debido a que este valor varía con el tiempo y el espacio.

La velocidad de infiltración interviene en la selección, diseño, operación y manejo de los sistemas de riego, debido a que define el ritmo de aplicación del agua al suelo.

Este valor depende de las condiciones de humedad que presente el suelo. Cuando el suelo se encuentra la infiltración tiene sus máximos valores y luego, conforme se humedece, su capacidad de admitir más agua es cada vez menor, hasta que en condiciones de saturación total alcanza su valor constante (infiltración básica).

En los suelos arenosos la humedad profundiza rápidamente, con escaso movimiento lateral, mientras que en los arcillosos al movimiento lateral predomina, sobre el que produce en profundidad.

La diferencia en la velocidad de infiltración del agua en el suelo se relaciona con la variación de la porosidad total, la distribución y tamaño de los poros y la energía con que el agua es retenida por las partículas del suelo.

En suelos arenosos, aunque su porosidad total es menor que en los arcillosos, los poros son más grandes, por lo que la infiltración es más rápida, reteniendo menor cantidad de agua, los suelos francos presentan condiciones intermedias.

Conociendo la velocidad de infiltración del suelo y la profundidad de raíces del cultivo puede estimarse el tiempo de riego para que el agua llegue a la profundidad deseada.

Tabla 2. Velocidad de infiltración básica de los suelos según su textura

TEXTURA	VELOCIDAD DE INFILTRACION BASICA (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: V. conesa, basado en la publicación 24 FAO

1.9 Diseño agronómico

El diseño agronómico, es un componente fundamental en el diseño de los sistemas de riego. El diseño agronómico se define como el proceso que ha de garantizar que la red hidráulica del sistema sea capaz de suministrar, con una óptima eficiencia de aplicación, las necesidades hídricas del cultivo durante el periodo de máximo consumo, humedeciendo el volumen del suelo necesario para su desarrollo (Villafafila y Wyss, 2009). El diseño agronómico se compone en dos fases (IMTA, 2007):

- **Calculo de las necesidades de agua de las plantas:** se refiere a la cuantificación de la cantidad de agua requerida por las plantas para reponer el consumo producido por la evapotranspiración y el agua retenida en las plantas. Es importante conocer estas necesidades a efecto de diseñar los sistemas de captación, distribución, aplicación del agua y poder así planificar cuanto se puede regar y en qué tiempo se puede hacer. La evapotranspiración como tal, se entiende como la

evaporación que se produce desde una superficie extendida, cubierto por una vegetación herbácea cuyo suelo se encuentra bien dotado de agua.

- Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego: los requerimientos de riego se expresan usualmente en términos de lámina de agua por unidad de tiempo. Por ejemplo mm/día. Una variable esencial en el diseño de los sistemas de riego es la estimación de la cantidad de agua que debe aplicarse a lo largo del ciclo del cultivo y más específicamente, la demanda máxima o pico para dimensionar la red hidráulica en condiciones críticas. Un deficiente conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos el periodo de máxima demanda. Existe una relación directa entre la lámina y el intervalo de riego. A medida que la frecuencia aumenta el intervalo del riego se acorta. La lámina de riego requerida también disminuye, ya que en el periodo de consumo de agua de los cultivos considerados es menor.

1.9.1 Evapotranspiración potencial de referencia (ET_o)

Es la evapotranspiración de un cultivo de referencia, que ocurre sin restricciones de agua. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto de altura uniforme, bien regada y en óptimas condiciones de crecimiento. Los únicos factores que afectan la ETP son los parámetros climáticos (temperatura mínima, máxima y media, humedad relativa, radiación solar extraterrestre, viento, horas de sol, etc.) mas no considera las características del cultivo ni los factores del suelo.

a) Métodos para determinar la evapotranspiración potencial (ET_o)

Existen varios métodos para determinar la evapotranspiración potencial. Los más comunes son los siguientes.

- Por muestreo de humedad de suelo
- Lisímetro

- Tanque de evaporación
- Balance de agua
- Balance de energía
- Método o fórmulas empíricas

b) Métodos indirectos empíricos para la determinación de la ETo

Las formulas empíricas están consideradas como métodos indirectos y consisten en formulas o ecuaciones deducidas por diversos investigadores y que están basadas en la aplicación de variables meteorológicas como factores que afectan la tasa de la evapotranspiración potencial y que han sido desarrolladas para zonas con características propias.

Las formulas o métodos empíricos más conocidos y de mayor aplicación son:

- Método de Hargreaves
- Método de Penmam Modificado
- Método de Blaney – Criddle
- Método de Radiacion
- Método de Christiansen
- Método de Jensen – Haise.

c) Método de Hargreaves

Los datos climáticos necesarios para la aplicación de este método son la temperatura media mensual, radiación solar medida y calculada, radiación extraterrestre equivalente, factor mensual de latitud, humedad relativa y la altitud.

1.9.2 Coeficiente de cultivo (Kc)

MASAL, (2003), Menciona que, el coeficiente de cultivo (Kc), expresa la relación entre el uso consuntivo del cultivo en consideración y la evapotranspiración potencial o del cultivo de referencia.

El valor del coeficiente del cultivo (Kc) dependen de las características propias y específicas de la planta y expresa la variación de la capacidad para extraer el agua del suelo durante el periodo vegetativo: en términos generales, los cultivos anuales presentan cuatro fases dentro de su periodo vegetativo:

- **Fase inicial:** abarca desde la siembra, emergencia, hasta que la biomasa del cultivo cubre un 10% del suelo.
- **Fase de desarrollo:** comprende desde que la biomasa del cultivo cubre el 10% de cobertura vegetal, hasta completar su crecimiento o hasta una cobertura efectiva del 70% al 89%.
- **Fase de media estación:** desde la terminación del crecimiento, hasta el inicio de la maduración del cultivo.
- **Fase de última estación:** Desde el inicio de la maduración del cultivo, hasta la plena madurez o cosecha.

a) Factor Kc Ponderado (Kc)

Anten, (2000), Menciona para diseñar un sistema de riego normalmente se toma la fase de desarrollo del cultivo con el requerimiento más alto, a fin de estar seguro que el cultivo no carezca de agua. Sin embargo, en la práctica campesina, en situaciones con limitada disponibilidad de agua, y además condiciones sub óptimas del desarrollo de los cultivos por otros factores (fertilidad del suelo, calidad de semillas, condiciones climáticas), conviene disminuir ligeramente los niveles hídricos calculados con las tablas de FAO. Para ello, podemos tomar como referencia el requerimiento promedio de los cultivos sobre su ciclo vegetativo para estimar el cultivo de agua en las

parcelas. En la tabla 3 muestra para algunos cultivos el coeficiente de cultivo Kc promedio.

Tabla 3. Valores de coeficiente de cultivo promedio Kc

CULTIVO	Kc	CULTIVO	Kc
Alfalfa	1,0	Frijol verde	0,75
Alverja	0,89	Lechuga	0,7
Avena	0,8	Lenteja	0,79
Berenjena	0,82	Maiz dulce	0,88
Caña de azucar	0,95	Maiz grana	0,83
Cebada	0,8	Papa	0,83
Cebolla seca	0,9	Pasto	1
Cebolla verde	0,74	Pimiento	0,83
Col	0,86	Rabano	0,73
Espinaca	0,73	Trebol	1
Frijol seco	0,87	Trigo	0,8
		Zanahoria	0,84

Fuente: Diseño de pequeños sistemas de riego por aspersión en ladera

Es el promedio del Kc ponderado en área de siembra, se calcula utilizando la siguiente expresión.

$$\text{Kc ponderado} = \frac{(A \cdot Kc)}{A} \dots\dots\dots (1.1)$$

Dónde:

Kc ponderado: Coeficiente del cultivo ponderado.

Kc: Coeficiente del cultivo

A: área de parcela (ha)

1.9.3 Evapotranspiración del cultivo (ETc)

(Vásquez, 2000), menciona La evapotranspiración del cultivo (ETc), es también denominado evapotranspiración real o uso consuntivo de agua de un cultivo. Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el período de tiempo considerado.

1.9.4 Precipitación efectiva (PE)

Durante el proceso de almacenamiento hídrico del reservorio “suelo”, la precipitación pluvial constituye un alto porcentaje (en algunos casos el total) el contenido de agua en el suelo; pero parte de la lluvia de que dispone la planta para su desarrollo es únicamente una fracción de esta; la otra parte se pierde por escorrentía, percolación profunda o evaporación.

En este sentido, al volumen de lluvia parcial utilizado por las plantas para satisfacer sus correspondientes necesidades hídricas para su normal desarrollo, se le ha definido como precipitación efectiva (PE). Existen diferentes métodos para estimar la PE, como el Water Power Resources Service, Bureau of Reclamation y el servicio de conservación de Suelos.

Método del Water Power Resources Service, (WPRS-USA)

En la tabla 4 se menciona la distribución de la precipitación efectiva de la siguiente forma:

Tabla 4. Porcentaje de la P.E para diversos incrementos de precipitación

Incremento de la Precipitacion	% de la Precipitacion Efectiva
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
mas de 155	5

Fuente: Vásquez (2000)

1.9.5 Demanda de agua (Da)

Con los parámetros definidos anteriormente, el balance hídrico mensual será:

$$Da = ETP * Kc \text{ promedio} - (PE + \text{Agua Aportada}) \dots \dots \dots (1.2)$$

El agua aportada considera los excedentes de la precipitación durante las épocas de lluvia, que quedan almacenados en el suelo y que posteriormente pueden ser aprovechados por los cultivos pero, para efectos de planificación de proyectos de riego, se considera cero dado que el objetivo es conocer la demanda de agua total del proyecto.

1.9.6 Eficiencia de riego (E_r)

Se define como el porcentaje (%) del agua de riego aplicada que es utilizada por los cultivos. Por ejemplo, si a una parcela de 1 ha se le aplican 10 000 m³ de agua, y el cultivo utiliza 8 000 m³, la eficiencia del riego es del 80%, por lo que podríamos afirmar que cuanto más elevada es la eficiencia del riego, mejor uso se está haciendo del agua aplicada.

En un sistema de riego presurizado (aspersión, goteo), se considera que las pérdidas de agua ocurren mayormente a nivel de la parcela, porque la conducción entubada desde la fuente minimiza las pérdidas a este nivel.

Podemos estimar que bajo condiciones normales que:

1.9.7 Demanda de agua del proyecto (D_p)

Para el cálculo de la demanda de agua de un proyecto, se debe tener en cuenta todas las pérdidas resultantes del sistema de distribución del agua de riego y de la aplicación del agua al cultivo.

1.9.8 Módulo de riego (M_R)

Es el volumen de demanda registrada en el más crítico, entre el tiempo expresado en segundos de dicho mes.

1.10 Diseño de redes en los sistemas de riego

Una vez que se cuenta con información topográfica y climatológica, el proceso para el diseño y dimensionado de la red contiene las siguientes etapas (Gonzales, 2010).

- Ubicación de los hidrantes
- Trazado de la red
- Determinación de los gastos que circulan por cada una de las líneas
- Y finalmente la determinación de los diámetros de las tuberías.

Se advierte que el diseño de las redes hidráulicas ha estado impregnado de una base fuertemente intuitiva; normalmente el proceso de diseño se basa en la experiencia y el juicio personal del proyectista, que le parece razonable.

1.10.1 Ubicación de los hidrantes

Los hidrantes suelen colocarse a pie de parcela o para suministrar el agua a varias parcelas. No existe literatura científica o documentación que aborde un rigor la ubicación de los hidrantes en la red de distribución. Es posible que el motivo esté relacionado con dos principales condicionantes que afectan a dicha tarea: la configuración parcelaria y el sistema de riego empleado.

No existe norma que pueda regir la colocación de los hidrantes. Se han realizado algunas observaciones con base en la experimentación, citado por (Gonzales, 2010) las cuales sugiere tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para la colocación de los mismos.

- A fin de evitar excesivas pérdidas de carga en la toma individual del usuario, se dispondrá a una distancia máxima de 200 m para parcelas de unas pocas hectáreas y 500 m para los que superen a 10 ha.

- Las tomas serán colectivas para pequeñas parcelas, menores a 3 hectáreas, e individuales para las superiores a 5 ha.
- Finalmente, se puede decir que la colocación de hidrantes se sustenta en una serie de criterios y recomendaciones prácticas y empíricas, en la que la componente de experiencia previa del proyectista, su inteligencia y al azar, conducen a mejores o peores soluciones.

1.10.2 Trazado de la red

El elemento fundamental de la red de riego a presión es la propia red, la cual está constituida por las conducciones que distribuyen el agua desde el punto de inyección a la totalidad de puntos de consumo o hidrantes que ya se habrían definido. El trazado de las conducciones esta principalmente condicionado por la facilidad de ejecución, así como de detección de averías y de acceso para reparación y mantenimiento. Como consecuencia el trazado de conducciones, en la mayoría de los casos se realiza siguiendo los márgenes de caminos, límites de parcelas, etc. (Gonzales, 2010).

1.10.3 Determinación de los gastos circulantes por turno

La fijación de los caudales por turno no es más que aplicar la ecuación de la continuidad en cada uno de los nodos de la red en los que se produce consumo en un momento determinado, y acumular los caudales desde los nodos finales hasta los primeros. Así se tendrán tantos estados de carga como sectores en lo que se divida la red. (Gonzales, 2010).

1.10.4 Determinación de los diámetros de tubería

Esta es la última etapa del proceso y de acuerdo con (Gonzales, 2010). El dimensionamiento de la red “básicamente consiste en formular matemáticamente el problema de optimización del total de los costos anuales en los que se incurre, tanto de instalación como su posterior utilización, cumpliendo las restricciones siguientes.

- Ecuación de la continuidad
- Ecuación de la energía
- Presiones máximas y mínimas en los nodos dentro de su rango
- Los diámetros máximos y mínimos posibles a adoptar dentro de un rango
- Velocidad máxima de circulación en las líneas.

1.11 Diseño hidráulico

Para el cálculo de la línea de conducción y distribución existen en la actualidad diversos programas que calculan las presiones, perdidas de carga, velocidad de flujo, teniendo en cuenta los siguientes criterios.

1.11.1 Diseño de las líneas de conducción, distribución

Para el diseño de las tuberías, hay que tener en cuenta la siguientes recomendación en cuanto a las formulas a utilizar.

- Para diámetros mayores a 75mm (3”), se utiliza la fórmula de Hazen Williams

$$h_f = \frac{10^7 * L}{5.813 * C^{1.85} * D^{4.87}} * Q^{1.85} \dots\dots\dots (1.3)$$

Dónde:

Hf: perdida de carga total (m)

L: longitud de la tubería (Km)

Q: caudal de la tubería (l/s)

C: coeficiente de fricción, varía de acuerdo al material de la tubería

D: diámetro de la tubería (pul)

Tabla 5. Valores C según Hazen Williams

TUBERIA	C
Plastico	150
PVC	140
Asbesto Cemento	140
Aluminio (con acoples cada 30 pies)	130
Acero galvanizado	130
Acero nuevo	130
Acero (15 años de uso)	100

Fuente: Agüero (2003)

Estos valores en lo posible deben ser proporcionados por los fabricantes, puesto que algunas veces se utiliza valores 140 y en otras 150.

Consideremos necesario citar a Keller quien señala que la fórmula de Hazen Williams fue desarrollada usando tubos de diámetro mayor a 75 mm (3") y descarga de 3.2 l/s. bajo de estas condiciones de flujo el número de Reynolds es mayor que $5 \cdot 10^4$ y la formula predice las pérdidas de carga satisfactoriamente. Sin embargo para tubos de diámetro pequeño y de paredes lisas, que se utilizan en sistemas de riego, la fórmula de Hazen – Williams con un valor de $C=150$, subestima las pérdidas de carga.

- Para diámetros menores a 75 mm (3"), En la línea de conducción se utiliza la fórmula:

$$hf = L \left(\frac{Q}{60.237 \cdot D^{2.71}} \right)^{1.754} \dots\dots\dots (1.4)$$

Dónde:

Hf: Perdida de carga total (m)

L: Longitud de la tubería (m)

Q: caudal en la tubería (m³/s)

S: pendiente en unidades (m/m)

D: diámetros interno de la tubería (m)

Para diámetros menores a 75 mm (3"), Generalmente en las líneas de distribución se utiliza la fórmula de Fatr Hasiao:

$$h_f = L(0.002021 * \frac{Q^{1.88}}{D^{4.88}}) \dots\dots\dots (1.5)$$

Dónde:

H_f: Pérdida de carga total (m)

L: Longitud de la tubería (m)

Q: caudal en la tubería (m³/s)

S: pendiente en unidades (m/m)

D: diámetros interno de la tubería (m)

1.12 Programas de diseño para sistemas de riego

El riego ha colaborado una gran relevancia para la agricultura moderna y con ello la necesidad de mejorar la calidad de agua suministrada y de optimizar las operaciones aplicadas para ello. Esta es una de las razones por la cual ha sido necesaria la incorporación y uso de nuevas tecnologías informáticas, que nos permitan modelar el comportamiento de los sistemas de riego basados en los criterios necesarios previstos para su funcionamiento, y de esta manera tomar las decisiones adecuadas.

Así, la ingeniería de las últimas décadas ha visto la irrupción de numerosos paquetes informáticos destinados a facilitar el diseño y el cálculo de sistemas físicos. El diseño de las redes de conducción y distribución de agua a presión, cuyo análisis anteriormente suponía complejos y tediosos cálculos, se han visto beneficiado de ello (García, 2003).

Entre los programas más usados actualmente, se encuentran WCADI, EPANET, WATERCAD, GESTAR, etc. Para el caso del presente estudio se usará el Programa GestarCad 1.0, por lo que a continuación se describen las generalidades del mismo.

1.13 GestarCad

Según definición en su página web, es un paquete informático para la ingeniería hidráulica de sistemas de riego a presión (redes de distribución colectivas y sistemas de aplicación del riego en parcela), enfocada a mejorar el diseño, ejecución y gestión de grandes y pequeños sistemas.

GestarCad es un programa especializado en sistemas de riego a presión, posee diversos módulos cuyas características más relevantes son: los módulos de optimización, análisis hidráulico y energético en un mismo entorno. Además posee herramientas como generación de escenarios, alarmas, filtros, evoluciones temporales, entre otras variables.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1 Descripción de la zona

El trabajo de tesis se ubica en la comunidad de Urpaypampa, tiene como punto de partida la cota 3,291 msnm del Canal Rosaspata Pampamarca, lugar donde se ubica la toma lateral. A partir del cual, el agua será conducido hasta el reservorio, a través de un canal de concreto armado y tuberías PVC de 250 mm de diámetro.

2.1.1 Ubicación política

Región	: Ayacucho
Provincia	: Huamanga
Distrito	: Vinchos
Comunidad	: Urpaypampa

2.1.2 Ubicación geográfica

Latitud	: 13°23'83" S
Longitud	: 74°35'17" W
Altitud	: 3250 msnm

Actualmente pertenece a la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) de Mantaro, de la ALA Ayacucho y tiene una comite de regantes de Urpaypampa.

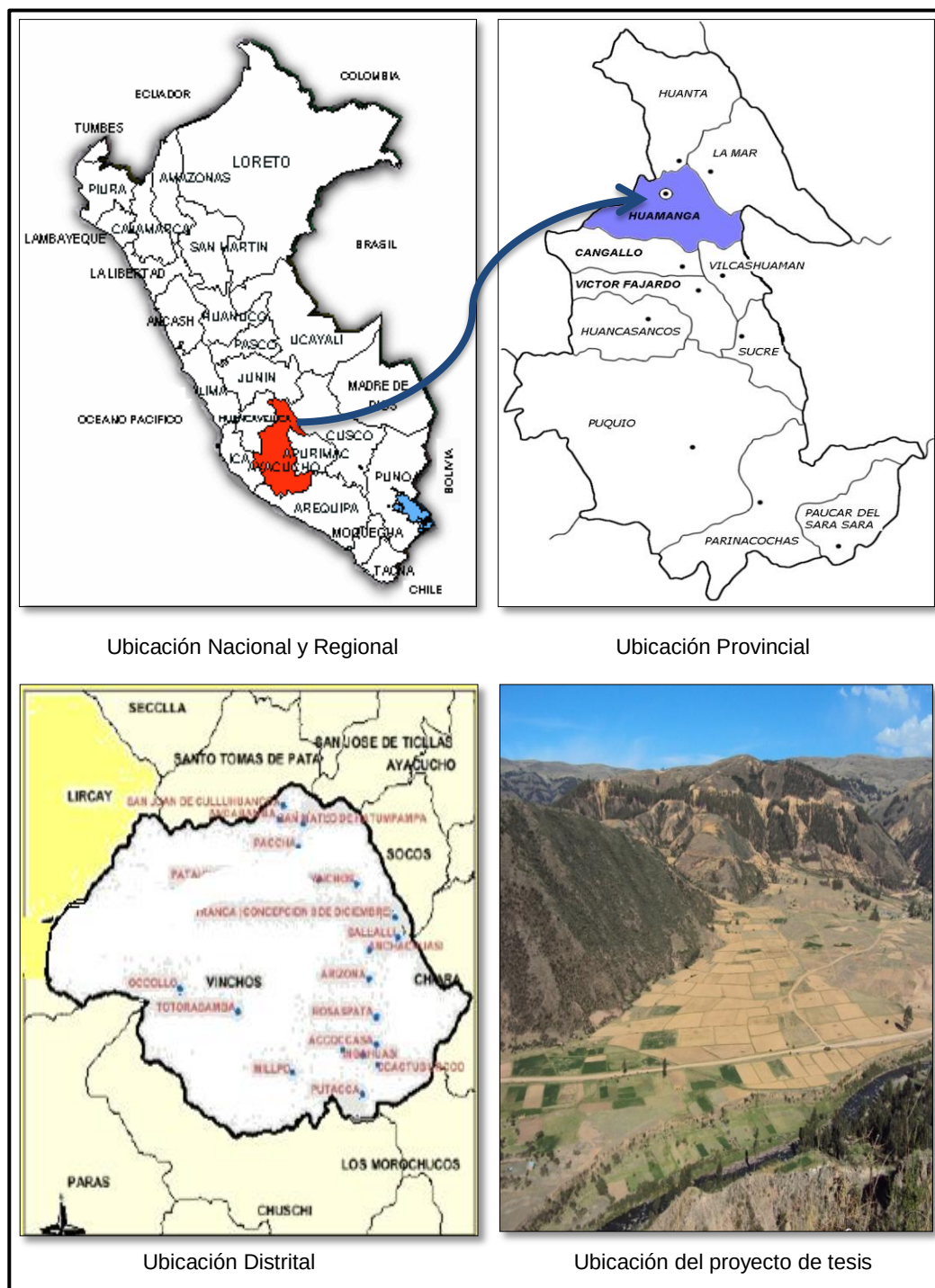


Figura 4. Mapa de ubicación del proyecto del proyecto de tesis

2.1.4 Vías de acceso

El acceso a la comunidad de Urpaypampa, comprende primeramente la Ruta Ayacucho (salida del grifo Ayacucho) – Desvío a Vinchos (por la vía los libertadores) en una distancia de 38Km, Posteriormente desde el desvío de Vinchos hacia la comunidad de Urpaypampa presenta una distancia de 4 Km. En total partiendo desde Ayacucho se efectúa un recorrido de aproximadamente 42 Km. Con un tiempo estimado de viaje en combi de 1hora.

Tabla 6. Vías de acceso a la zona del proyecto

de	A	Distancia	Tiempo	Tipo de vía	Frecuencia
		Km	Hr.		
Ayacucho	Desvío a Vinchos	38	55 min.	Asfaltada	A diario
Desvío a Vinchos	Urpaypampa	4	5 min.	Asfaltada	A diario
TOTAL		42	1hora		

2.1.5 Climatología

Según SENAMHI, el ámbito del proyecto pertenece a una zona de clima variado con predominio de frío hasta los 4,160 msnm con precipitación pluvial entre 530 hasta 1,100 mm/año, con temperatura promedio de 12°C, humedad relativa del 70%; y una altitud de 3,000 hasta los 4,160 msnm.



Figura 5. Vista panorámica del área del proyecto

2.1.6 Recursos hídricos

La comunidad de Urpaypampa cuenta con recurso hídrico en escasa cantidad, en el que la demanda es mucho mayor en época de estiaje, la comunidad cuenta con pequeños puquiales el cual abastece solo para el consumo humano, cuenta también con un canal que atraviesa la comunidad por la parte baja, regando pequeñas parcelas de unos cuantos usuarios; así mismo cuentan con un canal de irrigación que nace en la comunidad de Rosas Pata con un caudal aproximado de 20 litros por segundo, el mismo que se pretende utilizar, como fuente de agua para el presente trabajo de tesis. En la Figura 6 se visualiza la ubicación de la fuente de agua.



Figura 6. Vista a través de imagen satelital de la fuente de agua

2.2 Material

Materiales de escritorio

Equipo de cómputo

- Computadora, para realizar el procesamiento y modelamiento de datos
- Impresora

Software

- Google Earth Pro 6.2.2.6
- AutoCAD Civil 3D 2012
- GestarCAD 1.0
- S10. 2005
- AutoCAD Map 2000i
- Hojas de cálculo.
- Material bibliográfico Propio y de la biblioteca UNSCH.
- Datos meteorológicos de la estación tambillo.

Equipos y Herramientas

- GPS Map 76 CSx.
- Estación total Sokkia.
- Wincha de lona de 50 m.
- Flexometro de 5m.
- Cilindro infiltrometro.
- Cronometro.
- Estacas, pintura, libreta de campo y otros.
- Cámara fotográfica.

2.3 Métodos

El trabajo de tesis se realizó de las fases de campo y gabinete.

2.3.1 Fase de campo

a) Reconocimiento del terreno

Se realizó el reconocimiento del terreno con la presencia de los beneficiarios y autoridades de la comunidad de Urpaypampa, se procedió una visita a campo para identificar la fuente de agua, la topografía del terreno, las áreas agrícolas potenciales, las obras existentes. Que se podrá beneficiar con la instalación del sistema de riego presurizado. En la siguiente figura se muestra la situación actual de la infraestructura existente.



Figura 7. Situación actual de las obras existentes

b) Levantamiento topográfico de las áreas de riego

Se efectuó el trabajo de levantamiento topográfico de todas las obras del área del proyecto, se levantaron en campo todos los detalles tales como: línea de conducción, desarenador, reservorio, red de distribución, las áreas de cultivo (esquema hidráulico actual).

Se utilizó una estación total SOKKIA (modelo FX-105), tres prismas de apoyo, dos radios portátiles (Motorola), y GPS (map 76CSx).



Figura 8. Levantamiento topográfico de las obras existentes



Figura 9. Levantamiento topográfico de las áreas agrícolas

c) Parcelamiento del terreno:

Se realizó el parcelamiento de las áreas agrícolas del proyecto acompañado de una persona conocedor de los beneficiarios para que nos diga a que beneficiario le corresponde la parcela, en la libreta de campo se hizo un croquis de la forma de las parcelas y anotando los nombres de los beneficiarios.

Se utilizó dos GPS delimitando las parcelas donde se tiene que marcar el punto en cada 5 a 10 pasos según la forma del terreno a su vez el GPS se programa para realizar el track. La cual nos va ayudar en la fase de gabinete en dibujar plano de parcelamiento.



Figura 10. Parcelamiento de las áreas agrícolas con el GPS

d) Recolección muestra de suelo

Se recolectó tres muestras de suelo a las 10:00am en las parcelas más representativas de la zona con sus respectivas coordenadas. Donde se recolecto las muestras el lugar tenía que estar libre de malezas para llevarlos al laboratorio MULTISERVICIOS AGROLAB.



Figura 11. Toma de muestra del suelo para su análisis físico del suelo

e) Recolección de muestra de agua

A las 12:00 am se realizó una muestra de agua que se extrajo la muestra del desarenador en una botella limpia que fue enviada al laboratorio de agua MULTISERVICIOS AGROLAB.



Figura 12. Toma de muestra del agua para su análisis químico

f) Prueba de infiltración

Para calcular la velocidad de infiltración se realizó por el método del cilindro infiltrómetro, se eligió una parcela representativa del trabajo donde se realizara la prueba de infiltración. Se procedió a introducir el cilindro exterior mediante el uso de una comba golpeando lentamente la tabla que se halla colocada sobre el cilindro hasta que haya introducido al suelo 15 cm. Se tiene que ver que el cilindro no se encuentre inclinado verificando la horizontalidad con nivel de mano, después introducimos el cilindro de mayor diámetro concéntrico al anterior, se coloca una bolsa de plástico en el cilindro interior, llenamos el agua en el espacio comprendido entre ambos cilindros hasta una altura de 10 cm tiene que mantenerse constante la altura de agua durante todo el proceso, llenamos el agua al cilindro interior hasta una altura de 20 cm. Rápidamente se marca este nivel para iniciar con la

lectura. Se midió el nivel de agua con una regla graduada se realizó las mediciones en un intervalo de tiempo de 1 a 2 min, luego en un tiempo de 5, 10, 15, 20,30 min. Hasta completar la prueba.



Figura 13. Comprobando la horizontalidad del cilindro con el nivel



Figura 14. Evaluación en campo de la infiltración del agua en el suelo

2.3.2 Fase de Gabinete

a) Procesamiento de los datos recopilados en campo

Se inició con la descarga de los datos del levantamiento topográfico y del parcelamiento, de la estación total se descarga los datos en forma directa al USB en formato de texto, del GPS para descargar se utiliza el programa MapSource. El procesamiento de los datos descargados de la estación total y GPS se realizó con el programa AutoCad Civil 3D.

Se realiza el Dibujo el plano de parcelas anotando en el plano a cada beneficiario que le corresponde, y el área en ha. Después de haber dibujado el plano de parcelamiento del terreno se vuelve al lugar del proyecto para verificar si realmente el plano de parcelas coincide de acuerdo a los terrenos de cada propietario, antes de volver se convoca a una reunión para que estén todos los beneficiarios y puedan identificar e identificarse con su DNI para ver que sus nombres estén bien escritos en el plano realizado.



Figura 15. Validación de las áreas agrícolas por los beneficiarios

b.1) Determinación de la demanda de agua

- **Información meteorológica**

La información meteorológica utilizada fue de la estación de Tambillo, cuya altitud es de 3250 msnm, latitud 13°23'83" S y longitud 74°35'17" W.

Debido a que posee la mayor cantidad de datos con condiciones climáticas (temperaturas, humedad relativa, precipitación mensual) y la altitud respecto al nivel del mar, se necesita realizar los cálculos con dicha estación por asemejarse a la altura de la zona de trabajo.

Tabla 7. Resumen de datos climatológicos de la estación de Tambillo

TEMPERATURAS MEDIAS MENSUAL (TMM , °C)												
ESTACION	: Tambillo			DISTRITO	: Tambillo			ALTITUD	: 3250.0 msnm			
CODIGO	: 000			PROVINCIA	: Huamanga			LATITUD	: 13°12'54"			
AÑO	: 2008			DEPARTAMENTO	: Ayacucho			LONGITUD	: 74°06'19"			
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TMM	14,81	14,55	14,03	14,07	13,93	12,91	12,78	13,70	14,57	15,16	15,84	15,25
REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIA	66,67	71,99	68,74	71,75	61,18	55,95	55,22	57,91	57,28	52,50	58,93	64,55
REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MEDIA	128,4	144,8	126,6	43,9	11,5	7,0	15,2	14,1	26,2	48,5	68,4	107,5

Fuente: Proyecto especial Rio Cachi

- **Calculo de la Evapotranspiración potencial (ET_o)**

El método empírico utilizado para el cálculo de la ET_o fue el método de Hargreaves en base a la temperatura. De los datos climatológicos se utilizó la temperatura media mensual, y la humedad relativa.

La fórmula que se aplico es la siguiente:

$$ET_o = TMF * CH * CE * MF..... (2.1)$$

Dónde:

ET_o = ET_p= Evapotranspiración potencial (mm/mes).

TMF= Temperatura media mensual (°F).

CH= Factor de corrección para la humedad relativa.

CE= Factor de corrección para la altura o elevación del lugar.

MF= Factor mensual de altitud

Temperatura media mensual (TMF).

$$TMF = \frac{9}{5} * T ^\circ C + 32..... (2.2)$$

Dónde:

TMF= temperatura media mensual (°F)

T (°C)= temperatura media en grados Celsius.

Factor de corrección por humedad relativa (CH)

$$CH = 0.166 * (100 - HR)^{0.5} (2.3)$$

Dónde:

CH= Factor de corrección par la humedad relativa

HR= Humedad relativa media mensual (%)

La fórmula anterior se emplea para valores de HR mayores de 64%.

Si:

Para HR < 64% entonces CH=1

Factor de corrección para la elevación del lugar (CE)

$$CE = 1 + 0.04 * \frac{E}{2000}..... (2.4)$$

Dónde:

CE= Factor de corrección para la elevación del lugar (msnm)

E= Altitud o elevación del lugar (msnm)

MF: Para el cálculo del factor mensual de latitud sur se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 8. Factor de evapotranspiración potencial (MF) en mm por mes

Latitud	1 °	2 °	3 °	4 °	5 °	6 °	7 °	8 °	9 °	10 °	11 °	12 °	13 °	14 °	15 °	16 °	17 °	18 °	19 °	20 °
Ene.	2,788	2,371	2,353	2,385	2,416	2,447	2,478	2,508	2,358	2,567	2,596	2,625	2,652	2,680	2,707	2,734	2,760	2,785	2,811	2,835
Feb.	2,177	2,136	2,154	2,172	2,189	2,050	2,221	2,237	2,251	2,266	2,279	2,292	2,305	2,317	2,326	2,339	2,349	2,359	2,368	2,377
Mar.	2,354	2,357	2,360	2,362	2,363	2,363	2,363	2,362	2,360	2,357	2,354	2,350	2,345	2,340	2,334	2,317	2,319	2,311	2,302	1,818
Abr.	2,197	2,182	2,167	2,151	2,134	2,117	2,099	2,081	2,062	2,043	2,023	2,002	1,981	1,959	2,937	1,914	1,891	1,867	1,843	1,818
May.	2,137	2,108	2,079	2,050	2,020	1,980	1,959	1,927	1,896	1,864	1,832	1,799	1,767	1,733	1,700	1,666	1,632	2,598	1,564	1,329
Jun.	1,990	1,956	1,922	1,888	1,854	1,820	1,785	1,750	1,715	1,679	1,644	1,608	1,572	1,536	1,500	1,464	1,427	1,391	1,354	1,431
Jul.	2,091	2,050	2,026	1,995	1,960	1,976	1,893	1,858	1,824	1,789	1,754	1,719	1,684	1,648	1,612	1,576	1,540	1,504	1,467	1,719
Ago.	2,216	2,194	2,172	2,150	2,126	2,103	2,078	2,054	2,028	2,003	1,976	1,950	1,922	1,895	1,867	1,838	1,809	1,780	1,750	2,056
Set.	2,256	2,251	2,246	2,240	2,234	2,226	2,218	2,210	2,201	2,191	2,180	2,169	2,157	2,144	2,131	2,170	2,103	2,068	2,072	2,512
Oct.	2,358	2,372	2,386	2,398	2,411	2,422	2,233	2,433	2,453	2,462	2,470	2,477	2,464	2,490	2,496	2,500	2,504	2,508	2,510	2,512
Nov.	2,234	2,263	2,290	2,318	2,345	2,371	2,397	2,423	2,448	2,473	2,497	2,520	2,543	2,566	2,588	2,610	2,631	2,651	2,671	2,691
Dic.	2,265	2,301	2,337	2,372	2,407	2,442	2,476	2,510	2,544	2,577	2,610	2,643	2,675	2,706	2,738	2,769	2,799	2,830	2,859	2,889

Fuente: Vásquez (2000)

Calcularemos el ETo del mes de Enero

Temperatura media mensual (TMF).

Para el mes de enero en la tabla 7 la temperatura media mensual es de 14.81 °C reemplazamos en la ecuación 2.2

$$TMF = \frac{9}{5} 14.81 + 32$$

$$TMF = 58.66 \text{ °F}$$

Factor de corrección por humedad relativa (CH)

La humedad relativa para el mes de enero de la tabla 7 es de 66.67 % es mayor al 64% se tiene que utilizar la ecuación 2.3

$$CH = 0.166 * (100 - 66.67)^{0.5}$$

$$CH = 0.958$$

Factor de corrección para la elevación del lugar (CE)

En el anexo de datos climatológicos la altitud de la estación meteorología es de 3250 m.s.n.m reemplazamos en la ecuación 2.4

$$CE = 1 + 0.04 * \frac{3250}{2000}$$

$$CE = 1.065$$

MF: Para el cálculo del factor mensual de latitud sur se tiene que interpolar la tabla 8. En el anexo de datos climatológicos la latitud es de 13°12'54"

La latitud sur que está en minutos y segundos tenemos que convertirlo en grados.

$$13 + \frac{12}{60} + \frac{54}{3600}$$

$$13.215^\circ$$

Interpolamos la tabla 8 nuestra latitud sur se encuentra entre la latitud 13° y 14°

$$\frac{13^\circ - 13.215^\circ}{13^\circ - 14^\circ} = \frac{2.652^\circ - MF}{2.652^\circ - 2.680}$$

$$MF = 2.669$$

Reemplazamos los datos obtenidos a la ecuación 2.1 para calcular la evapotranspiración potencial para el mes de enero

$$ET_o = 58.66 * 0.958 * 1.065 * 2.669$$

$$ET_o = 159.74 \frac{\text{mm}}{\text{mes}}$$

$$ET_o = 5.2 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Los cálculos a detalle de la ET_o de todos los meses se muestran en el anexo demanda de agua

- **Calculo de la precipitación efectiva**

De los datos climatológicos se utilizó la precipitación, realizando el cálculo de la precipitación al 75% de cada mes como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Precipitación efectiva al 75%

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1991	105.1	193.3	144.8	38.9	10.1	35.3	24.7	36.4	15.1	42.9	42.0	55.9
1992	148.4	127.1	100.0	105.0	15.4	12.5	20.4	22.4	66.1	52.8	114.5	192.5
1993	156.4	167.9	150.0	71.9	5.2	6.2	32.7	7.3	22.6	25.2	60.4	126.3
1994	143.2	111.4	148.9	60.8	13.0	1.0	10.3	4.5	19.2	54.7	89.6	83.2
1995	101.2	100.4	186.5	48.8	13.2	2.1	0.3	19.5	31.3	68.6	26.4	82.8
1996	180.3	195.6	108.2	53.5	6.2	0.0	3.1	42.8	50.5	51.4	124.1	135.4
1997	181.9	152.0	98.8	44.3	2.1	18.8	0.0	0.8	19.0	73.8	50.1	75.2
1998	136.6	165.9	130.5	19.8	0.5	3.7	5.0	0.0	57.2	25.7	79.1	96.1
1999	137.9	225.0	110.5	16.4	30.3	17.3	49.0	5.1	9.4	65.7	20.8	94.1
2000	188.4	75.5	123.1	36.4	43.9	5.9	28.3	16.6	15.9	40.2	134.3	80.5
2001	111.2	187.7	162.1	47.8	17.7	1.8	32.6	12.8	35.5	30.2	72.8	115.6
2002	94.2	181.2	120.1	60.8	10.7	0.0	0.0	44.3	9.9	5.8	11.7	118.0
2003	69.8	162.5	65.4	17.0	10.8	9.8	28.8	7.5	29.2	48.8	58.1	168.1
2004	86.5	75.4	178.2	19.4	0.2	0.0	4.4	1.5	22.1	55.3	44.1	151.7
2005	121.3	109.2	111.2	40.7	1.5	1.8	0.0	14.9	9.0	66.7	172.0	68.1
2006	110.2	82.2	141.8	57.5	4.3	0.0	19.0	1.0	25.2	77.7	31.6	109.7
2007	110.2	148.5	72.8	7.9	10.4	2.0	0.0	1.4	8.1	38.4	31.5	74.5
MEDIA	128.40	144.75	126.65	43.93	11.50	6.95	15.22	14.05	26.19	48.46	68.41	107.51
P 75%	105.10	109.20	108.20	19.80	4.29	1.00	0.30	1.50	15.14	38.35	31.59	80.47

El cálculo Precipitación efectiva se determinó por el método Water Power Resource Service, USA (WPRS - USA).

Tabla 10. Porcentaje de la P.E para diversos incrementos de precipitación

Pp	%PE	
5	0	0.00
30	95	0.95
55	90	0.9
80	82	0.82
105	65	0.65
130	45	0.45
155	25	0.25
>155	5	0.05

Calcularemos la precipitación efectiva para el mes de enero utilizando la tabla 9 Y 10.

$$PE \text{ enero} = 5 \times 0 + 25 \times 0.95 + 25 \times 0.90 + 25 \times 0.82 + 25 \times 0.65 + 0.1 \times 0.45$$

$$PE \text{ enero} = 83.05 \text{ mm/mes}$$

$$PE \text{ enero} = 2.68 \text{ mm/dia}$$

- **Formulación de la cedula de cultivo**

La cedula de cultivo se formula con la intervención de los beneficiarios, teniendo en cuenta las especies y variedades más comunes con mayores rendimientos en la zona.

Los cultivos base del lugar está conformada por alfalfa y arveja. Los valores del Kc promedio de la tabla 3

Factor Kc ponderado

Este factor se obtiene a partir del área parcial de cada cultivo propuesto y de la cedula planteada.

Como tenemos 26 hectáreas (15 ha de alfalfa y 11 ha de arveja)

Calcularemos el Kc ponderado del mes de enero

$$\text{Kc ponderado} = \frac{(A * Kc)}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{Kc ponderado} = \frac{15 * 1.05 + 11 * 0.32}{26}$$

$$\text{Kc ponderado} = 0.74$$

Se calcula así el Kc ponderado para cada mes

Tabla 11. Determinación del Kc ponderado

Proyecto	:	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN FUNCION A LA PROGRAMACION DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE URPAYPAMPA - 2016																	
Distrito	:	Vinchos																	
Localidad	:	Urpaypampa																	
DATOS GENERALES :																			
País	:	PERU																	
Estac. Met.	:	Tambillo																	
Altitud	:	3.25 0,0 m.s.n.m																	
Latitud	:	13 °	12´	54´´ S															
Longitud	:	74 °	12´	19,00´´ W															
Periodo	:	1993 - 2008																	
CULTIVOS BASE	B	ÁREA		Kc de los Cultivos												CULTIVOS DE	ÁREA		
		Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ROTACIÓN	R	Há	
ALFALFA		15,00	57,69%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ALFALFA		15,00	57,69%
ARVEJA VERDE		11,00	42,31%	0,32	0,52	0,76	0,90	0,64		0,32	0,52	0,76	0,90	0,64		ARVEJA VERDE		11,00	42,31%
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
		.																.	
Cultivado (há)		26,00	100,00%	Kc pond.=0,74	Kc pond.=0,90	Kc pond.=0,93	Kc pond.=0,99	Kc pond.=0,88	Kc pond.=1	Kc pond.=0,74	Kc pond.=0,90	Kc pond.=0,93	Kc pond.=0,99	Kc pond.=0,88	Kc pond.=1	Cultivado (há)		26,00	100,00%

- **Uso consuntivo ETc**

$$ETc = Kcponderado * ETo..... (2.6)$$

Dónde:

ETc: evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kc: Coeficiente del cultivo promedio

ETP: evapotranspiración potencial (mm/día)

- **Necesidades de requerimiento Neto (NRn)**

$$NRn = ETc - PE..... (2.7)$$

Dónde:

NRn: demanda de agua (mm/día)

ETc: evapotranspiración potencial del cultivo (mm/día)

PE: Precipitación efectiva (mm/día).

- **Necesidad de requerimiento bruto (NRb)**

$$NRb = \frac{NRn}{Er}..... (2.9)$$

Además para la obtención de la NRb del proyecto en (m3/ha) se debe de multiplicar por el número de días y 10.

Dónde:

NRb: Demanda de agua del proyecto (m3/ha).

Da: Demanda de agua (mm/día).

Er: Eficiencia de riego (%).

- **Módulo de Riego (MR)**

El requerimiento de agua que se presenta en el mes más crítico durante la cedula de cultivo.

$$Mr = \frac{NRb*1000}{N^{\circ}días\ mes*24*3600}..... (2.10)$$

A continuación calcularemos el módulo de riego y la demanda de agua.
Para el mes de enero de las ecuaciones mencionadas

- **Uso consuntivo ETc**

En la ecuación 2.6 reemplazamos el kc ponderado y el ETo calculado anteriormente

$$ETc = 0.74 * 5.15$$

$$ETc = 3.82 \text{ mm/día}$$

- **Necesidades de requerimiento Neto (NRn)**

La demanda de agua viene hacer la diferencia de la Uso consuntivo menos la precipitación efectiva,

Por lo tanto la demanda de agua será de la ecuación 2.7

$$NRn = 3.82 - 2.68$$

$$NRn = 1.14 \text{ mm/día}$$

- **Necesidad de requerimiento bruto (NRb)**

Es el resultado de dividir las necesidades de requerimiento neto entre la eficiencia de riego del proyecto cuyo resultado se da en mm/día.

Además para la obtención de la NRb del proyecto en (m³/ha) se debe de multiplicar por el número de días y 10.

$$NRb = \frac{1.14}{0.75}$$

$$NRb = 1.52 \text{ mm/día}$$

$$NRb = 1.52 * 10 * 31$$

$$NRb = 471.89 \frac{\text{m}^3}{\text{ha} * \text{mes}}$$

- **Módulo de Riego (MR)**

El requerimiento de agua que se presenta en el mes más crítico durante la cedula de cultivo.

$$Mr = \frac{471.82 * 1000}{31 * 24 * 3600}$$

$$Mr = 0.18 \frac{lt}{seg * ha}$$

Luego de estos procedimientos realizados, se obtuvo el siguiente reporte de requerimiento o demanda hídrico para la cedula de cultivo en el sistema de riego por aspersión, obtenidos para la comunidad de Urpaypampa dicho reporte se muestra en el capítulo de resultados y anexos.

b.2) Cálculo de las necesidades de riego

Para el cálculo de las necesidades de riego se requiere las características físicas e hídricas del tipo de suelo a regar, así como de los cultivos

Datos del análisis del suelo agrícola

Textura	: F Arenoso
Velocidad de infiltracion (Vb)	: 16.11 mm/hr
Densidad aparente (Da)	: 1.52 gr/cm3
Capacidad de campo (CC)	: 50.2 %
Punto de marchites (PMP)	: 27.2 %

Datos de Cultivo

Prof de raíces (Pr)	: 0.80 m
Humedad aprovechable (Pw)	: 25 %

- **Calculo espaciamiento entre emisores y laterales**

$$de = \frac{D}{2} * (\text{Traslape}) + 2\left(\frac{D}{2} - \frac{D}{2} * \text{Traslape}\right) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$dl = \frac{D}{2} * (\text{Traslape}) + 2\left(\frac{D}{2} - \frac{D}{2} * \text{Traslape}\right) \dots \dots \dots (2.12)$$

Dónde:

de= espaciamiento entre emisores (m)

dl= espaciamiento entre laterales (m)

D= diámetro efectivo del emisor (m)

- **Calculo pluviometría del aspersor**

$$Phr = \frac{qe*1000}{de*dl} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dónde:

qe= Caudal nominal del aspersor (m³/hr)

de= espaciamiento entre emisores (m)

dl= espaciamiento entre laterales (m)

Además para proseguir con el diseño, el modelo del aspersor seleccionado debe cumplir

$$\text{Pluviometría del aspersor} \leq \text{velocidad de infiltración}$$

- **Lámina de agua neta a reponer en cada riego o Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo (LDzr)**

La lámina de agua disponible en el perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo se calcula con la formula

$$LDzr = Hcc - Hpm * \frac{Pea}{Pew} * zr * Pa \dots \dots \dots (2.14)$$

Dónde:

LDzr = lámina de agua disponible, radicular efectiva (cm)

HCc= contenido de humanidad (%).

HPm= contenido de humedad en el punto de marchites (%)

Pea= peso específico aparente del suelo (g/cm³).

Pew = peso específico del agua (g/cm³).

Zr = profundidad radicular efectiva del cultivo (cm)

Pa = Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo (varia de 0 a 1)

- **Evapotranspiración del cultivo**

$$ET_c = ET_o * K_c \dots\dots\dots (2.15)$$

Dónde:

Etc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

- **Calculo de la frecuencia de riego**

$$FR = \frac{LDzr * 10}{ETC} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dónde:

FR= Frecuencia de riego (días)

LDzr= Lámina de agua neta a reponer en cada riego (cm)

ETc= Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)

- **Frecuencia de Riego ajustado**

$$FR. ajus = \text{Valor de la Fr redondeado o asumido en días}$$

- **Calculo del tiempo de riego**

$$TR = \frac{FRajus * ETc}{(Efic.riego * Pluviometria asp)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dónde:

TR= Tiempo de riego (hrs)

FR ajus= Frecuencia de riego ajustado (cm)

ETc= Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)

Phr= Pluviometría del aspersor

- **Numero de aspersores a funcionar con el Q de descarga (N° Asp)**

$$N^{\circ} Asp = \frac{Q_{descarga}}{Q_{Asp}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dónde:

N° Asp= Aspersores por turno de riego (Aspersores /turno).

Q descarga = caudal de descarga (lt/seg).

Q aspersor = caudal del aspersor (lt/seg).

Calculo de las necesidades de riego para el Aspersor Xcel – Wobbler

Para el cálculo de las necesidades de riego se necesita datos de:

- **Datos de clima**

Se obtiene a partir de los datos de demanda de agua

- **Datos de Suelo**

Datos que se obtiene el análisis de suelo, teniendo en cuenta los datos de suelo (textura, capacidad de campo, punto de marchites, densidad aparente).

Tabla 12. Datos de suelo

DATOS DEL SUELO	
Textura	F. Arenoso
Cont de H° a Capac camp [HCc]	50,2 %
Cont de H° en pto de March [HPm]	27,2 %
Peso específico aparente [Pea]	1,52 gr/Cm3
Velocidad de infiltrac básica: [I]	16,11 mm/Hr
Profundidad efectiva [m]	1,00 m
Peso específico del agua [Pew]	1,00 gr/Cm3

- **Datos de cultivo**

Tabla 13. Datos de cultivo

DATOS DEL CULTIVO		
Nombre:		Alfalfa
Fase		Media Temporada
Kc		0,90
% del área bajo riego Par	Min.% Area B R	100 %
	Max.% Area B R	100 %
Profundidad radicular efectiva: [zr]		0,80 m
Máx % de agua aprovechable: [Pa]		25,0 %

- **Datos de fuente**

Del cálculo de la demanda de agua se tiene un caudal de descarga del reservorio.

Tabla 14. Datos de la fuente

DATOS DE LA FUENTE	
Caudal de descarga: [Qs]	35,22 lt/sg

- **Datos del sistema de riego**

Tabla 15. Características técnicas del aspersor

SISTEMA DE RIEGO	
Método	Asperción
Eficiencia: [Ef]	75,0 %
Porc. de traslape en aspersores (de, dl)	78,00%
Modelo del Aspersor	XCEL - Wobbler: Angulo Alto-Medio, Boq. Nº 14 - Azul 5,56 MM
Presión de funcionamiento	8 - 11 m
Caudal nominal del aspersor [qe]	1,112 m ³ /Hr
Diámetro efectivo [d]	14,95 m

Calculo de marco de riego

Considerando la topografía, caudal de oferta, textura del suelo y el tipo de cultivo, se seleccionó un aspersor Xcel – Wobbler: Angulo Alto – Medio, Boquilla N°14 Azul 5.56 mm.

Calculo espaciamiento entre emisores

Reemplazando en la ecuación (2.13) y (2.12) utilizando la tabla 15 donde tenemos el porcentaje de traslape en aspersores y diámetro efectivo.

$$de = \frac{14.90}{2} * (0.78) + 2\left(\frac{14.90}{2} - \frac{14.90}{2} * 0.78\right)$$

$$de = 9.1 \text{ m}$$

$$dl = \frac{14.90}{2} * (0.78) + 2\left(\frac{14.90}{2} - \frac{14.90}{2} * 0.78\right)$$

$$dl = 9.1 \text{ m}$$

Calculo Pluviometría del aspersor

Reemplazando en la ecuación (2.11) y utilizando la tabla 15 donde tenemos caudal nominal del aspersor

$$Phr = \frac{1.112 * 1000}{9.1 * 9.1}$$

$$Phr = 13.36 \text{ mm/hr}$$

En el riego por aspersión la precipitación horaria del emisor debe ser inferior a la velocidad de infiltración básica del suelo a fin de evitar pérdidas y daños por escurrimiento superficial.

$$Phr \text{ Aspersor} \leq I_{basica} (\text{suelo})$$

$$13.36 \frac{\text{mm}}{\text{Hr}} \leq 16.11 \frac{\text{mm}}{\text{Hr}} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva (LAzr)

Reemplazando en la ecuación (2.14) y utilizando la tabla 12 y 13 donde reemplazaremos datos de suelo y cultivo

$$LAzr = \frac{(50.2 - 27.2)}{100} * 1.52 * 80 * 0.25$$
$$LAzr = 6.992 \text{ cm}$$

Evapotranspiración del cultivo

Reemplazando en la ecuación (2.15)

$$ETc = 4.9 * 0.9$$
$$ETc = 4.41 \text{ mm/día}$$

Intervalo de riego (Ir)

Reemplazando en la ecuación (2.16)

$$Ir = \frac{6.992 * 10}{4.41}$$
$$Ir = 15.85 \text{ días}$$

Intervalo de riego ajustado Ir (aj)

En nuestro caso tendremos un intervalo de riego ajustado de Ir (aj)= 7días

Horas de riego por turno (Ht)

Reemplazando en la ecuación (2.17)

$$Ht = \frac{7 * 4.41}{0.75 * 13.36}$$
$$Ht = 3 \text{ horas}$$

Numero de aspersores a funcionar con el Q de descarga (N° Asp)

Reemplazando en la ecuación (2.18) y utilizando la tabla 14 donde reemplazaremos el caudal de descarga,

$$N^{\circ} Asp = \frac{35.20}{0.31}$$

$$N^{\circ} Asp = 114 / \text{turno}$$

Los cálculos a detalle de las necesidades de riego de los aspersores Xcel Wobller de diámetro 16.55 m y aspersor ibis de diámetro 35 m se muestra en el anexo de cálculo de las necesidades de riego.

c) Distribución de aspersores por parcela

Se ha realizado la distribución de aspersores en cada parcela, teniendo en cuenta la presión de trabajo, marco de riego o la separación entre aspersores y laterales la cantidad de aspersores se calcula en función:

$$N^{\circ} Asp = \frac{\text{Area (Parcela)}}{\text{Marco de riego}}$$

d) Ubicación de los laterales

Después de haber sido distribuidos los aspersores en cada parcela se comienza a trazar los laterales siguiendo las curvas de nivel, con la intención de mantener una uniformidad en la pendiente del lateral.

e) Ubicación de los hidrantes

Se procuró que los hidrantes estén ubicados dentro del límite de sus parcelas con intención de ser más propio su riego así evitar conflictos sociales cuando un hidrante es compartido

f) Ubicación preliminar de las tuberías primarias, secundarias

Realizado la distribución de aspersores, laterales e hidrantes, dibujamos el trazo preliminar de la red primaria y secundaria desde el reservorio hasta los hidrantes ubicados en las parcelas proyecto.

En lo posible las redes de distribución se deben trazar los por linderos de la parcela. El trazo preliminar es como un posible trazo que nos ayudara a trazar en el programa GestarCad.

Se tuvo algunos cambios debidos que en la programación de turno no se llegaba a los parámetros de diseño

g) Programación de turnos

Teniendo la distribución de aspersores, el trazo preliminar se comienza con la programación de turnos con los resultados del diseño agronómico.

Se utilizó dos tipos de aspersores Xcel con dos diámetros que varían en función a la presión de trabajo.

- Xcel de diámetro 14.95 m, caudal de 0.31 lt/seg por turno de riego se tiene que utilizar 114 aspersores.
- Xcel de diámetro 16.5 m, caudal de 0.42 lt/seg por turno de riego se utiliza 85 aspersores.

El segundo aspersor cuyo modelo es Ibis:

- Ibis de diámetro 30 m, caudal de 1.18 lt/seg por turno de riego se utilizó 30 aspersores.

La frecuencia de riego es de 7 días, con 4 turnos por día y un tiempo de riego de 3 horas por turno.

Teniendo esta información empezamos hacer la programación de turno riego empezando a sectorizar las parcelas por turnos y días se realizó la programación de riego comenzando de arriba hacia abajo. En nuestro trabajo de tesis se ha planteado tres programaciones de riego diferentes en la cual se detalla en los planos de programación de turno de cada alternativa planteada manteniendo para los tres planteamientos la misma línea de distribución, cuatro turnos por día, el mismo tiempo de riego.

h) Modelamiento de la red de distribución con el programa GestarCAD

Una vez realizada la programación del turno, el trazo preliminar de la red de distribución, se procede de las siguientes etapas:

- Para comenzar con el modelamiento del Gestar Cad tenemos que tener un plano de curvas de nivel (0.2 a 1m), cuando ubicamos los nudos, hidrantes reservorios, tuberías reconozcan las cotas de los elementos mencionados.
- Abrimos el programa Gestar Cad 1.0 nos pedirá que asociemos una base de datos de la red nos vamos al menú fichero, red nueva, tuberías buscamos nuestra base de datos y asociamos a red nueva. Guardamos el archivo en formato red.
- Iniciamos a realizar la comunicación del programa Gestar Cad 1.0 con el AutoCAD Map 2000i. Abrimos el dibujo que tenemos que contiene (el trazo preliminar, ubicación de hidrantes, programación de turnos). en el AutoCAD Map 2000i y buscamos el archivo guardado en formato red empezamos a trabajar con el Gestar Cad 1.0 de acuerdo a nuestro plano empezamos a ubicar el reservorio, trazar la línea de conducción, los nodos, ubicar los hidrantes (en el consumo de hidrantes empezamos a llenar el caudal de demanda de acuerdo a la cantidad de aspersores que tiene cada hidrante. Como por ejemplo si mi hidrante tiene 3 aspersores ibis el consumo del hidrante será de 3.54l/s el caudal de cada aspersor es de 1.18l/s, Lugo empezamos a dimensionar la tubería de cada turno de riego abriendo todos los hidrantes que están dentro ese turno de riego, de acuerdo de las presiones, velocidades se empieza a ampliar o disminuir del diámetros de las tuberías.

i) Reporte de tuberías, características hidráulicas de cada turno de riego

Una vez obtenidos los resultados adecuados de cada turno de riego se proseguí con el reporte de características hidráulicas de la tuberías de la red (presión estática, presión dinámica, longitud, clase tubería, velocidad). Considerando los parámetros permisibles velocidad.

La hoja de cálculo utilizado clasifica las clases de tuberías con sus respectivas longitudes.

En el anexo se presenta un manual de como realizamos detalladamente el modelamiento con el programa GestarCad.

j) Planos

Se realizó con el programa AutoCad Civil 3D el dibujo de los planos del proyecto de tesis, planos topográfico y parcelario, plano hidráulico de cada alternativa, plano programación de turnos de cada alternativa, plano de distribución de aspersores y obras de arte.

k) Metrado y Presupuesto

Los costos de inversión son aquellas erogaciones necesarias para la construcción del sistema riego.

Se partió con los datos obtenidos en el diseño hidráulico, se empezaron se realizado el metrado de las tuberías, accesorios, obras de arte para cada alternativa propuesta.

Se realizaron cotización de materiales, finamente obtener el presupuesto de cada alternativa. ‘

III. RESULTADOS

3.1 Procesamiento de los datos recopilados en el campo (datos topográficos con estación total y GPS)

Como resultado de los trabajo de campo y gabinete, del levantamiento topográfico una vez procesado se presentaron en un plano, el parcelamiento del terreno, identificando 86 parcelas agrícolas que suman un total de 26 ha. En el plano topográfico y parcelario se detalla el número de parcela, beneficiario, área en hectáreas.



Figura 17. Plano topográfico y parcelario

Tabla 16. Áreas de riego y beneficiarios de la comunidad de Urpaypampa

BENEFICIARIOS		
NOMBRE DEL USUARIO	PARCELAS	AREA BAJO RIEGO
		ha
ATANACIA ARANGO CASTILLO	1 PARCELA	0,227
VIDALINA PALOMINO YAURI	2 PARCELA	0,202
HERMINIGILDO SULCA ATAUQUI	3 PARCELA	0,222
BENITA QUISPE FERNADES	4 PARCELA	0,221
FELIPE RIVEROS GOMEZ	5 PARCELA	0,44
RUBEN QUISPE CHACMANA	6 PARCELA	0,38
ALBERTO CURI YAURI	7 PARCELA	0,591
JULIAN PARIONA SUAREZ	8 PARCELA	0,411
FELIPE RIVEROS GOMEZ	9 PARCELA	0,307
VIDAL ARANGO CISNEROS	10 PARCELA	0,201
RUFINO QUISPE PARIONA	11 PARCELA	0,276
FELIX RIVEROS GOME GOMEZ	12 PARCELA	0,252
FELIX QUISPE LOPES	13 PARCELA	0,316
FELIPE BAUTISTA YAURI	14 PARCELA	0,581
POMPEYO LICAPA VENTURA	15 PARCELA	0,48
FELIX QUISPE LOPES	16 PARCELA	0,232
RAUL CURI YAURI	17 PARCELA	0,251
ALBERTO CURI YAURI	18 PARCELA	0,258
RAQUEL CHACMANA VENTURA	19 PARCELA	0,297
NOE CHACMANA VENTURA	20 PARCELA	0,353
MATILDE CHACMANA FERNANDEZ	21 PARCELA	0,882
MATILDE CHACMANA FERNANDEZ	22 PARCELA	0,882
FELIPE BAUTISTA YAURI	23 PARCELA	0,295
ANTONIA ELVIRA SULCA	24 PARCELA	0,262
BETTY CALDERON LOZANO	25 PARCELA	0,237
EDWIN PARIONA FLORES	26 PARCELA	0,265
JULIO CALDERON CISNEROS	27 PARCELA	0,221
SATURNINO YAURI BAUTISTA	28 PARCELA	0,281
EDUARDO CHACMANA FERNANDEZ	29 PARCELA	0,2
TIMOTEO CURI YAURI	30 PARCELA	0,381
RICARDO PARIONA QUISPE	31 PARCELA	0,206
VICENTE VENTURA ATAUQUI	32 PARCELA	0,255
NICANOR VENTURA ATAUQUI	33 PARCELA	0,297
MAXIMINA FLORES SUARES	34 PARCELA	0,262
FAVIANA CURI YAURI	35 PARCELA	0,247
SEVERIANO VENTURA ATAUQUI	36 PARCELA	0,218
ISIDORA MEDINA GONZALES	37 PARCELA	0,121
FRANCISCA GONZALES YACHAPA	38 PARCELA	0,121
REYMUNDO BAUTISTA GONZALES	39 PARCELA	0,226
TOMAZA BAUTISTA CUBA	40 PARCELA	0,269
RAUL CURI YAURI	41 PARCELA	0,272
TEOFILO VENTURA QUISPE	42 PARCELA	0,224
JULIAN PARIONA VENTURA	43 PARCELA	0,217
ATANACIA ARANGO CASTILLO	44 PARCELA	0,263
POMPEYO GAMBOA PALOMINO	45 PARCELA	0,266
EVARISTO QUISPE PARIONA	46 PARCELA	0,27
FROILAN RIVEROS AGUILAR	47 PARCELA	0,277
MARIA ASENCIONA CUBA ARANGO	48 PARCELA	0,263
FELIPE RIVEROS GOMEZ	49 PARCELA	0,208
REYMUNDO BAUTISTA GONZALES	50 PARCELA	0,233
RUFINO QUISPE PARIONA	51 PARCELA	0,194
BENITA QUISPE FERNADES	52 PARCELA	0,29
FAVIANA CURI YAURI	53 PARCELA	0,25
FELICITAS BAUTISTA YAURI	54 PARCELA	0,227
MARIA YAURI FERNANDEZ	55 PARCELA	0,267
REYNA CURI YAURI	56 PARCELA	0,295
VICTORIA CARDENAS GOYO	57 PARCELA	0,273
VICENTE VENTURA ATAUQUI	58 PARCELA	0,136
HERMINIGILDO SULCA ATAUQUI	59 PARCELA	0,182
MARIANO VENTURA ATAUQUI	60 PARCELA	0,259
DONATO CALDERON LOZANO	61 PARCELA	0,217
ROSENDA CHACMANA FERNANDEZ	62 PARCELA	0,228
JUANA CHACMANA VENTURA	63 PARCELA	0,217
JACINTA GONZALES YACHAPA	64 PARCELA	0,135
PAULINO CASTRO GUTIERRES	65 PARCELA	0,164
TOMAZA BAUTISTA CUBA	66 PARCELA	0,284
VICENTE VENTURA ATAUQUI	67 PARCELA	0,221
TIMOTEO CURI YAURI	68 PARCELA	0,261
POMPEYO GAMBOA PALOMINO	69 PARCELA	0,218
GLADYS EUGENIA TUPIA SULCA	70 PARCELA	0,226
ALBINA LOZANO NOA	71 PARCELA	0,272
NOE CHACMANA VENTURA	72 PARCELA	0,279
MARTHA BAUTISTA VENTURA	73 PARCELA	0,141
ISIDORA MEDINA GONZALES	74 PARCELA	0,122
RUFINO QUISPE PARIONA	75 PARCELA	0,287
BENITA QUISPE FERNADES	76 PARCELA	0,272
MERCEDES VENTURA SULCA	77 PARCELA	0,319
ELENA AYALA PALOMINO	78 PARCELA	0,294
TIMOTEO CURI YAURI	79 PARCELA	0,3
RAUL CURI YAURI	80 PARCELA	0,135
ALBERTO CURI YAURI	81 PARCELA	0,166
PRIMITIVA YAURI BAUTISTA	82 PARCELA	0,243
MARIO VENTURA ATAUQUI	83 PARCELA	0,101
FELIX QUISPE LOPES	84 PARCELA	0,117
FELIPE RIVEROS GOMEZ	85 PARCELA	0,195
NOE CHACMANA VENTURA	86 PARCELA	0,118

3.2 Análisis de agua

De los resultados del laboratorio tenemos una clasificación C1-S1

C1: agua de baja salinidad, puede utilizarse para el riego de la mayoría de los cultivos y en cualquier tipo de suelo

S1: agua de salinidad media.

El resultado nos dice que el agua tiene una salinidad baja, apto para el riego en todo los caso.

3.3 Análisis del suelo

Los análisis físicos del tipo de suelo que se encuentra en la comunidad de Uraypampa arrojan una textura FRANCO ARENOSA con una CC: 50.2%, PMP: 27.2% y una densidad aparente 1.52 g/cc.

Prueba de infiltración

De haber realizado los cálculos la prueba de infiltración nos da un resultado de 16,11 mm/hr. Tal como detallaremos en el anexo del cálculo de la infiltración

3.4 Diseño Agronómico

Evapotranspiración potencial

Con los datos meteorológicos de la estación de Tambillo, ver anexo datos climatológicos y mediante el método empírico de Hargreaves en base a la temperatura se obtuvo la evapotranspiración potencial máxima diario de $ET_o = 5,5$ mm/día y una máxima mensual de $ET_o = 164.2$ mm/mes. Que representa el mes de noviembre, debido a las altas temperaturas durante dicho mes.

3.4.1 Demanda de agua

Como resultado del trabajo de gabinete del cálculo demanda de agua de acuerdo calculado las fórmulas de la demanda de agua como resultado se muestran en la Tabla 17. La mayor demanda de agua es el mes de agosto de 1812.67 m³/ha, resultando el módulo de riego es de 0.68l/s/ha. El área de riego es de 26 ha, el caudal de diseño es de 17.60 l/s.

Tabla 17. Calculo de la demanda de agua

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA												
BALANCE HIDRICO POR EL METODO DE HARGREAVES												
Proyecto :		DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN FUNCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE URPAYPAMPA - 2016										
Distrito :		Vinchos										
Localidad :		Urpaypampa										
DATOS GENERALES :												
País :		Peru										
Estac. Met. :		Tambillo										
Altitud :		3,250 m.s.n.m										
Latitud :		13° 12' 54" S										
Longitud :		74° 06' 19,00" W										
Periodo :		1993 - 2008										
Eficiencia de riego :		75%										
DESCRIPCIÓN	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Número de días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
(Kc) Promedio Coeficiente de Cultivo	0,74	0,90	0,93	0,99	0,88	1,05	0,74	0,90	0,93	0,99	0,88	1,05
(ETO) HARGREAVES (mm/día)	5,15 mm/día	4,50 mm/día	4,28 mm/día	3,55 mm/día	3,42 mm/día	3,04 mm/día	3,14 mm/día	4,90 mm/día	4,44 mm/día	5,10 mm/día	5,49 mm/día	5,44 mm/día
(ETC) Uso consultivo (mm/día)	3,82 mm/día	4,02 mm/día	3,97 mm/día	3,50 mm/día	3,00 mm/día	3,19 mm/día	2,33 mm/día	4,39 mm/día	4,12 mm/día	5,04 mm/día	4,81 mm/día	5,71 mm/día
(PE) Pp. Efectiva por (WFRS - USA) (mm/día)	2,68 mm/día	3,03 mm/día	2,72 mm/día	0,47 mm/día	0,00 mm/día	0,00 mm/día	0,00 mm/día	0,00 mm/día	0,32 mm/día	1,01 mm/día	0,84 mm/día	2,16 mm/día
(NRn) Necesidad de requerimiento Neto (mm/día)	1,14 mm/día	0,99 mm/día	1,24 mm/día	3,03 mm/día	3,00 mm/día	3,19 mm/día	2,33 mm/día	4,39 mm/día	3,80 mm/día	4,03 mm/día	3,97 mm/día	3,55 mm/día
(Er) Eficiencia de riego	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
(NRb) Necesidad de requerimiento Bruto (mm/día)	1,52 mm/día	1,32 mm/día	1,65 mm/día	4,04 mm/día	4,00 mm/día	4,26 mm/día	3,10 mm/día	5,85 mm/día	5,06 mm/día	5,37 mm/día	5,30 mm/día	4,73 mm/día
(NRb) Necesidad de requerimiento Bruto (m³/ha)	471,89 m³/ha	370,49 m³/ha	513,04 m³/ha	1212,78 m³/ha	1240,63 m³/ha	1276,72 m³/ha	962,05 m³/ha	1812,67 m³/ha	1519,26 m³/ha	1664,31 m³/ha	1589,88 m³/ha	1465,97 m³/ha
(A) Área del proyecto (has)	26,00 Ha	26,00 Ha	26,00 Ha	26,00 Ha	26,00 Ha	15,00 Ha	26,00 Ha	26,00 Ha	26,00 Ha	26,00 Ha	26,00 Ha	15,00 Ha
(Mr) Módulo de riego (litros/seg/has.)	0,18	0,15	0,19	0,47	0,46	0,49	0,36	0,68	0,59	0,62	0,61	0,55
(D) Demanda de H ₂ O del Proyecto (litros/seg)	4,58 l/s	3,98 l/s	4,98 l/s	12,17 l/s	12,04 l/s	7,39 l/s	9,34 l/s	17,60 l/s	15,24 l/s	16,16 l/s	15,95 l/s	8,21 l/s
ETC = ETO x Kc (mm/mes)		NRn = ETC - PE (mm/día)		NRb = Nn / Er (mm/mes)		Mr = (NRb x 1000) / (mes x hora de riego x 3600) (lt/ses)				D = Area x Mr (lt/sg)		
Tiempo de riego en Horas												24 Hr
Demanda de agua para el proyecto(D)												17,60 l/s
Modulo de riego para el proyecto (Mr)												0,68 l/s/ha

De la Tabla se verifica que el diseño del sistema de riego por aspersión es para el mes de agosto, por ser crítico y donde los cultivos requieren mayor demanda.

3.4.2 Necesidades de riego

De acuerdo a la demanda de agua, se obtuvo un caudal de diseño de 17.60 l/s. para un tiempo de 24 horas ya que se encuentra con un sistema de almacenamiento (reservorio nocturno), que tiene la función de almacenar el agua por las noches y vaciarse durante el día.

El caudal de descarga es de 35.20 l/s, se ha seleccionado dos tipos de aspersores para el funcionamiento del presente trabajo por consideraciones de la topografía, ubicación de los hidrantes entre parcelas y la fuente de agua, teniendo una frecuencia de riego de siete días, cuatro turnos al día, tres horas por turno.

Tabla 18. Resultados necesidades de riego de cada aspersor

	Xcel Wobbler		Ibis
Presion Operación	8 - 11 m.c.a	15 - 19 m.c.a	30 - 37 m.c.a
Caudal	0,31 lt/seg	0,41 lt/seg	1,18 lt/seg
Diametro	14,95 m	16,5 m	35 m
Espaciamiento entre Aspersores	9,1 m	10,6 m	17,9 m
Numero Aspersores por turno	114	85	30
Espaciamiento entre laterales	9,1 m	10,6 m	17,9 m
Frecuencia de riego	7 dias	7 dias	7 dias
Turno de riego diario	4	4	4
Horas de riego por turno	3 horas/turno	3 horas/turno	3 horas/turno

En la Tabla 18 se muestra los parámetros de operación de cada aspersor, teniendo estos datos se comienza hacer la distribución de aspersores en las parcelas.

3.5 Numero de aspersores por parcela

Tabla 19. Numero de aspersores por parcela

PARCELAS	N° ASPERSORES	PARCELAS	N° ASPERSORES
1 PARCELA	25	44 PARCELA	9
2 PARCELA	22	45 PARCELA	9
3 PARCELA	23	46 PARCELA	9
4 PARCELA	24	47 PARCELA	8
5 PARCELA	44	48 PARCELA	9
6 PARCELA	42	49 PARCELA	6
7 PARCELA	58	50 PARCELA	7
8 PARCELA	46	51 PARCELA	6
9 PARCELA	32	52 PARCELA	9
10 PARCELA	22	53 PARCELA	9
11 PARCELA	30	54 PARCELA	7
12 PARCELA	27	55 PARCELA	9
13 PARCELA	34	56 PARCELA	9
14 PARCELA	49	57 PARCELA	8
15 PARCELA	29	58 PARCELA	4
16 PARCELA	20	59 PARCELA	7
17 PARCELA	23	60 PARCELA	8
18 PARCELA	23	61 PARCELA	7
19 PARCELA	25	62 PARCELA	9
20 PARCELA	30	63 PARCELA	5
21 PARCELA	28	64 PARCELA	5
22 PARCELA	39	65 PARCELA	6
23 PARCELA	25	66 PARCELA	9
24 PARCELA	22	67 PARCELA	9
25 PARCELA	20	68 PARCELA	9
26 PARCELA	23	69 PARCELA	7
27 PARCELA	19	70 PARCELA	8
28 PARCELA	25	71 PARCELA	9
29 PARCELA	18	72 PARCELA	9
30 PARCELA	32	73 PARCELA	5
31 PARCELA	18	74 PARCELA	5
32 PARCELA	20	75 PARCELA	9
33 PARCELA	20	76 PARCELA	9
34 PARCELA	22	77 PARCELA	9
35 PARCELA	23	78 PARCELA	9
36 PARCELA	6	79 PARCELA	9
37 PARCELA	4	6 PARCELA	6
38 PARCELA	4	81 PARCELA	5
39 PARCELA	7	82 PARCELA	9
40 PARCELA	9	83 PARCELA	3
41 PARCELA	9	84 PARCELA	3
42 PARCELA	7	85 PARCELA	7
43 PARCELA	9	86 PARCELA	3

En la Tabla 17 muestra la cantidad de aspersores por parcela

3.6 Plano de distribución de aspersores y programación de turnos

Parcela 1 al 15 se utilizó aspersores Xcel Wobbler de diámetro 14.95 m

Parcela 16 al 35 se utilizó aspersores Xcel Wobbler de diámetro 16.50 m

Parcela 35 al 86 se utilizó aspersores Ibis de diámetro 30 m en la figura

6 se puede apreciar la distribución de los aspersores mencionados.

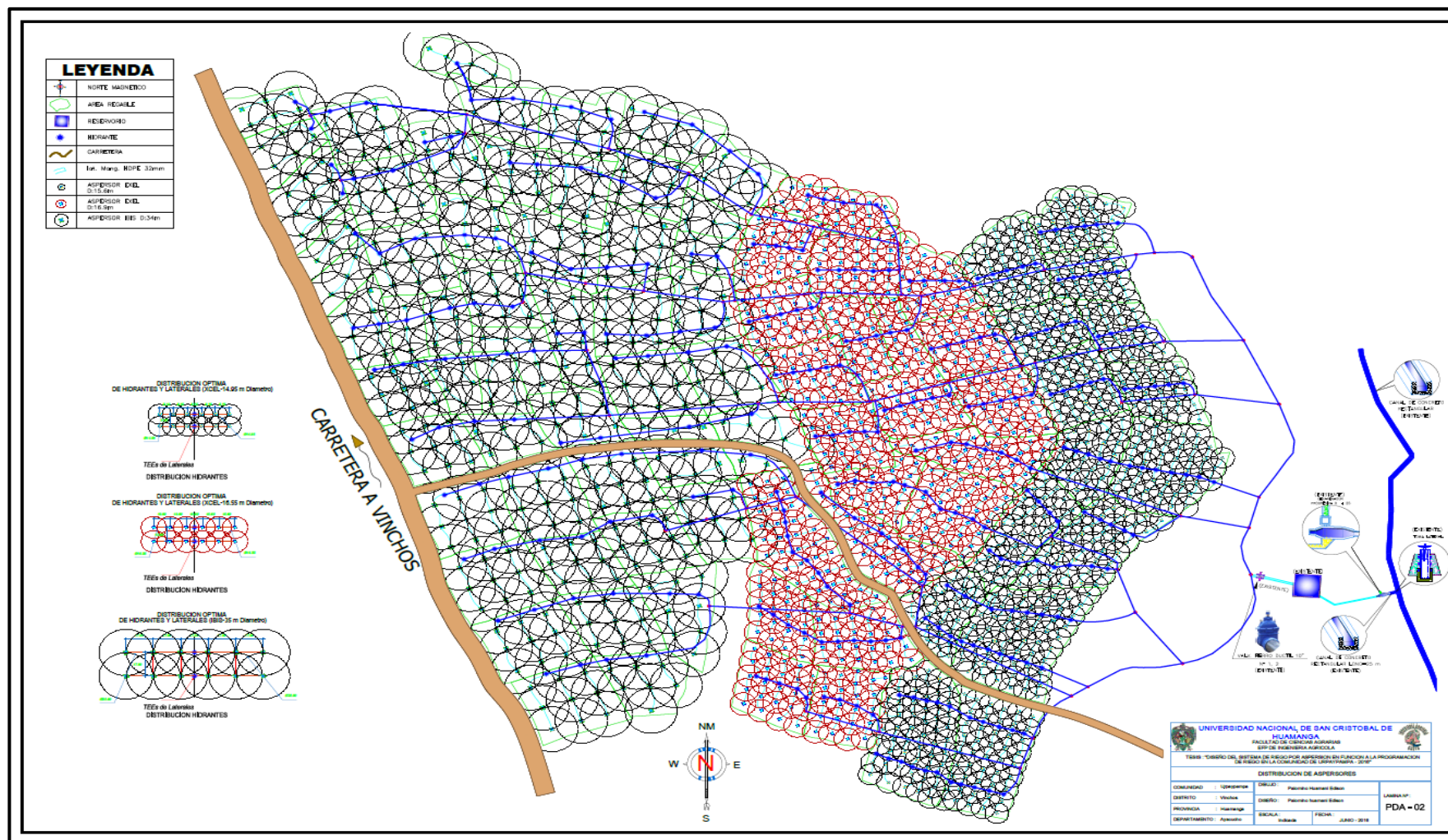


Figura 18. Plano de distribución de aspersores

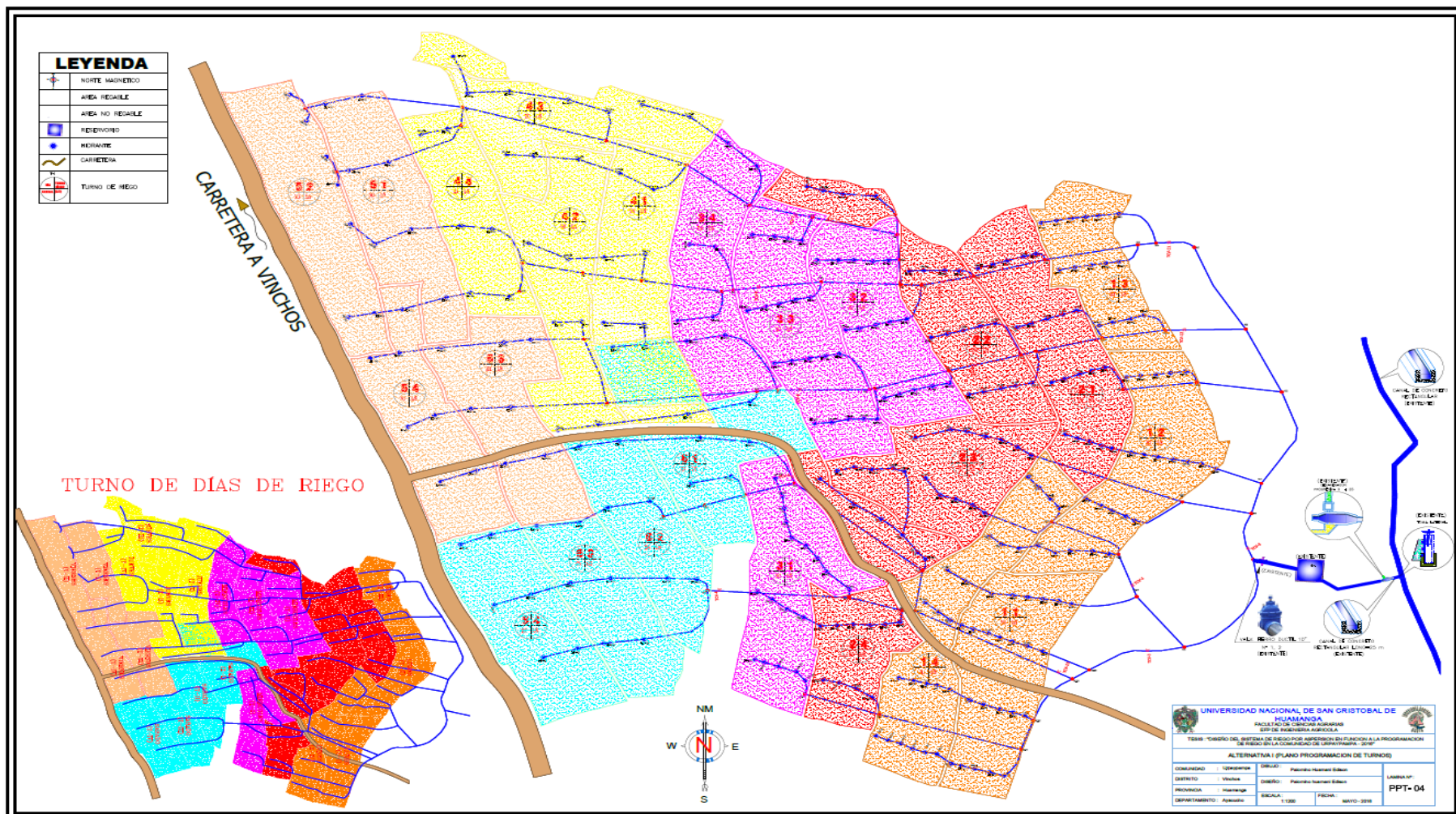


Figura 19. Programación de turnos (Alternativa I)

Alternativa I para el sistema de riego por aspersión como se muestra en la Figura 19

Tabla 20. Resultado de tuberías (Alternativa I)

TUBOS					TOTAL
D. Exterior	D. Interior	D. COMERCIAL	LONGITUD	CLASE	7780,00 m
63,0 mm	59,8 mm	2	956,00 m	C-5	C-5
75,0 mm	71,2 mm	2 1/2	356,00 m	C-5	
90,0 mm	85,6 mm	3	614,00 m	C-5	3108,00 m
110,0 mm	104,6 mm	4	269,00 m	C-5	C-7,5
160,0 mm	152,0 mm	6	836,00 m	C-5	
200,0 mm	190,2 mm	8	37,00 m	C-5	2811,00 m
250,0 mm	237,6 mm	10	40,00 m	C-5	C-10
50,0 mm	46,2 mm	1 1/2	590,00 m	C-7,5	
63,0 mm	58,4 mm	2	756,00 m	C-7,5	1861,00 m
75,0 mm	69,4 mm	2 1/2	439,00 m	C-7,5	
90,0 mm	83,4 mm	3	87,00 m	C-7,5	
110,0 mm	102,0 mm	4	939,00 m	C-7,5	
32,0 mm	28,8 mm	1	29,00 m	C-10	
50,0 mm	45,2 mm	1 1/2	26,00 m	C-10	
63,0 mm	57,0 mm	2	820,00 m	C-10	
75,0 mm	67,8 mm	2 1/2	335,00 m	C-10	
90,0 mm	81,4 mm	3	285,00 m	C-10	
110,0 mm	99,4 mm	4	366,00 m	C-10	

En el Tabla 20 se muestra el resultado de las tuberías de la programación de turno I. La longitud total de la red del sistema de riego es de 7780 m. donde se muestran las clases de tuberías con sus diámetros y longitudes.

Tabla 21. Resultado de válvulas (Alternativa I)

Valvulas	Cantidad
Valvula de Purga 1 pulg	48 unidades
Valvula de aire de 1 pulg	13 unidades
Valvula de 2,5 pulg	1 unidad
Valvula de 3 pulg	1 unidad
Valvula de 4 pulg	5 unidades
Valvula de 6 pulg	5 unidades
Valvula de 8 pulg	1 unidad

En la Tabla 21 se muestra la cantidad de válvulas de diferentes pulgadas.

Tabla 22. Resultado de tuberías (Alternativa II)

TUBOS					TOTAL
D. Exterior ▼	D. Interior ▼	D. COMERCIAL ▼	LONGITUD ▼	CLASE ▼	7780,00 m
63,0 mm	59,8 mm	2	1142,00 m	C-5	C-5 3408,00 m
75,0 mm	71,2 mm	2 1/2	261,00 m	C-5	
90,0 mm	85,6 mm	3	505,00 m	C-5	
110,0 mm	104,6 mm	4	371,00 m	C-5	C-7,5 2447,00 m
160,0 mm	152,0 mm	6	961,00 m	C-5	
200,0 mm	190,2 mm	8	128,00 m	C-5	
250,0 mm	237,6 mm	10	40,00 m	C-5	C-10 1925,00 m
50,0 mm	46,2 mm	1 1/2	317,00 m	C-7,5	
63,0 mm	58,4 mm	2	714,00 m	C-7,5	
75,0 mm	69,4 mm	2 1/2	426,00 m	C-7,5	
90,0 mm	83,4 mm	3	78,00 m	C-7,5	
110,0 mm	102,0 mm	4	400,00 m	C-7,5	
160,0 mm	148,4 mm	6	512,00 m	C-7,5	
32,0 mm	28,8 mm	1	62,00 m	C-10	
50,0 mm	45,2 mm	1 1/2	26,00 m	C-10	
63,0 mm	57,0 mm	2	911,00 m	C-10	
75,0 mm	67,8 mm	2 1/2	541,00 m	C-10	
90,0 mm	81,4 mm	3	143,00 m	C-10	
110,0 mm	99,4 mm	4	91,00 m	C-10	
160,0 mm	144,6 mm	6	151,00 m	C-10	

En el Tabla 22 se muestra el resultado de las tuberías de la programación de turno II. La longitud total de la red del sistema de riego es de 7780 m. donde se muestran las clases de tuberías con sus diámetros y longitudes.

Tabla 23. Resultado de válvulas (Alternativa II)

Valvulas	Cantidad
Valvula de Purga 1 pulg	48 unidades
Valvula de aire de 1 pulg	12 unidades
Valvula de 4 pulg	3 unidades
Valvula de 6 pulg	8 unidades
Valvula de 8 pulg	1 unidad

En la Tabla 23 se muestra la cantidad de válvulas de diferentes pulgadas.

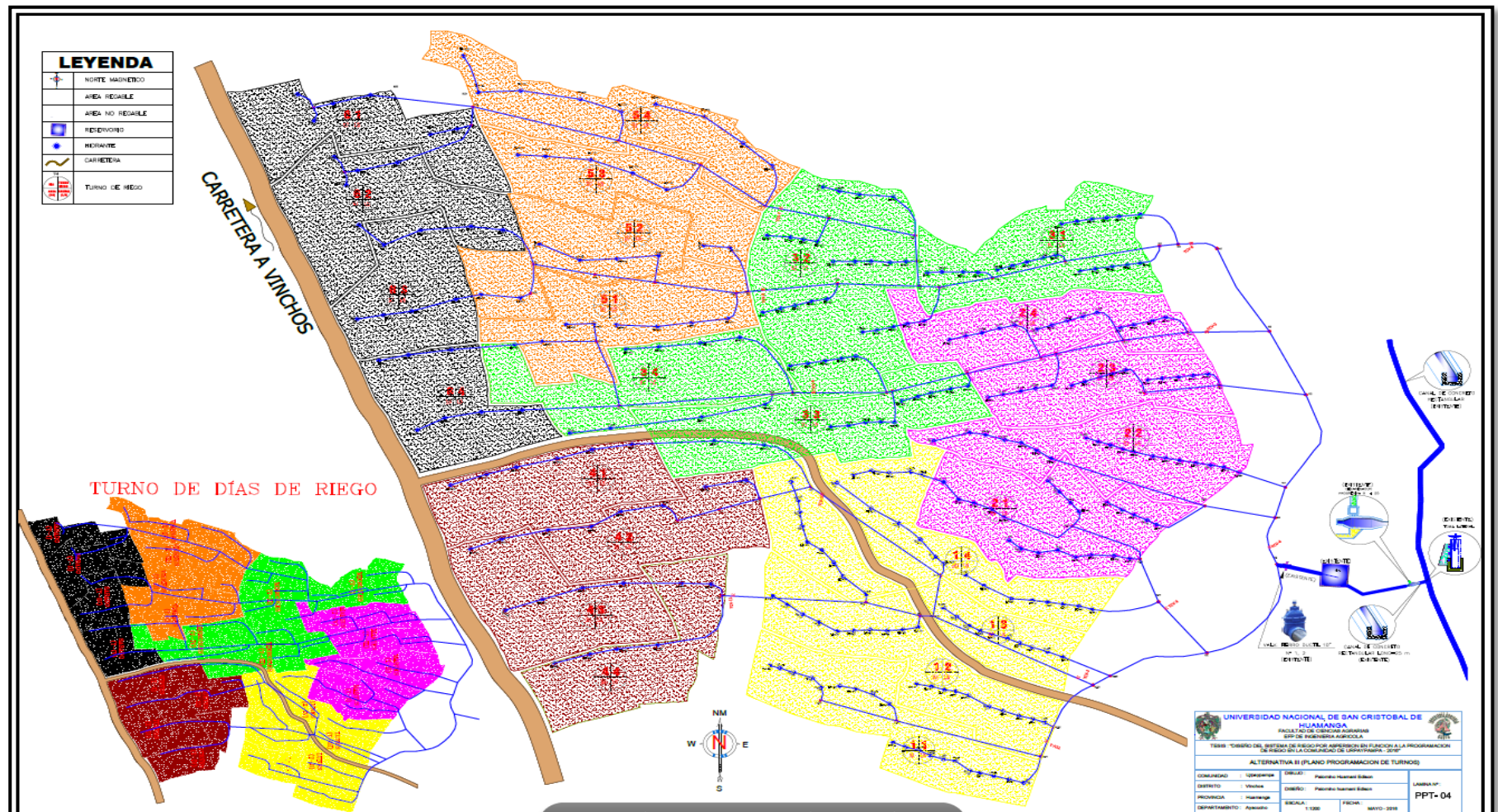


Figura 21. Programación de turnos (Alternativa III)

Tabla 24. Resultado de tuberías (Alternativa III)

TUBOS					TOTAL
D. Exterior	D. Interior	D. COMERCIAL	LONGITUD	CLASE	7780,00 m
63,0 mm	59,8 mm	2	869,00 m	C-5	C-5 3305,00 m
75,0 mm	71,2 mm	2 1/2	371,00 m	C-5	
90,0 mm	85,6 mm	3	275,00 m	C-5	
110,0 mm	104,6 mm	4	490,00 m	C-5	C-7,5 2521,00 m
160,0 mm	152,0 mm	6	1013,00 m	C-5	
200,0 mm	190,2 mm	8	247,00 m	C-5	
250,0 mm	237,6 mm	10	40,00 m	C-5	C-10 1954,00 m
50,0 mm	46,2 mm	1 1/2	387,00 m	C-7,5	
63,0 mm	58,4 mm	2	526,00 m	C-7,5	
75,0 mm	69,4 mm	2 1/2	246,00 m	C-7,5	
90,0 mm	83,4 mm	3	226,00 m	C-7,5	
110,0 mm	102,0 mm	4	429,00 m	C-7,5	
160,0 mm	148,4 mm	6	707,00 m	C-7,5	
50,0 mm	45,2 mm	1 1/2	29,00 m	C-10	
63,0 mm	57,0 mm	2	617,00 m	C-10	
75,0 mm	67,8 mm	2 1/2	235,00 m	C-10	
90,0 mm	81,4 mm	3	466,00 m	C-10	
110,0 mm	99,4 mm	4	525,00 m	C-10	
160,0 mm	144,6 mm	6	82,00 m	C-10	

En el Tabla 24 se muestra el resultado de las tuberías de la programación de turno III. La longitud total de la red del sistema de riego es de 7780 ml. donde se muestran las clases de tuberías con sus diámetros y longitudes.

Tabla 25. Resultado de válvulas (Alternativa III)

Valvulas	Cantidad
Valvula de Purga 1 pulg	48 unidades
Valvula de aire de 1 pulg	11 unidades
Valvula de 4 pulg	1 unidades
Valvula de 6 pulg	9 unidades
Valvula de 8 pulg	1 unidad

En la Tabla 25 se muestra la cantidad de válvulas de diferentes pulgadas.

El cambio de los diámetros de tuberías de cada alternativa y las Válvulas está variando, esto se debe a la programación de riego de cada alternativa.

3.7 Comportamiento Hidráulico

Los resultados de las presiones, velocidades, longitud de la tubería, caudal etc., se calcularon con el programa GestarCad 1.0, que utiliza la formula empírica de Hazen Williams, con el objetivo de optimizar el tiempo de trabajo.

Y en los planos hidráulicos de cada alternativa planteada se muestran las presiones estáticas, presiones dinámicas, longitud de tuberías, clases de tuberías y las válvulas de control de turno.

En la Tabla 26 se muestra el resultado de la alternativa I del primer turno (lunes de 6 am – 9 am), donde se muestran la longitud de las tuberías con sus respectivos diámetros, clase de tubería y su rugosidad.

También se detalla los hidrantes que van a funcionar el día (lunes de 6 am – 9 am), en donde se muestran sus respectivos alturas piezometricas, presión dinámica, consumo de cada hidrante.

Los resultados a detalle de los cálculos hidráulicos de cada alternativa planteada de cada turno de riego se muestran en el anexo de cálculos hidráulicos.

Tabla 26. Comportamiento hidráulico de los elementos y nodos

COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS Y NUDOS EN FUNCIONAMIENTO A LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO											
"DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN FUNCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE URPAYPAMPA - 2016 "											
Departamento : Ayacucho						Distrito : Vinchos					
Provincia : Huamanga						Lugar : Urpaypampa					
ALTERNATIVA I						Lunes, Primer turno(6 am - 9 am)					
Elemento	Nodo Inicial	Nodo Final	Long. (m)	Diám. Int. (mm)	Diám. Exterior (mm)	Diám. Ref (Pulg)	Rugos.	Clase	P. Carga (mca)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)
TUB2	NU1	NU2	91,0 m	152,0 mm	160,0 mm	6	140	C-5	2,04 m	35,4 Lt/sg	1,95 m/sg
TUB163	NU2	NU158	65,0 m	152,0 mm	160,0 mm	6	140	C-5	0,84 m	26,2 Lt/sg	1,44 m/sg
TUB158	NU158	NU180	12,0 m	152,0 mm	160,0 mm	6	140	C-5	0,06 m	15,6 Lt/sg	0,86 m/sg
TUB179	NU180	NU182	42,0 m	104,6 mm	110,0 mm	4	140	C-5	1,28 m	15,6 Lt/sg	1,82 m/sg
TUB181	NU182	NU179	23,0 m	85,6 mm	90,0 mm	3	140	C-5	0,40 m	6,8 Lt/sg	1,18 m/sg
TUB182	NU182	HIDR-1	6,0 m	71,2 mm	75,0 mm	2 1/2	140	C-5	0,41 m	8,8 Lt/sg	2,22 m/sg
TUB183	HIDR-1	HIDR-2	8,0 m	71,2 mm	75,0 mm	2 1/2	140	C-5	0,37 m	7,1 Lt/sg	1,79 m/sg
TUB184	HIDR-2	HIDR-3	9,0 m	71,2 mm	75,0 mm	2 1/2	140	C-5	0,25 m	5,4 Lt/sg	1,37 m/sg
TUB185	HIDR-3	HIDR-4	11,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,36 m	3,7 Lt/sg	1,33 m/sg
TUB186	HIDR-4	HIDR-5	9,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,10 m	2,0 Lt/sg	0,73 m/sg
TUB192	NU179	HIDR-11	23,0 m	85,6 mm	90,0 mm	3	140	C-5	0,40 m	6,8 Lt/sg	1,18 m/sg
TUB193	HIDR-11	HIDR-12	9,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,59 m	5,4 Lt/sg	1,94 m/sg
TUB194	HIDR-12	HIDR-13	10,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,39 m	4,1 Lt/sg	1,45 m/sg
TUB195	HIDR-13	HIDR-14	9,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,16 m	2,7 Lt/sg	0,97 m/sg
TUB196	HIDR-14	HIDR-15	6,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,03 m	1,4 Lt/sg	0,67 m/sg
TUB160	NU158	HIDR-22	33,0 m	85,6 mm	90,0 mm	3	140	C-5	1,29 m	10,5 Lt/sg	1,83 m/sg
TUB161	HIDR-22	HIDR-23	10,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	1,62 m	8,8 Lt/sg	2,85 m/sg
TUB162	HIDR-23	HIDR-24	10,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	1,09 m	7,1 Lt/sg	2,54 m/sg
TUB164	HIDR-24	HIDR-25	8,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,53 m	5,4 Lt/sg	1,94 m/sg
TUB165	HIDR-25	HIDR-26	8,0 m	58,4 mm	63,0 mm	2	140	C-7,5	0,35 m	4,1 Lt/sg	1,52 m/sg
TUB166	HIDR-26	HIDR-27	10,0 m	58,4 mm	63,0 mm	2	140	C-7,5	0,20 m	2,7 Lt/sg	1,02 m/sg
TUB167	HIDR-27	HIDR-28	8,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,04 m	1,4 Lt/sg	0,78 m/sg
TUB118	NU2	NU159	49,0 m	104,6 mm	110,0 mm	4	140	C-5	0,56 m	9,2 Lt/sg	1,07 m/sg
TUB211	NU159	HIDR-32	43,0 m	85,6 mm	90,0 mm	3	140	C-5	1,30 m	9,2 Lt/sg	1,60 m/sg
TUB212	HIDR-32	HIDR-33	8,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,95 m	7,5 Lt/sg	2,66 m/sg
TUB213	HIDR-33	HIDR-34	10,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,82 m	6,1 Lt/sg	2,18 m/sg
TUB214	HIDR-34	HIDR-35	10,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,51 m	4,8 Lt/sg	1,69 m/sg
TUB215	HIDR-35	HIDR-36	10,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,28 m	3,4 Lt/sg	1,21 m/sg
TUB216	HIDR-36	HIDR-37	13,0 m	59,8 mm	63,0 mm	2	140	C-5	0,14 m	2,0 Lt/sg	0,73 m/sg
TU315	RES-1	NU1	40,0 m	237,6 mm	250,0 mm	10	140	C-5	0,10 m	35,4 Lt/sg	0,80 m/sg

Nodo	Alt. Piez. (mca)	Presión (mca)	Consumo (m3/s)	Cota (m)
RES-1	3291,6 m		-35,4 Lt/sg	3291,6 m
HIDR-1	3286,9 m	9,1 m	1,7 Lt/sg	3277,8 m
HIDR-2	3286,5 m	9,5 m	1,7 Lt/sg	3277,0 m
HIDR-3	3286,2 m	10,4 m	1,7 Lt/sg	3275,8 m
HIDR-4	3285,9 m	11,5 m	1,7 Lt/sg	3274,4 m
HIDR-5	3285,8 m	12,6 m	2,0 Lt/sg	3273,2 m
HIDR-11	3286,5 m	11,7 m	1,4 Lt/sg	3274,8 m
HIDR-12	3285,9 m	12,1 m	1,4 Lt/sg	3273,8 m
HIDR-13	3285,5 m	12,9 m	1,4 Lt/sg	3272,6 m
HIDR-14	3285,3 m	13,7 m	1,4 Lt/sg	3271,6 m
HIDR-15	3285,3 m	14,3 m	1,4 Lt/sg	3271,0 m
HIDR-22	3287,3 m	8,3 m	1,7 Lt/sg	3280,0 m
HIDR-23	3285,7 m	8,7 m	1,7 Lt/sg	3279,0 m
HIDR-24	3284,6 m	8,6 m	1,7 Lt/sg	3278,0 m
HIDR-25	3284,1 m	8,9 m	1,4 Lt/sg	3277,2 m
HIDR-26	3283,8 m	8,4 m	1,4 Lt/sg	3276,4 m
HIDR-27	3283,6 m	8,2 m	1,4 Lt/sg	3275,4 m
HIDR-28	3283,5 m	8,9 m	1,4 Lt/sg	3274,6 m
HIDR-32	3287,6 m	8,6 m	1,7 Lt/sg	3280,0 m
HIDR-33	3286,7 m	9,7 m	1,4 Lt/sg	3279,0 m
HIDR-34	3285,8 m	8,8 m	1,4 Lt/sg	3278,0 m
HIDR-35	3285,3 m	9,1 m	1,4 Lt/sg	3277,2 m
HIDR-36	3285,0 m	8,6 m	1,4 Lt/sg	3276,4 m
HIDR-37	3284,9 m	9,9 m	2,0 Lt/sg	3275,0 m

3.8 Presupuesto

Haciendo el metrado de los planos hidráulicos y obras de arte, de cada una de las alternativas, con la ayuda del programa S10 2005, se obtiene el presupuesto de cada alternativa propuesta que se muestra en la Tabla. El reporte del presupuesto a mayor detalle de cada alternativa se demuestra en el anexo presupuesto de cada alternativa.

Tabla 27. Resumen del presupuesto de la alternativa I

PRESUPUESTO (ALTERNATIVA I)			
Item	Descripcion	Metrado	Parcial S/.
1	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	1 UND	3.293,32
2	LINEA DE ADUCCION, DISTRIBUCION DE LA RED DE RIEGO	7780 ML	332.812,35
3	CAJA DE VALVULA DE AIRE	13 UND	5.693,18
4	CAJA DE VALVULA DE PURGA	48 UND	16.955,72
5	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 2,5 PULGADAS	1 UND	596,53
6	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 3 PULGADAS	1 UND	726,53
7	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 4 PULGADAS	5 UND	3.713,72
8	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 6 PULGADAS	5 UND	6.496,05
9	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 8 PULGADAS	1 UND	1.829,89
10	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINIO DE 1"	103 UND	40.870,70
11	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINO DE 1,5"	103 UND	47.158,85
12	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINIO DE 2"	90 UND	48.201,67
13	LINEA DE RIEGO MOVIL DE LATERAL	10 MOD IBIS	57.410,00
		20 MOD Xcel	
14	FLETE	1 GLB	9.950,00
15	CAPACITACION	1 GLB	2.000,00
16	MITIGACION AMBIENTAL	1 GLB	3.664,25
COSTO DIRECTO			581.372,76
GASTOS GENERALES			66.480,00
GASTOS DE SUPERVISION			18.544,78
PRESUPUESTO TOTAL			666.397,54

Tabla 28. Resumen del presupuesto de la alternativa II

PRESUPUESTO (ALTERNATIVA II)			
Item	Descripcion	Metrado	Parcial S/.
1	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	1 UND	3.293,32
2	LINEA DE ADUCCION, DISTRIBUCION DE LA RED DE RIEGO	7780 ML	357.006,52
3	CAJA DE VALVULA DE AIRE	12 UND	5.257,03
4	CAJA DE VALVULA DE PURGA	48 UND	16.955,72
7	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 4 PULGADAS	3 UND	2.229,13
8	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 6 PULGADAS	8 UND	10.392,35
9	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 8 PULGADAS	1 UND	1.829,89
10	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINIO DE 1"	103 UND	40.870,70
11	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINO DE 1,5"	103 UND	47.158,85
12	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINIO DE 2"	90 UND	48.201,67
13	LINEA DE RIEGO MOVIL DE LATERAL	10 MOD IBIS	57.410,00
		20 MOD Xcel	
14	FLETE	1 GLB	9.950,00
15	CAPACITACION	1 GLB	2.000,00
16	MITIGACION AMBIENTAL	1 GLB	3.664,25
COSTO DIRECTO			606.219,43
GASTOS GENERALES			66.480,00
GASTOS DE SUPERVISION			18.544,78
PRESUPUESTO TOTAL			691.244,21

Tabla 29. Resumen del presupuesto de la alternativa III

PRESUPUESTO (ALTERNATIVA III)			
Item	Descripcion	Metrado	Parcial S/.
1	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	1 UND	3.293,32
2	LINEA DE ADUCCION, DISTRIBUCION DE LA RED DE RIEGO	7780 ML	381.814,33
3	CAJA DE VALVULA DE AIRE	11 UND	3.654,93
4	CAJA DE VALVULA DE PURGA	48 UND	16.955,72
7	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 4 PULGADAS	1 UND	744,08
8	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 6 PULGADAS	9 UND	11.588,51
9	CAJA DE VALVULA DE FIERRO DUCTIL DE 8 PULGADAS	1 UND	1.829,89
10	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINIO DE 1"	103UND	40.870,70
11	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINO DE 1,5"	103 UND	47.158,85
12	CAJA DE HIDRANTE DE ALUMINIO DE 2"	90 UND	48.201,67
13	LINEA DE RIEGO MOVIL DE LATERAL	10 MOD IBIS	57.410,00
		20 MOD Xcel	
14	FLETE	1 GLB	9.950,00
15	CAPACITACION	1 GLB	2.000,00
16	MITIGACION AMBIENTAL	1 GLB	3.664,25
COSTO DIRECTO			629.136,25
GASTOS GENERALES			66.480,00
GASTOS DE SUPERVISION			18.544,78
PRESUPUESTO TOTAL			714.161,03

De las Tablas 27, 28, 29 se nota que el presupuesto varía para cada alternativa planteada debido se ha planteado 3 programaciones riego diferentes, cada programación de riego en el cálculo hidráulico ha requerido tuberías y válvulas de diferentes diámetros

IV. DISCUSION

- La velocidad de infiltración del suelo obtenida es de 16.11 mm/hr y una clase textural Franco Arenosa, la cual es una velocidad mayor a la pluviometría de los dos aspersor seleccionado, que es de 13.36 y 13.34 mm/hora, por la cual no se presentara problemas de encharcamiento en las parcelas a regar.

Según la según la organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación (FAO), manifiesta que un suelo de clase textural Franco Arenoso tendrá una velocidad de infiltración de 16 mm/hr, por lo que nuestro resultado obtenido se acerca a este valor.

- El mayor módulo de riego resulto en el mes de agosto con un valor de 0.68 lt/seg/ha, mientras que para los otros meses los valores del módulo de riego están por debajo de este valor tal como se observa en el la tabla 17, según la bibliografía consultada, el valor del módulo de riego para la sierra esta entre los valores de 0.50 a 0.67 lt/seg/ha.
- El sistema planteado, viene limitado por la ubicación del reservorio (construido), uno de las metas del proyecto es que se beneficie todo los usuarios, las parcelas iniciales carecen de carga hidráulica por ello se ha utilizado dos tipos de aspersores una de baja presión y la otra de mediana presión. Poner filtros esto conllevara a la disminución de parcelas a irrigar por ello se obvio dicho filtros, y para disminuir problemas de obstrucción en emisores se ha planteado aspersores con

boquillas considerables para evitar el atoro y a la vez se adecua a la textura del suelo

- El trabajo de tesis tiene una diferencia topográfica de 59 m los aspersores trabajan con presiones de 30 a 37 m esta reducción de presión se ha conseguido con la combinación de los diámetros de las tuberías y esto tiene como consecuencia un menor costo en los elementos como en los nodos. Por lo tanto no se requieren Válvulas reductoras de presión.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se han planteado tres esquemas hidráulicos cada uno con diferentes programaciones de riego y se ha obtenido tres presupuestos de cada esquema hidráulico. Los sistemas hidráulicos mantienen los mismos parámetros de diseño. los turnos de riego está en función al caudal de descarga (35.20 lt/seg), frecuencia de riego (7 días), turnos de riego (4 turno/ día), tiempo de riego (3 horas / turno). Obteniendo en cada alternativa planteada 24 turnos de riego.
- El diseño hidráulico de las tres alternativas tienen la misma longitud de tubería, pero varían de diferentes diámetros y clases entre cada una de las alternativas, debido al manejo de las presiones deseadas y la programación de riego.
- El presupuesto de cada una de las alternativas planteadas varía debido a la variación de la cantidad de las obras de arte, diámetros de tuberías.
- Se diseñó y se realizó un planteamiento hidráulico para las tres alternativas, cada alternativa se diferencia por su programación de riego, a consecuencia de ello. Se evaluó dando mayor importancia lo funcional y lo económico.

Año de Inversión		2014	
1 UIT		3800	
5 UIT		19.000,00	
Presupuesto para 26 Ha En Perfil		494.000,00	
Presupuesto para 26 Ha En Expediente		691.600,00	
	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
Presupuesto	666.397,54	691.244,21	714.161,03
cumple las 5 UIT/HA	si	si	no
Funcionabilidad	no	si	si

Por lo tanto el perfil de mi trabajo de tesis ha sido realizado el año 2014. Llegando hacer un análisis seleccionamos la alternativa II se ajusta en lo funcional y económico se encuentra a la asignación de los incentivos de riego tecnificado y los proyectos hacer financiados mediante la ley 28585 ley que crea el programa de riego tecnificado.

En el presente trabajo de investigación se lograron los objetivos planteados donde se logró plantear tres alternativas de diseño logrando la optimización de los diámetros de tubería según la programación de riego, determinando el costo del proyecto de cada alternativa planteada.

5.2 RECOMENDACIONES

- En nuestra región la modalidad de riego aspersión es la que se realiza en función a la programación de riego o por turnos, se recomienda plantear alternativas de diseño para comparar el costo más económico y funcional de cada modelamiento hidráulico. A fin de tener proyectos de riego más eficientes.
- Se recomienda a las instituciones públicas y privadas a las personas que laboren en la ejecución y elaboración de proyectos de riego presurizado el uso del programa Gestar, por ser un programa completo y netamente para sistemas de riego presurizado.
- Se recomienda hacer trabajos de investigación en la zona de la sierra respecto a los diferentes métodos de riego presurizado con diferente alternativa tecnológica a fin de tener ahorro en los recursos hídricos.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ANTEN, M. (2000). "Diseño de pequeños sistemas de riego por aspersión en ladera".

AGÜERO, R. (2003). "Estudio de abastecimiento de Agua potable para la comunidad campesina de san francisco de uramaza, cajatambo – lima".

BUENDIA, J. (2004). Impacto del funcionamiento de los sistemas de riego presurizados en la productividad de ocho cultivos, en Guanajuato, México.

CHAVEZ, G. (2012). Para optar el título de Ingeniero Civil "Simulación del factor energético a la demanda y por turnos en redes de riego presurizadas" Loja – Ecuador.

ESPINOZA, B. (2014). Para obtener el grado de Maestro en Ciencias "Análisis técnico y económico del diseño de un sistema de riego a hidrante parcelario utilizando dos métodos, por turnos y con la técnica de clement" México.

GARCÍA, F. (2003). Curso básico de topografía (planimetría, agrimensura, altimetría).

GONZALES, F. (2010). Ubicación optima de hidrantes multiusuario en redes de riego a presión mediante el empleo de modelos de localización– asignación. (Tesina de Master). Universidad politécnica de valencia.

GUERRA, A. (1973). "Riego y sus aplicaciones". Mundi – Prensa. Madrid".

IMTA. (2007). "Manual para diseño de zonas de riego pequeñas. Instituto Mexicano de tecnología del agua".

MASAL. (2003). "Manual, diseño y gestión de sistemas de riego por aspersión en laderas".

MONTES DE OCA, M. (1989). Topografía. México, D.F. Ediciones Alfaomega.

PADILLA, J. (2001). Manual del curso de topografía moderna. Procesos cartográficos automatizados. México.

PÉREZ, R. (2011). Diseño de sistemas colectivos de riego a presión. Departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente. Universidad Politécnica de Valencia España.

PIZARRO, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia (RALF) goteo, micro aspersión, exudación.

PRONAMACHS SNV (1999). "Diseño de pequeños sistemas de riego por aspersión presurizado por gravedad" Cajamarca, Perú.

TARJUELO, B. (1999). "el riego por aspersión y su tecnología"

VASQUEZ, A. (2000). El Riego - Principios básicos del riego. Tomo I, II Lima, Perú.

VILLAFILA, E y WYSS, F. (2009). Riego en horticultura. Guía para la instalación de pequeños sistemas de riego.

WELL, E. (1986). Guide to GPS Positioning, Canadian GPS Associates, Fredericton.

WOLF, P. (1997). Topografía (9ª edición) México, D.F. Ediciones Alfaomega 834 pp.