

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



“DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL SECTOR FAHUARPAMPA, DISTRITO DE TAPAY – CAYLLOMA – AREQUIPA”

Presentado por:

BACH. BRIGITTE ALICE MORIANO CHIPANA

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÍCOLA

Lima – Perú

2017

ÍNDICE

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	GENERALIDADES	1
1.2	ALCANCES	1
1.3	OBJETIVOS	2
1.3.1	Objetivo general	2
1.3.2	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1.	RIEGO POR ASPERSIÓN.....	3
2.1.1.	Sistema de riego por aspersión	3
2.1.2.	Ventajas y desventajas del riego por aspersión	4
2.2.	COMPONENTES DE UN SISTEMA POR ASPERSIÓN	5
2.3.	FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.....	6
2.3.1.	Topografía y relieve.....	6
2.3.2.	Características físicas del suelo	6
2.3.3.	Disponibilidad y regularidad del agua.....	7
2.3.4.	Calidad del agua	7
2.3.5.	Cultivo	7
2.4.	DISEÑO AGRONÓMICO	7
2.4.1.	Demanda de agua para el proyecto.....	7
2.4.2.	Determinación de parámetros de riego	11
2.4.3.	Consideraciones adicionales para el sistema de riego	13
2.5.	DISEÑO HIDRÁULICO	16

2.5.1.	Diseño de los diámetros de tubería.....	16
2.5.2.	Diseño de presiones en función a la pendiente.....	17
2.5.3.	Diseño y criterios de diseño de laterales de riego	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1	MATERIALES	19
3.1.1	Localización y características generales del área de estudio Ubicación Política 19	
3.1.2	Materiales y equipos	24
3.2	METODOLOGÍA	25
3.2.1	Recopilación de información básica.....	26
3.2.2	Balance hídrico	26
3.2.3	Diseño agronómico.....	26
3.2.4	Diseño hidráulico.....	26
3.2.5	Estimación del presupuesto	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	27
4.1	INFORMACIÓN BÁSICA.....	27
4.1.1	Cultivo	27
4.1.2	Agua	27
4.1.3	Suelo	28
4.1.4	Topografía	28
4.1.5	Información cartográfica	28
4.1.6	Clima	29
4.1.7	Precipitación efectiva (Pe).....	29
4.2	BALANCE HÍDRICO	30
4.3	DISEÑO AGRÓNOMICO	31
4.3.1	Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET _o)	31

4.3.2	Cédula de cultivo	32
4.3.3	Coeficiente del cultivo (K_c)	32
4.3.4	Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET_c)	33
4.3.5	Cálculo de la lámina neta de riego (D_n)	33
4.3.6	Cálculo de la frecuencia de riego (F_r)	33
4.3.7	Frecuencia de riego modificado con fines prácticos	33
4.3.8	Lámina neta de riego corregida (D_{nc}).....	34
4.3.9	Cálculo de la lámina bruta de riego (D_{bc}).....	34
4.3.10	Selección del aspersor	34
4.3.11	Precipitación horaria del sistema.....	35
4.3.12	Parámetros de operación.....	35
4.4	DISEÑO HIDRÁULICO	36
4.4.1	Diseño hidráulico de la tubería matriz.....	36
4.4.2	Diseño hidráulico en portalateral crítico	37
4.4.3	Diseño hidráulico en lateral de riego	37
4.4.4	Caja de válvula de control local	37
4.4.5	Caja de válvula de purga	38
4.5	PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE RIEGO	38
V.	CONCLUSIONES.....	39
II.	RECOMENDACIONES	41
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
VII.	ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de un sistema de riego por aspersión en ladera	5
Figura 2: Esquema que representa la ETo	8
Figura 3: Esquema de la variación del coeficiente del cultivo (Kc).....	8
Figura 4: Esquema que representa el proceso de la ETc	9
Figura 5: Ubicación distrital del proyecto	19
Figura 6: Esquema del funcionamiento hidráulico del sistema.....	22
Figura 7: Línea de distribución (reservorio – área de cultivos).....	23
Figura 8: Metodología para el diseño del sistema de riego	25
Figura 9: Precipitación efectiva.....	30
Figura 10: Balance hídrico con proyecto.....	31
Figura 11: Esquema hidráulico.....	36
Figura 12: Caja y válvula de control local.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Eficiencia de aplicación de riego según el sistema de riego	10
Tabla 2: Valores aproximados de capacidad de campo, punto de marchitez y densidad aparente para diferentes texturas de suelo	12
Tabla 3: Profundidad de raíces de los cultivos	13
Tabla 4: Espaciamiento de laterales en condiciones específicas de viento	14
Tabla 5: Valores de <i>km</i> para diferentes accesorios	17
Tabla 6: Ruta de acceso Lima - Arequipa	20
Tabla 7: Ruta de acceso Arequipa - Tapay	20
Tabla 8: Distribución de las toma laterales de la línea de distribución	22
Tabla 9: Resultado de Análisis de Agua.....	27
Tabla 10: Análisis de suelo.....	28
Tabla 11: Datos climatológicos	29
Tabla 12: Balance hídrico – con proyecto	30
Tabla 13: Evapotranspiración de referencia (1988 – 2010)	32
Tabla 14: Cédula de cultivos	32
Tabla 15: Valores del <i>Kc</i> de los cultivos	33
Tabla 16: Evapotranspiración del cultivo promedio.....	33
Tabla 17: Característica del aspersor	34
Tabla 18: Cantidad y tipo de válvula, tamaño de caja, espesor de muro y tamaño de tapa metálica.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de la demanda de agua con proyecto.....	44
Anexo 2: Cálculo de la oferta de agua con proyecto.....	45
Anexo 3: Diámetro de tuberías.....	46
Anexo 4: Especificaciones técnicas del aspersor elegido.....	47
Anexo 5: Parámetros del diseño Agronómico.....	49
Anexo 6: Cálculo hidráulico en el Sector más crítico – Tubería matriz.....	52
Anexo 7: Cálculo hidráulico en los Sectores más crítico – Portalaterales - Válvula 05 ...	56
Anexo 8: Cálculo hidráulico en los Sectores más crítico –Laterales - Válvula 05	59
Anexo 9: Presupuesto del Sistema de Riego	75
Anexo 10: Galería de fotos.....	76

RESUMEN

El presente trabajo monográfico consistió en realizar el diseño del sistema de riego por aspersión en zona de ladera en el Sector de Fahuarpampa del distrito de Tapay, provincia de Caylloma, Región Arequipa, cuya altitud promedio es de 3,675 msnm, para un área de cultivo de 9 ha, para una cédula de cultivo: orégano, maíz cabanita, papa y quinua.

Se ha recopilado información del proyecto denominado “Instalación del Servicio de Agua para Riego en el Sector Fahuarpampa”, el cual propone la captación de agua de un manantial para luego ser derivado hacia un reservorio, a fin de ser distribuidos en el área agrícola (54 ha) mediante 6 tomas laterales (TL). De manera que, se realizó el diseño agronómico e hidráulico tomando como fuente de agua la TL – 6 ($Q=10$ l/s) para las 9 ha, además, según la información recopilada (clima, suelo, cultivo, entre otros), se determinó las necesidades del cultivo, frecuencia de riego (6 días), los turnos (03 turnos por día) y tiempo de riego (3,40 h); así como los diámetros de tuberías: red matriz (\varnothing 90 mm C-5), porta laterales (\varnothing 75 y 63 mm) y laterales de riego (\varnothing 1 ½” y 1”) y tipo de aspersor (VYR 46, $q_e = 1360$ l/h , $r = 14$ m). El costo unitario estimado para la instalación del sistema de riego por aspersión es S/ 139,639.34 Soles por hectárea.

Una vez instalado el sistema de riego propuesto, se recomienda realizar la capacitación de los operadores respecto al manejo del sistema, además del mantenimiento del sistema, lo cual garantizará un óptimo funcionamiento y una mayor durabilidad del sistema.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El sector Fahuarpampa en la comunidad campesina de Latica está conformado por 60.00 has aproximadamente de terreno con aptitud agrícola, en las cuales se cultiva papa, quinua, maíz cabañita y orégano mediante el riego por gravedad.

La Municipalidad Distrital de Tapay, con el fin de mejorar el nivel de vida de los pobladores del anexo de Latica, elaboró el Expediente Técnico: “Instalación del Servicio de Agua para Riego en el Sector Fahuarpampa de la comunidad campesina de Latica, distrito de Tapay, provincia de Caylloma – Arequipa”.

En el Expediente Técnico se plantea las siguientes metas: construcción de 01 captación para el manantial, construcción de una cámara de reunión, instalación del sistema de conducción y distribución, construcción de un reservorio impermeabilizado con geomembrana (60 lt/s), cámaras de derivación, además, se construirá seis (06) tomas laterales de concreto armado; por lo que el sistema funcionará con la salida de cada lateral simultáneamente con un caudal de 10,00 l/s cada uno. El sistema de riego parcelario propuesto en el expediente técnico es por gravedad, a través de canales de distribución de tierra e infraestructura rústica y por ende con pérdidas de agua por filtraciones y por mal manejo de aplicación.

Por consiguiente, Con el objeto de optimizar el uso del recurso hídrico en la aplicación del riego, se plantea realizar el diseño de riego por aspersión para un total de 9 has tomando como fuente de agua la TL – 6 (Q=10 l/s), proponiendo una cédula de cultivo rentable y mejorando la eficiencia de aplicación del riego en sus parcelas.

1.2 ALCANCES

El presente trabajo consiste en diseñar el sistema de riego presurizado por aspersión para 9 ha con los cultivos de papa, quinua, orégano y maíz cabañita, con el fin de incrementar los rendimientos y la eficiencia en el uso de los recursos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Realizar el diseño del sistema de riego por aspersión para los cultivos de papa, quinua, orégano y maíz cabanita, en las parcelas del sector Fahuarpampa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el balance hídrico con proyecto para las 9 ha.
- Realizar el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión.
- Proponer un sistema de riego por aspersión con laterales fijos.
- Estimar el presupuesto para el sistema de riego por aspersión propuesto.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. RIEGO POR ASPERSIÓN

2.1.1. Sistema de riego por aspersión

Consiste en la aplicación del agua al terreno en forma de finas gotas, por medio de aspersores, a una intensidad menor que la velocidad de infiltración del suelo. Para ello se necesita presión que puede ser provista por una motobomba o por la diferencia de altura existente entre el sitio de toma y el área por regar (energía potencial). El agua es conducida por medio de tubería hasta llegar a los aspersores, encargados de distribuir el agua en gotas finas. Se considera que el sistema de aspersión cubre el terreno en un 100 por ciento. (Velarde, 1998).

Debido a la flexibilidad de su uso y el eficiente control en la aplicación del agua el método por aspersión permite el riego de una amplia gama de suelos que no pueden ser regados adecuada y eficientemente con métodos de riego superficiales; tal es el caso de suelos muy arenosos o muy arcilloso, de alta o abaja velocidad de infiltración, suelos con pendientes pronunciadas que no puedes ser nivelados por la escasa profundidad del perfil, entre otros. (Gurovich L. , 1985).

Los sistemas de riego por aspersión se pueden, genéricamente, dividir en sistemas estacionarios y móviles o autopropulsados. En los sistemas estacionarios, los aspersores permanecen en una posición fija mientras dura la aplicación del agua. En las instalaciones móviles, con desplazamiento continuo, los aspersores funcionan mientras se mueven, de forma independiente o junto con las tuberías donde van montados, siguiendo una trayectoria lineal o circular. Dentro de los sistemas estacionarios, se incluyen los que se desplazan de una posición de riego a otra, ya sea a mano, tirados por tubería flexible o de forma mecanizada, como es el caso de las tuberías con ruedas, que se denominan sistemas de desplazamiento discontinuo. Los sistemas estacionarios incluyen también las instalaciones fijas, de cobertura total. Los principales sistemas móviles, con desplazamiento continuo, son los sistemas pivote, los laterales de avance frontal y los cañones tirados por una tubería con enrollador o tirados por cable. (Santos,L.; Valero,J.; Picornell,M.; Tarjuelo, José Ma., 2010).

2.1.2. Ventajas y desventajas del riego por aspersión

a. Ventajas

Las ventajas del riego por aspersión se fundamentan principalmente en dos aspectos: uno, el control del riego sólo está limitado por las condiciones climáticas; y dos, la uniformidad de aplicación del agua es independiente de las características del suelo. (Fernández, 2010).

- Permite regar terrenos ondulados o poco uniformes sin necesidad de una nivelación o preparación previa del mismo, al contrario de lo que ocurre en riego por superficie.
- Se aprovecha más la superficie de cultivo ya que no hay que destinar parte del suelo a canales y acequias. Además, el riego por aspersión puede ser utilizado en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos muy ligeros o de textura arenosa que exigen riegos cortos y frecuentes.
- Es un método de riego que se adapta muy bien a las primeras fases de desarrollo de los cultivos, sobre todo durante la germinación de las semillas, donde son necesarios riegos ligeros pero frecuentes. Esto ocurre en algunos cultivos tales como zanahoria, etc. También es un método muy útil para dar riegos de socorro y especialmente eficaz en la lucha contra heladas.
- Es el método de riego ideal para realizar un lavado de sales, ya que tienden a desplazarse junto con el agua hasta capas profundas del suelo quedando fuera del alcance de las raíces.
- Hay una mayor posibilidad de mecanización de los cultivos, ya que se eliminan los obstáculos propios del riego por superficie. Únicamente en el caso de sistemas con tuberías en superficie durante la campaña de riegos dificultaría esta mecanización.
- Posibilita la aplicación junto con el agua de riego de sustancias fertilizantes y algunos tratamientos químicos y permite cierto grado de automatización.
- Se adapta a la rotación de los cultivos, siempre y cuando el diseño de la red de distribución se realice para el cultivo que tenga mayores necesidades de agua.

b. Desventajas

- El principal inconveniente del riego por aspersión es de carácter económico. Dependiendo del tipo de sistema que se implante podrá hacer falta una gran inversión inicial y/o de mantenimiento. A esto hay que añadirle el alto coste energético que supone el funcionamiento de la instalación, al necesitar importantes sistemas de bombeo para dotar a la red de la presión adecuada.

- El aporte de agua en forma de lluvia puede tener efectos negativos sobre algunos cultivos, ya que al humedecerse la parte aérea del cultivo aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades.
- El viento dificulta el reparto uniforme del agua haciendo disminuir la uniformidad de aplicación y la eficiencia del sistema de riego.
- Algunos cultivos pueden sufrir quemaduras en las hojas en mayor o menor grado dependiendo de la sensibilidad del cultivo y de la calidad del agua de riego, puesto que al evaporarse las sales pueden quedar concentradas en exceso. (Fernández, 2010).

2.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA POR ASPERSIÓN

En el esquema de la Figura 1, se muestra los elementos de un sistema de riego por aspersión en ladera, que luego se describen. (Soto, 2002):

- Captación: se ubica en la fuente, que puede ser un manantial, un canal o alguna quebrada.
- Línea de conducción: es la tubería o canal que conduce el agua desde la fuente hasta la cámara de distribución o punto de repartición.
- Cámara de distribución: es la estructura donde el caudal que viene por la tubería de conducción es repartido mediante vertederos u orificios.
- Reservorio o cámara de carga.

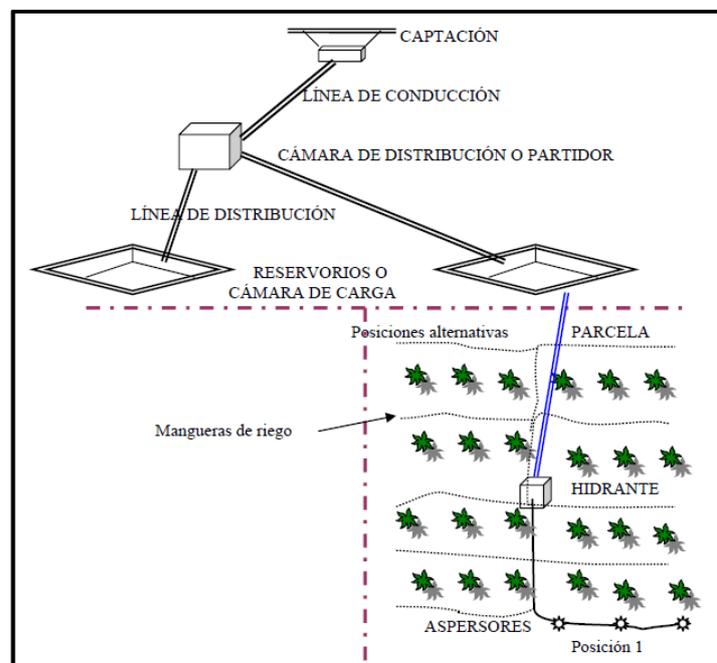


Figura 1: Esquema de un sistema de riego por aspersión en ladera

FUENTE: (Soto, 2002)

- Red de distribución: sistemas de tuberías que conducen el agua desde los reservorios hasta los hidrantes ubicados en las parcelas a irrigarse.
- Hidrante: punto de toma de agua o conexión que se ubica en la parcela a irrigar y que conecta a la red de distribución con la unidad móvil, conformada por una manguera que se va a utilizar para regar con los aspersores.
- Mangueras: conectan los elevadores en el que van los aspersores.
- Elevadores: accesorios que permiten colocar el aspersor por encima de las mangueras.
- Aspersores: encargados de distribuir el agua al terreno de forma continua con un grado de uniformidad adecuada.
- Piezas auxiliares: son accesorios necesarios para la conexión entre las partes y la adaptación del sistema a la topografía del terreno, generalmente son acoples, codos, válvulas, reductores, tapones, etc.

2.3. FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Para el diseño de una instalación de riego por aspersión se deben tomar en cuenta una serie de factores que intervienen en él; entre los principales se tienen: suelo, agua, cultivo. (Soto, 2002).

2.3.1. Topografía y relieve

En la sierra, la ladera se convierte en un potencial, debido a que brinda la presión necesaria para el funcionamiento de los sistemas de riego presurizado, este factor clave permite diseñar en zonas de ladera sistemas de riego por aspersión aun costo bajo. Se utilizan los desniveles entre la fuente y el área a irrigar mediante tuberías para obtener la presión necesaria para los aspersores (Soto, 2002).

2.3.2. Características físicas del suelo

El suelo es un sistema complejo compuesto por partículas sólidas (minerales y orgánicas), agua consustancias en disolución (solución del suelo) y aire. Es importante conocer las variables que determinan sus cualidades en relación a la retención y absorción del agua de riego: textura, estructura, densidad aparente, porosidad, velocidad de infiltración, entre otros.

El riego por aspersión es útil para distintas clases de suelos ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes (Soto, 2002).

2.3.3. Disponibilidad y regularidad del agua

En vista de que el riego permite intensificar el uso de la tierra, se debe usar riego por aspersión cuando la disponibilidad es limitada (abril a noviembre) teniendo en cuenta las heladas (Soto, 2002).

2.3.4. Calidad del agua

La calidad del agua de riego es fundamental para la elección del método de riego, el manejo de los sistemas y la selección del cultivo a implantar. Desde el punto de vista del riego, la calidad de agua se determina a partir de la salinidad, sodicidad y toxicidad (Soto, 2002).

2.3.5. Cultivo

El riego por aspersión tiene una gran adaptabilidad a los diferentes cultivos de sierra, son muy pocos los cultivos que no se adaptan como el anís, linaza, la vid, el algodón y el arroz, debido a los bajos rendimientos que se obtendrían. (Soto, 2002).

Además, permite regar desde Profundidades de 0.10 m hasta mayores de 1.00 m, es decir puede aplicar láminas muy pequeñas a cualquier profundidad, lo cual no es posible por otros métodos. La profundidad de raíces combinado con la profundidad de la capa arable limita los cultivos a sembrar (Soto, 2002).

2.4. DISEÑO AGRONÓMICO

2.4.1. Demanda de agua para el proyecto

a. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o): Doorenbos y Pruitt en FAO (1977), definen el concepto de evapotranspiración del cultivo de referencia como la correspondiente a un cultivo de pradera de bajo porte (7 - 15 cm), que cubre completamente el suelo y no sufre limitación de agua. Para calcularla se utilizan los parámetros climáticos, por lo tanto, la ET_o es también un parámetro climático, que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos y expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

En la Figura 2 se aprecia que, como el cultivo es siempre el mismo, la ET_o variará según las condiciones del clima (radiación, temperatura, humedad, viento, etc.) y está expresado en milímetros de lámina de agua por día (mm/día).

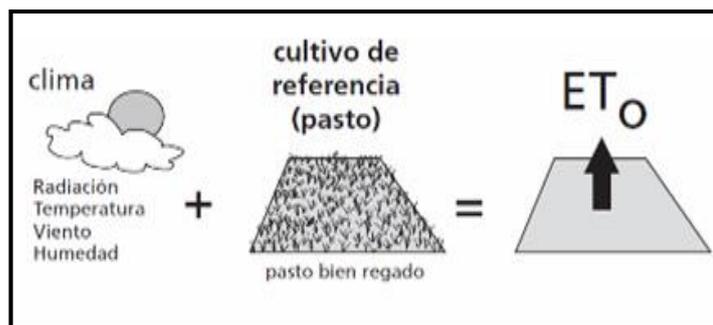


Figura 2: Esquema que representa la ET₀

FUENTE: FAO (2006)

Existen muchos métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia, en función de datos climáticos. El método a emplear se determina por el tipo de datos disponibles y según el nivel de exactitud requerido. Puede usarse el método del tanque evaporímetro, fórmulas empíricas (Blaney - Criddle, Turc, Thornthwite) o programas informáticos, como el CROPWAT, de la FAO, basado en la fórmula de Penman – Monteith.

- b. Factor de cultivo (K_c),** Vásquez (1992), el factor de cultivo (K_c), llamado también coeficiente de cultivo, es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se quiere evaluar su consumo de agua.

El coeficiente de cultivo depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie y expresa la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo en sus distintas etapas del período vegetativo, en los cultivos anuales normalmente se diferencian cuatro (4) etapas o fases de cultivo, que se pueden observar en la Figura 3.

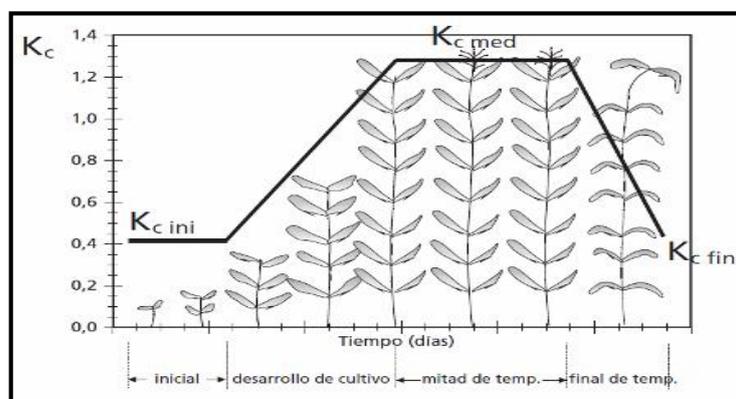


Figura 3: Esquema de la variación del coeficiente del cultivo (K_c)

FUENTE: FAO (2006)

- **Inicial:** desde la siembra hasta 10 por ciento de la cobertura del suelo, aproximadamente.
 - **Desarrollo:** desde el 10 por ciento de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.
 - **Media:** entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70-80 por ciento de cobertura máxima de cada cultivo.
 - **Maduración:** desde la madurez hasta la recolección.
- c. **Evapotranspiración del cultivo (ET_c):** (Vásquez, 1992), es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo exento de enfermedades, que crece en un campo extenso en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua. Se calcula mediante la relación: $ET_c = ET_o \times K$, donde: la ET_c es la evapotranspiración del cultivo considerado (mm/día); ET_o, la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día); y, K, el coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta. El factor K está dado por la relación $K = K_c \times K_s \times K_h$, donde: K_c es el factor del cultivo; K_s, el factor del suelo; y; K_h, el factor de humedad. Para suelos profundos, con adecuadas condiciones físicas y de buena disponibilidad de elementos nutritivos, K_s = 1,00. Este mismo valor tiene K_h para condiciones de óptimo abastecimiento de agua; por lo tanto, K depende, fundamentalmente, de K_c (Vásquez, 1992), cuya relación se puede apreciar en la Figura 4. Si $K = K_c$, $ET_c = ET_o \times K_c$.

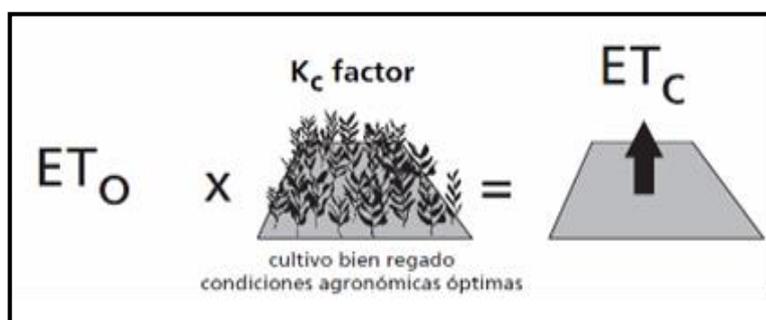


Figura 4: Esquema que representa el proceso de la ET_c

FUENTE: FAO (2006)

- d. **Eficiencia de aplicación (E_a):** Es la relación entre el agua que realmente queda almacenada en la zona de raíces, que puede ser aprovechada por el cultivo y el agua total aplicada con el riego a la parcela. (Gurovich L. , 1985). La eficiencia de aplicación está dada por la fórmula:

$$Ea = \frac{\text{Agua almacenada}}{\text{Agua aplicada}} \times 100$$

En la Tabla 1 se realiza la comparación de la eficiencia de aplicación alcanzada en los diferentes sistemas de riego.

Tabla 1: Eficiencia de aplicación de riego según el sistema de riego

Método de riego	E. Aplicación
Inundación	0,40
Surcos	0,55
Aspersión	0,90
Goteo	0,95

FUENTE: Gurovich (1985)

- e. **Precipitación efectiva (Pe):** Vásquez (1992), es el volumen de lluvia parcial utilizado por las plantas para satisfacer sus correspondientes necesidades hídricas para su normal desarrollo.
- f. **Requerimiento de agua de los cultivos:** Tarjuelo, 1999 , es la lámina adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo o determinados cultivos para que supla sus necesidades. Se expresa como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación efectiva (Pe).
- g. **Necesidades netas de riego (Ln):** Tarjuelo, 1999 , son las demandas o necesidades de agua de los cultivos, que se expresan en mm/día o mm/mes. Se calculan con la ecuación: $Ln = Kc \times ETo - Pe - Ac - Pp \pm \Delta H$, donde: Ln , es la demanda neta o necesidades netas de riego; Kc , el coeficiente de cultivo; ETo , la evapotranspiración de referencia; Pe , la precipitación efectiva; Ac , el ascenso capilar; Pp , la percolación profunda; y, ΔH , la variación de contenido de humedad en el suelo.

Según Tarjuelo (1999), el ascenso capilar (Ac) puede ser importante siempre que la napa freática esté muy próxima a la superficie, pero eso no suele ser el caso en climas áridos o semiáridos. La variación de almacenamiento de agua ΔH no debe considerarse para cálculos de necesidades de las plantas.

- h. Demanda bruta (L_b):** Cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda. La lámina bruta es la cantidad real de agua que se aplicará durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego. Se calcula utilizando la relación $L_b = \frac{L_n}{E_r} \times 100$, donde: L_b es la demanda bruta (mm/día); L_n , la demanda neta (mm/día); y, E_r , la eficiencia de riego (%). (Tarjuelo, 1999)
- i. Módulo de riego (M_r) y área total regable.** El módulo de riego se estima a través del razonamiento siguiente: una lámina de 1 mm de agua por día en una hectárea equivale a un volumen de agua de 10000 l/día que es igual a 0,116 l/s/ha. Se calcula de la siguiente manera: $M_r = \frac{L_b}{86,40} \times 10,000$, donde: M_r es el módulo de riego (l/s/ha); y, L_b , la lámina bruta (mm/día). El área total regable es función del caudal disponible y del módulo de riego: $A = Q / M_r \times 100$, donde: A es el área regable (ha), Q , el caudal (l/s); y, M_r , el módulo de riego (l/s/ha). (Soto, 2002).

2.4.2. Determinación de parámetros de riego

- **Lámina neta de riego (D_n):** Para calcular la lámina neta de riego, se debe conocer el tipo de suelo (textura). El agua disponible en el suelo se expresa en porcentaje de volumen del suelo y varía con el estado de humedecimiento del mismo. Los dos extremos son: (1) **Capacidad de Campo (CC):** el suelo contiene toda el agua que puede fijar en sus poros mediante las fuerzas capilares. Este estado coincide con la humedad de un suelo, un día después de haber sido irrigado abundantemente. (2) **Punto de Marchitez Permanente (PM):** el suelo contiene tan poca agua que las plantas sufren un estado de marchitez irreversible. (Soto, 2002).

Del total de agua disponible solamente una parte es fácilmente aprovechable para el cultivo, que es la fracción de agua rápidamente aprovechable o **descenso tolerable (DT)**. Si el agua en el suelo es agotado pasando este punto, se esperan impactos negativos en la producción del cultivo, por condiciones de estrés hídrico en las plantas. Para cultivos con riego por aspersión, el descenso tolerable conveniente es el 30 por ciento del agua disponible, expresada en una lámina de agua (mm), que se puede estimar mediante la

relación: $Dn = \frac{(DT \times (CC - PM) \times Da \times Pr)}{10000}$ dónde: Dn , es la lámina neta de riego (mm); Dt , el descenso tolerable (%); Da , la densidad aparente (g/cm^3); Pr , la profundidad de raíces (mm); CC , la capacidad de campo (%); y, PM , el punto de marchitez (%).

Para calcular la lámina neta de riego, se debe conocer el tipo de suelo (textura), su profundidad y hasta qué profundidad llegan las raíces del cultivo. El agua disponible en el suelo se expresa en porcentaje de volumen del suelo y varía con el estado de humedecimiento del mismo. Los dos extremos son:

Capacidad de campo (CC): El suelo contiene toda el agua que puede fijar en sus poros mediante las fuerzas capilares. Este estado coincide con la humedad de un suelo, un día después de haber sido irrigado abundantemente. (Tarjuelo, 1999).

Punto de marchitez permanente (PM): El suelo contiene tan poca agua que las plantas sufren un estado de marchitez irreversible. (Tarjuelo, 1999).

El volumen de agua retenido entre estos dos extremos se llama agua aprovechable y constituye el agua que teóricamente está a disposición de las plantas. Este volumen de agua disponible varía considerablemente con el tipo de suelo. La capacidad de retención de agua por los suelos es una función de la textura, estructura, materia orgánica y contenido de sal del suelo. Sin embargo, para suelos agrícolas en general sin sales, compactación u otros tipos de problemas, la información dada en la Tabla 2, se pueden usar para fines prácticos.

Tabla 2: Valores aproximados de capacidad de campo, punto de marchitez y densidad aparente para diferentes texturas de suelo

TEXTURA	CAPACIDAD DE CAMPO (CC)	PUNTO DE MARCHITEZ (PM)	DENSIDAD APARENTE (g/cm^3)
Arenoso	6-12	2-6	1,65
Franco arenoso	10-18	4-8	1,50
Franco	18-26	8-12	1,40
Franco arcilloso	23-31	11-15	1,35
Arcillo Arenoso	37-35	13-17	1,30
Arcilloso	31-39	15-19	1,25

Fuente: Israelsen Orson 1985 Principios y aplicaciones de riego

Tabla 3: Profundidad de raíces de los cultivos

Cultivo	Profundidad de raíces (m)	Cultivo	Profundidad de raíces (m)
Arveja	0,45-0,60	Lechuga	0,15-0,45
Alfalfa	1,50	Legumbres	0,4
Caña de azúcar	0,45-1,05	Maíz cabanita	0,6-0,9
Cebada	1,25	Papa	0,6-0,9
Cebolla	0,3	Pasto	0,3-0,75
Col	0,60	Pimiento	0,75
Espinaca	0,60-0,90	Trigo	0,75-1,05
Frijol	0,45-0,60	Zanahoria	0,45-0,60

Fuente: Doorembos y Pruitt (FAO 1977)

- **Lámina bruta de riego (Db):** Es mayor que la lámina neta porque parte del agua aplicada es perdida, como consecuencia de la desuniformidad de la lámina aplicada y otros factores. La lámina bruta de riego se denomina también dotación bruta de riego y puede ser calculada por la fórmula: $Db = Dn \times 100 / Ea'$ donde: Dn es la demanda neta (mm); y, Ea' , la eficiencia de aplicación (%). (Tarjuelo, 1999).
- **Frecuencia o intervalo de riego (Fr):** Es el tiempo máximo permisible entre dos riegos, antes que el cultivo pueda sufrir estrés hídrico y depende de la lámina que evapora la planta por día, es decir la demanda neta (Ln), y la cantidad de agua que puede extraer del suelo (Dn). Está dado por la siguiente fórmula: $Fr = Dn / Ln$; donde: FR es la frecuencia de riego (días); Ln , la demanda neta de riego (mm/día); y, Dn , la dosis neta (mm). (Tarjuelo, 1999)

2.4.3. Consideraciones adicionales para el sistema de riego

- **Precipitación máxima del aspersor (Ppmax):** Depende de la textura del suelo, pendiente y cobertura vegetal. La precipitación máxima de un aspersor puede ser calculada dividiendo el caudal descargado del aspersor entre el área del marco de riego adoptado. (Soto, 2002).
- **Tiempo de riego (Tr):** Es el tiempo que los ramales deben permanecer en una determinada posición de riego, luego del cual cambian de posición. Se utilizan valores enteros procedentes del redondeo por exceso del valor del tiempo mínimo obtenido,

mediante la relación: $Tr = Db/Ppmax$, donde: Tr es el tiempo de riego (horas); Db , la dosis bruta (mm); y, $Ppmax$, la precipitación máxima del aspersor (mm/h). (Soto, 2002).

- **Cálculo y criterio de diseño de ramales de distribución:** Los ramales son las líneas de conducción que transportan el agua a presión desde las tuberías principales hasta los aspersores, que están instalados en ellas. Para definir la ubicación de los ramales laterales se deben considerar: (1) Características geométricas de la parcela; (2) longitud máxima de los ramales; (3) dirección predominante del viento; (4) dirección de las hileras de los cultivos; (5) características topográficas, deberá evitarse, en lo posible, la instalación de ramales en contra pendiente; y, (6) ubicación de los ramales en la dirección de la pendiente. (Soto, 2002).
- **Espaciamiento entre aspersores y líneas de riego:** La gama de espaciamientos es muy amplia, variando desde valores tales como 6 m x 6 m (aspersores pequeños) hasta valores de 60 m x 60 m (aspersores grandes). Para cada tipo de disposición, el espaciamiento máximo se limita, básicamente, en función del alcance de los aspersores. El área que forma el espaciamiento entre aspersores y los laterales se denomina marco de riego. En zonas donde el viento es de poca intensidad, se pueden utilizar valores de mayor espaciamiento, esto permite economizar en la instalación porque se requiere menor cantidad de aspersores y menor cantidad de tuberías para regar la misma área, sin que el coeficiente de uniformidad baje del 85 por ciento, aceptado como bueno. Si la zona presenta vientos se escoge espaciamientos menores. Para ello se tiene la siguiente relación: ***Dist. entre aspersores ≤ 0.65 × Diámetro efectivo.*** El distanciamiento entre líneas de riego depende del diámetro de humedecimiento, según el tipo de aspersor y la velocidad del viento en la zona a regar, lo cual se puede ver en la Tabla 4. (Bazán Aguilar, 2005).

Tabla 4: Espaciamiento de laterales en condiciones específicas de viento

Velocidad del viento (m/s)	Distancia entre laterales
Sin viento	65 % del diámetro
2	60 % del diámetro
3,5	50 % del diámetro
más de 3,5	30 % del diámetro

FUENTE: Bazán (2005)

- **Número de aspersores por ramal:** Conocida la distancia entre aspersores de un mismo ramal, se puede calcular el número de aspersores necesarios en el ramal para la instalación del sistema. Si los vientos son fuertes, es preferible espaciamientos más cerrados. Dependiendo de información recaudada se realiza:

$$N^{\circ} \text{ aspersores} = \left(\frac{\text{Ancho parcela}}{\text{espec. entre aspersores}} \right) + 1.$$

- **Caudal del aspersor (Qa):** Cuando se diseña el sistema, el caudal de cada aspersor se puede calcular con: $Qa = \frac{Pp \times El \times Easp}{1000}$; donde: *Qa* es el caudal del aspersor (m³/h); *Pp*, la precipitación máxima (mm/hora); *El*, el espaciamiento entre laterales en (m) y *Easp*, el espaciamiento entre aspersores (m).
- **Caudal del sistema (Qs):** El caudal total necesario para el sistema está dado por el producto del caudal de cada aspersor y el número total de aspersores. También, está en función del área a regar y del módulo de riego:

$$Qs = \text{Área a regar} \times Mr \text{ o } Qs = Qa \times N^{\circ} \text{ aspersores.}$$

- **Selección del aspersor:** La elección del tipo de aspersor está sujeta a varios factores: (1) velocidad básica de infiltración; (2) tamaño de las parcelas; (3) tipo de cultivos, si la parcela será dedicada a hortalizas con rotaciones muy estrechas, será conveniente aspersores con diámetro pequeño (microaspersores) para poder ajustar el riego a las necesidades de cada parte de la parcela; (4) presión de trabajo disponible, para condiciones de la sierra se requiere aspersores que puedan trabajar en un amplio rango, desde 1 hasta 4,3 atm de presión; y, (5) ocurrencia de vientos.

Existe una amplia gama de modelos de aspersores, adaptados a diferentes condiciones del terreno, cultivos, características del sistema, etc. Sin embargo, no todos los tipos se adaptan igualmente a las condiciones específicas del riego presurizado con los desniveles naturales del terreno, en sistemas en laderas. (Soto, 2002).

- **Unidad de riego o sector de riego:** Son los sectores que reciben un caudal continuo para regar. Al interior de las unidades de riego el caudal es aplicado mediante una línea de aspersores por un tiempo de riego para regar toda su superficie en forma intermitente. La unidad de riego puede ser constituida de una o varias parcelas. En el último caso la distribución del agua entre parcelas es por turnos. (Soto, 2002).

2.5. DISEÑO HIDRÁULICO

Consiste en el diseño de las tuberías de la línea de distribución, de los laterales y el requerimiento de presiones, para que funcione óptimamente el sistema de riego. (Huamaní, 2016)

2.5.1. Diseño de los diámetros de tubería

El diseño de la línea principal requiere del sistema completo para determinar los requerimientos máximos de capacidad y presión. Las pérdidas de carga de un tramo de tubería (de un solo diámetro o compuesto de varios diámetros) se calculan con la fórmula de Blasius, utilizando una hoja de cálculo para facilitar el trabajo. Existen varios criterios de diseño, entre los que se tienen:

Para las redes de presión de riego es importante lograr mediante la selección de diámetros de tuberías que en cada hidrante la presión dinámica sea mayor a 12 metros y que no haya muchas variaciones de presión dentro del sector, para evitar grandes diferencias en los caudales de los aspersores.

Algunas veces no se logrará que la presión dinámica a nivel de un hidrante sea la adecuada con un solo diámetro de tubería. En estos casos se pueden combinar tubos de diferentes diámetros en un solo tramo, cuidando que el menor diámetro se encuentre en la parte baja del tramo, para evitar obstrucciones en la reducción.

Seleccionar los diámetros internos de la tubería de manera que las pérdidas no excedan a 2,3 m en 100 m de tubería.

Establecer o verificar que las velocidades límites máximas en la tubería principal estén dentro del rango 1,6 a 3,0 m/s. Siendo el valor más usual 2,5 m/s.

Seleccionar los diámetros de la tubería principal de tal manera que las pérdidas no sobrepasen del 10 por ciento al 20 por ciento de la presión de operación de los aspersores.

Tratar de escoger los diámetros en los cuales la suma de los costos fijos de la tubería y costos de energía sean los mínimos, por lo que se debe hacer una comparación de costos.

Las tuberías usadas en el riego por aspersión son aluminio o HDPE (polietileno de alta densidad). Esta última es la más usada por su excelente operatividad, traslado de posición de los ramales, además de su alta resistencia a los agentes atmosféricos externos: físicos, químicos, rajaduras de fragilidad del medio ambiente, envejecimiento termal y a los rayos ultravioletas, por lo que es un material idóneo para el uso a la intemperie.

2.5.2. Diseño de presiones en función a la pendiente

El nivel de presión es imprescindible para el correcto funcionamiento del sistema de riego por aspersión. Cada aspersor funciona en forma eficiente a la presión de trabajo recomendado en el catálogo, según el caudal del diseño y espaciamiento entre aspersores. Se debe tomar en consideración para el diseño que la pérdida de presión permisible debe ser el 20 por ciento de la presión con la que opera el aspersor. Se debe tomar las siguientes consideraciones para la pérdida de carga: (Gurovich L. , 1985).

- **Pérdida de carga en los Portalaterales:** Para el cálculo de la pérdida de carga en el lateral se utiliza la ecuación de Blasius.

$$hf \approx 7,89 \times 10^5 \left(\frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \times L \quad (\text{diámetros} < 125 \text{ mm})$$

Donde:

hf: pérdida de carga (mca)

Q: caudal (l/s)

D: diámetro interno de la tubería (mm)

L: longitud de la tubería (m)

- **Pérdida de carga en accesorios:** Para calcular la pérdida de carga en los diferentes accesorios, se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$hm = km \times \left(\frac{v^2}{2} \times g \right)$$

Dónde: *hm* es la energía por unidad de peso perdida en el accesorio; *km*, el coeficiente de pérdidas menores del accesorio; *v*, la velocidad media del flujo en la tubería (m/s); *y*, *g*, la aceleración de la gravedad (m/s²). Los valores de *km* se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Valores de *km* para diferentes accesorios

Accesorios	Diámetro nominal (pulgadas)											
	1/2	1/4	1	1½	2	3	4	5	6	8-10	12-16	18-24
Válvula de compuerta abierta	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10
Válvula de globo abierta	9,20	8,50	7,80	7,10	6,50	6,10	5,80	5,40	5,10	4,80	4,40	4,10
Codo estándar	0,80	0,75	0,69	0,63	0,57	0,54	0,51	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36

Semicodo estándar	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19
Tee en sentido recto	0,54	0,50	0,46	0,42	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
Tee en sentido lateral	1,62	1,50	1,38	1,26	1,14	1,08	1,02	0,96	0,90	0,84	0,78	0,72

FUENTE: Saldarriaga (2001).

2.5.3. Diseño y criterios de diseño de laterales de riego

El diámetro de las líneas laterales se determina en base a los gastos calculados, carga de presión y número de aspersores. La máxima pérdida de carga se define de modo que la diferencia entre los gastos máximos y mínimos, a lo largo del lateral, sea menor o igual al 10 por ciento y la diferencia de presión de operación de los aspersores no sea mayor del 20 por ciento. El gasto del primer aspersor está dado por: $Q_i = k\sqrt{h_i}$ y el del último aspersor, por $Q_f = k\sqrt{h_f}$, donde: Q_i es el caudal del primer aspersor; Q_f , el caudal en el último aspersor; h_i , la carga de operación en el primer aspersor; h_f , la carga de operación en el último aspersor; y, k , una constante.

Relacionando ambas ecuaciones se tiene: $\frac{Q_i}{Q_f} = \left(\frac{h_i}{h_f}\right)^{0.5}$

Siendo la diferencia de 10 por ciento se tienen que: $\frac{h_i}{h_f} = 1,1^{0.5} = 1,21$

Lo que demuestra que la máxima pérdida de carga permisible será de 20 por ciento de la presión media de operación del aspersor. Donde el 75 por ciento de las pérdidas de carga ocurren en la selección inicial de la tubería y el 25 por ciento al final del lateral. (Saldarriaga V., 2001).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Localización y características generales del área de estudio Ubicación Política

- Departamento : Arequipa
- Provincia : Caylloma
- Distrito : Tapay
- Sector : Fahuarpampa

Ubicación:

La zona de estudio del presente trabajo se encuentra políticamente, en el departamento de Arequipa, provincia de Caylloma, distrito de Tapay y sector Fahuarpampa. Ver las Figuras 5.

El área de estudio está ubicada entre las siguientes Coordenadas UTM WGS 84:

- Norte : 8'806,274 – 8'809,821 m
- Este : 248,621 – 252,306 m
- Variación Altitudinal : 2,200 – 5,150 msnm



Figura 5: Ubicación distrital del proyecto

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Vías de Acceso

El acceso al área del Proyecto se realiza de la siguiente manera:

- Desde la Ciudad de Lima

El distrito de Tapay se halla localizado en la margen derecha, parte baja del valle del Colca entre los 2,800 msnm y 3,000 msnm en la provincia de Caylloma, departamento de Arequipa; este distrito se encuentra situado a una distancia aproximada de 1,244 Km de la ciudad de Lima.

Tabla 6: Ruta de acceso Lima - Arequipa

Recorrido	Tramo	Acceso	Vía de acceso	Medio de transporte	Distancia	Tiempo
1	Lima - Arequipa	Terrestre	Carretera asfaltada	Bus público	1 009 Km	16 horas
				Camioneta particular	1 009 Km	12 horas
		Aéreo	Aérea	Avión comercial	1 009 Km	1,5 horas

FUENTE: Elaboración propia (2017)

- Desde la Ciudad de Arequipa

De la ciudad de Arequipa, nos trasladamos hacia el distrito de Chivay, a través de una carretera asfaltada; de ahí a través de una carretera afirmada nos dirigimos hacia el distrito de Cabanaconde, para finalmente llegar al distrito de Tapay por una trocha carrozable.

Tabla 7: Ruta de acceso Arequipa - Tapay

Recorrido	Tramo	Acceso	Vía de acceso	Medio de transporte	Distancia	Tiempo
1	Arequipa - Chivay	Terrestre	Carretera asfaltada	Bus público	164 Km	4 horas
				Camioneta particular	164 Km	2.5 horas
2	Chivay - Cabanaconde	Terrestre	Carretera afirmada	Bus turístico	58 Km	2.5 horas
				Camioneta particular	58 Km	50 minutos
3	Cabanaconde - Tapay	Terrestre	Sendero	A pie	13 Km	5 horas
			Trocha carrozable	Camioneta particular	13 Km	12 minutos

FUENTE: Elaboración propia (2017)

Extensión:

La extensión del terreno es de 60 has; para el presente trabajo, se realizará el diseño del sistema de riego por aspersión para 9 has.

Clima:

El clima de la zona es frío, con temperaturas variables y precipitaciones altas. La información climatológica obtenida para el presente proyecto, se basa en estudios realizados en la Estación Meteorológica Cabanconde, ubicada en las coordenadas 15° 37'S y 71° 58'W, a una altitud de 3379 m.s.n.m.

Recurso hídrico:

La fuente de agua proviene de un manantial ubicado en el Sector denominado Bacchua, éste es el resultado de las filtraciones de agua de lluvia y nieve que se presenta en la parte alta de la Quebrada Huacaña, captada mediante una (01) captación superficial en ladera, derivándose el agua a través de un canal principal de conducción con tubería HDPE de Ø200 mm (8") de una longitud de 3,705.15 m (Figura 6), hacia un (01) reservorio de tierra revestido con geo membrana HDPE, de una capacidad efectiva de almacenamiento de 1,381.56 m³.

Asimismo, el agua es derivado desde el reservorio hacia el área de cultivo, a través de un canal de distribución entubado con tubería HDPE (Ø250 mm, 200 mm, 160 mm y 110 mm de diámetro) de una longitud de 1,490.00 m (figura 7); con un caudal constante de 60 l/s.

Además, se construirá seis (06) tomas laterales de concreto armado; por lo que el sistema funcionará con la salida de cada lateral simultáneamente con su caudal respectivo según Tabla 8.

Por consiguiente, Con el objeto de optimizar el uso del recurso hídrico en la aplicación del riego, se plantea realizar el diseño de riego por aspersión para un total de 9 has, tomando como fuente de agua la TL – 6 (Q=10 l/s).

Tabla 8: Distribución de las toma laterales de la línea de distribución

UNIDADES	SIMBOLO	SUPERFICIE	
		PROG.	CAUDAL
TOMA LATERAL 1	TL 1	10	10.00
TOMA LATERAL 2	TL 2	300	10.00
TOMA LATERAL 3	TL 3	600	10.00
TOMA LATERAL 4	TL 4	900	10.00
TOMA LATERAL 5	TL 5	1,200	10.00
TOMA LATERAL 6	TL 6	1,490	10.00
TOTAL GENERAL			60.00 l/s

FUENTE: Expediente técnico “Instalación del servicio de agua para riego en el Sector Fahuarpampa de la Comunidad Campesina de Llatica, distrito de Tapay, provincia de Caylloma-Arequipa”.

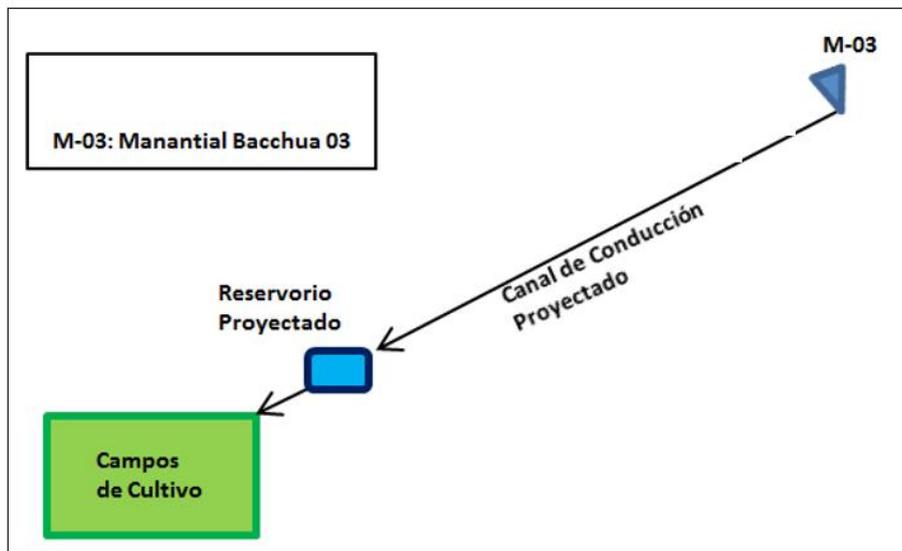


Figura 6: Esquema del funcionamiento hidráulico del sistema

FUENTE: Expediente técnico “Instalación del servicio de agua para riego en el Sector Fahuarpampa de la Comunidad Campesina de Llatica, distrito de Tapay, provincia de Caylloma-Arequipa”.

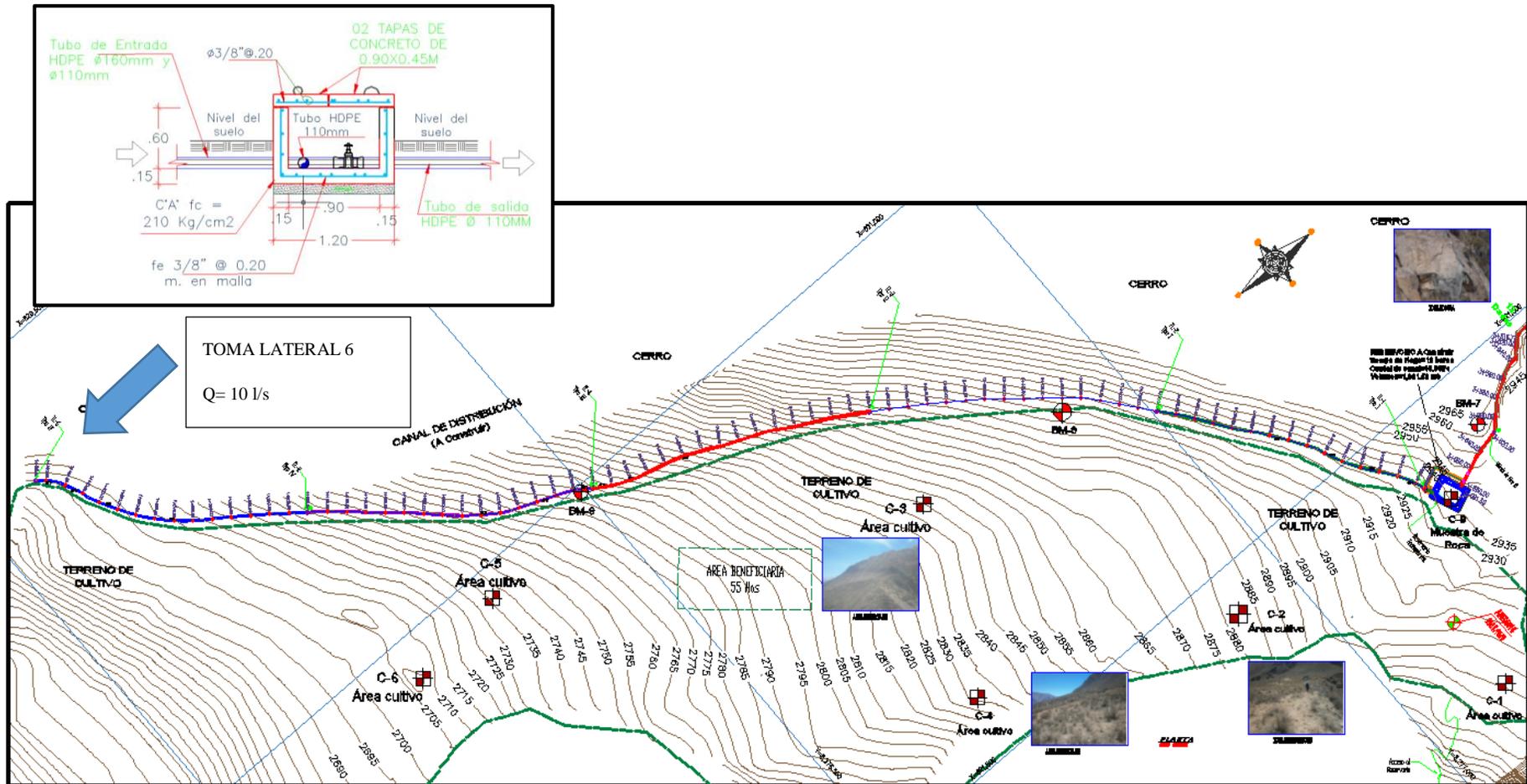


Figura 7: Línea de distribución (reservorio – área de cultivos)

FUENTE: Expediente técnico “Instalación del servicio de agua para riego en el Sector Fahuarpampa de la Comunidad Campesina de Llatica, distrito de Tapay, provincia de Caylloma-Arequipa”.

3.1.2 Materiales y equipos

- Lapiceros, lápices, cuaderno de apuntes.
- Plano topográfico, datos climatológicos.
- Información del análisis de suelo y agua, y cultivo
- Libros y Manuales
- Software: AutoCAD, CROPWAT, entre otros
- Laptop, impresora y plotter

3.2 METODOLOGÍA

Se ha elaborado un esquema de la metodología empleada a fin de cumplir el objetivo del proyecto.

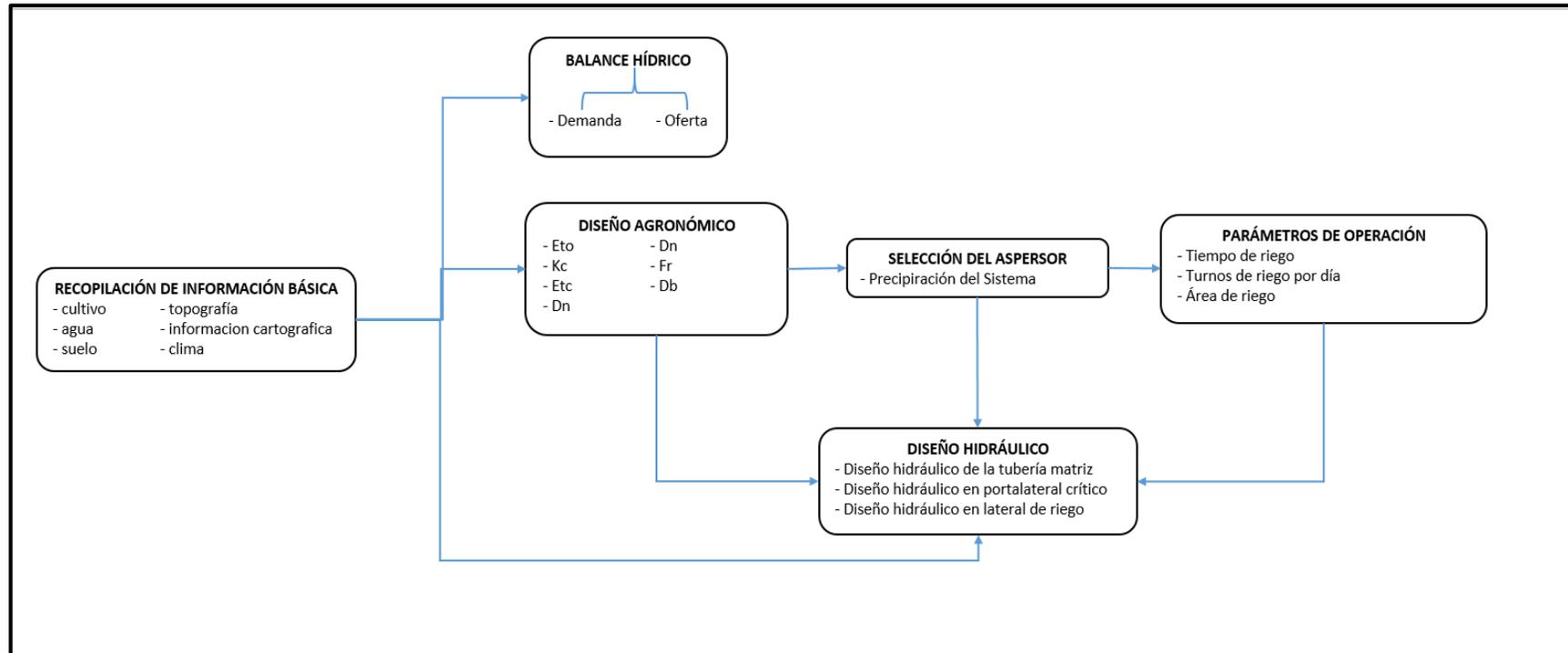


Figura 8: Metodología para el diseño del sistema de riego

FUENTE: Elaboración propia

3.2.1 Recopilación de información básica

Se recopiló información referente al cultivo, agua, suelo, topografía, clima del expediente técnico “Instalación del servicio de agua para riego en el Sector Fahuarpampa de la Comunidad Campesina de Latica, distrito de Tapay, provincia de Caylloma-Arequipa”.

3.2.2 Balance hídrico

Con la información recopilada y levantada en campo, se realizó el balance hídrico con proyecto, para nueve (09) ha de área agrícola.

3.2.3 Diseño agronómico

Para ello, se realizaron las siguientes actividades: Estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_o); asignación de coeficientes de cultivo (K_c); estimación de la evapotranspiración del cultivo (ET_c); estimación de la eficiencia de riego; estimación de las necesidades totales de riego; características del aspersor; precipitación horaria; parámetros de operación.

3.2.4 Diseño hidráulico

Que comprendió el cálculo del diámetro de tuberías, presiones y caudales (laterales de riego, porta-laterales).

3.2.5 Estimación del presupuesto

Con los resultados del diseño, se estimó el presupuesto correspondiente al proyecto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 INFORMACIÓN BÁSICA

4.1.1 Cultivo

En el área del presente proyecto se caracteriza por cultivar papa, quinua, maíz cabanita, orégano, con un marco de plantación promedio de 0.65 m x 0.3 m, distancia entre hileras y plantas respectivamente.

4.1.2 Agua

Durante el trabajo de campo, realizado el 26/11/14, se ha tomado tres (03) muestras de agua del manantial considerada en el estudio. Estas fueron analizadas, en el laboratorio de Análisis de Suelos, planta agua y fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina; que incluyen parámetros físico-químicos como: CE, pH, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruro, Sulfato, Bicarbonato, Nitratos, Carbonatos, SAR y boro.

Para la selección de parámetros, los criterios de interpretación para calidad de agua han sido tomados de la legislación ambiental vigente para calidad de agua para diferentes usos, Clase III para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales de la Ley General de Aguas DL 17752 y sus modificatorias (1983 – 2003) para cursos de agua superficial. Los resultados del análisis de aguas de las muestras tomadas dentro del ámbito de estudio, referido a cationes, aniones, conductividad eléctrica, sodio y pH, se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Resultado de Análisis de Agua

Parámetros	Resultados
CE mmhos/cm	0,34
pH	7,97
Calcio (meq/l)	2,12
Magnesio (meq/l)	0,36
Sodio (meq/l)	0,97
Potasio (meq/l)	0,05
SUMA CATIONES	3,5

Cloruro (meq/l)	0,86
Sulfato (meq/l)	1,23
Bicarbonato (meq/l)	1,26
Nitratos (meq/l)	0,05
Carbonatos (meq/l)	0
SUMA DE ANIONES	3,4
SAR	0,87
CLASIFICACION	C2-S1
Boro (mg/l)	0,21

FUENTE: Resultados de Análisis de Aguas realizado en el Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertilización de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM.

4.1.3 Suelo

La clase textural del suelo es Franco limoso, con buenas características agronómicas, sin concentraciones que pudieran resultar perjudiciales para los cultivos a implementar. Los resultados del análisis del suelo del área de interés, se presentan en la Tabla 10.

En conclusión, es un suelo que tiene mediana capacidad de retención de la humedad, es apropiado para instalar el sistema de riego por aspersión, siendo apto para los cultivos propuestos.

Tabla 10: Análisis de suelo

Descripción	MO (%)	P (ppm)	pH (1:1)	CE (mS/cm)	CaCO ₃ (%)	Textura
Resultados	2,34	6,94	6,4	0,15	0	Arena franca

FUENTE: Resultados de Análisis de Aguas realizado en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

4.1.4 Topografía

El Sector de Fahuarpampa, presenta un relieve accidentado, donde se observa pendientes elevadas, por lo que se utilizará el desnivel por la diferencia de cotas, a fin de aprovechar la presión en el sistema.

4.1.5 Información cartográfica

Se cuenta con el plano parcelario de la zona a beneficiar (9 ha) con el diseño de riego por aspersión.

4.1.6 Clima

La información climatológica obtenida para el presente trabajo, corresponde a la Estación Meteorológica Cabanaconde. En la Tabla 11 se presenta los valores promedio para el periodo 1988 al 2010.

Tabla 11: Datos climatológicos

Mes	Temperatura media (°C)	Humedad (%)	Precipitación media (mm)
Enero	12,24	77,22	117,40
Febrero	12,36	81,66	140,20
Marzo	12,38	76,60	92,40
Abril	12,44	64,00	45,30
Mayo	12,18	46,32	0,00
Junio	10,91	41,08	2,20
Julio	11,39	38,78	3,40
Agosto	11,89	43,02	4,50
Setiembre	12,22	42,18	3,90
Octubre	12,73	44,10	6,60
Noviembre	12,25	46,16	42,20
Diciembre	12,69	60,10	117,40
ANUAL	12,14	55,10	41,60

FUENTE: Estación meteorológica Cabanaconde

4.1.7 Precipitación efectiva (Pe)

Se tomado en cuenta el valor de la precipitación efectiva para el cálculo de la necesidad neta por ser significativa.

Los datos de la precipitación promedio mensual fueron tomados de la Estación Cabanaconde. Para ello usó el programa de cómputo CROPWAT, tal como puede apreciarse en la Figura 10.

Estación		Método Prec. Ef	
CABANA CONDE		Método USDA S.C.	
	Precipit.	Prec. efec	
	mm	mm	
Enero	117.4	95.3	
Febrero	140.2	108.8	
Marzo	92.4	78.7	
Abril	45.3	42.0	
Mayo	1.4	1.4	
Junio	0.0	0.0	
Julio	2.2	2.2	
Agosto	3.4	3.4	
Septiembre	4.5	4.5	
Octubre	3.9	3.9	
Noviembre	6.6	6.5	
Diciembre	42.2	39.4	
Total	459.5	386.0	

Figura 9: Precipitación efectiva

FUENTE: Elaboración propia

Plano parcelario

4.2 BALANCE HÍDRICO

Se realizó el balance hídrico con proyecto, para nueve (09) ha de área agrícola (ver la Tabla 6 y la Figura 8). La oferta anual es de 46 532 m³ y la demanda anual es de 84 564 m³. Se puede apreciar que la demanda de agua requerida para el cultivo en situación con proyecto, es cubierta por la oferta disponible, y el mes de máxima demanda es diciembre. Desde el punto de vista hídrico el sistema de riego por aspersión es técnicamente viable.

Tabla 12: Balance hídrico – con proyecto

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Demanda (m³)	650	0	0	5,287	3,783	4,682	6,681	6,637	4,998	2,252	4,683	6,879	46,532
Oferta (m³)	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	7,047	84,564
Balance (m³)	6,397	7,047	7,047	1,760	3,264	2,365	366	410	2,049	4,795	2,364	168	38,032

En el ANEXO 1 y 2, se muestra los cálculos para la demanda y oferta de agua del cultivo propuesto.

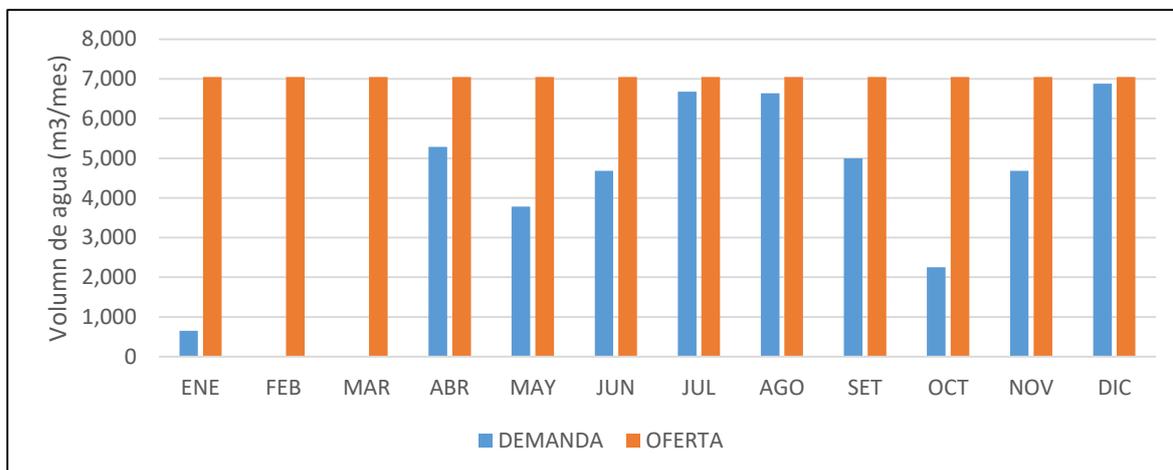


Figura 10: Balance hídrico con proyecto

Fuente: Elaboración propia

4.3 DISEÑO AGRÓNOMICO

La necesidad de riego de diseño, se da para las condiciones críticas, para las épocas de máxima demanda (diciembre).

Los predios se caracterizan por tener suelos de textura franco limoso y con moderada pendiente, habiéndose considerado plantear el uso de aspersores de riego fijos.

Para fines de demostración, se realizará la secuencia de los cálculos de las necesidades, lamina de riego y otros parámetros de riego para el mes más crítico y para el cultivo que más agua demanda en este mes, para este caso es el maíz cabanita.

4.3.1 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o)

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_o), se utilizó el método de Hargreaves, utilizando en datos de temperatura del aire, humedad relativa (Estación Meteorológica Cabanaconde), tal como puede apreciarse en la Figura 13.

Tabla 13: Evapotranspiración de referencia (1988 – 2010)

Mes	Temp Max	Temp Min	TMC	TMF	HR	CH	CE	MF	ETo	DIAS	ETo
	°C	°C	°C	F	%				mm/mes		mm/día
Enero	17,98	6,50	12,24	54,03	77,22	0,79	1,07	2,71	123,72	31	3,99
Febrero	17,66	7,06	12,36	54,25	81,66	0,71	1,07	2,33	95,76	28	3,42
Marzo	18,18	6,58	12,38	54,28	76,60	0,80	1,07	2,33	108,61	31	3,50
Abril	18,64	6,24	12,44	54,39	64,00	1,00	1,07	2,94	169,86	30	5,66
Mayo	18,96	5,40	12,18	53,92	46,32	1,00	1,07	1,70	97,87	31	3,16
Junio	17,82	4,00	10,91	51,64	41,08	1,00	1,07	1,50	82,69	30	2,76
Julio	18,50	4,28	11,39	52,50	38,78	1,00	1,07	1,61	90,35	31	2,91
Agosto	18,84	4,94	11,89	53,40	43,02	1,00	1,07	1,87	106,44	31	3,43
Septiembre	19,16	5,28	12,22	54,00	42,18	1,00	1,07	2,13	122,84	30	4,09
Octubre	19,50	5,96	12,73	54,91	44,10	1,00	1,07	2,50	146,33	31	4,72
Noviembre	19,06	5,44	12,25	54,05	46,16	1,00	1,07	2,59	149,33	30	4,98
Diciembre	19,10	6,28	12,69	54,84	60,10	1,00	1,07	2,74	160,31	31	5,17

FUENTE: Elaboración propia

4.3.2 Cédula de cultivo

Para el diseño se consideró los siguientes cultivos: papa, quinua, maíz cabanita y orégano. El calendario agrícola y la extensión de los cultivos se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14: Cédula de cultivos

CULTIVOS	ÁREAS (ha)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PAPA	2	2	2	2	1	1	1	1	1			2	2
QUINUA	2	2	2	2	1	1	1	1	1			2	2
MAIZ CABANITA	3	3	3		1	1	1	1	1		3	3	3
ORÉGANO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TOTAL	9	9	9	6	5	5	5	5	5	2	5	9	9

FUENTE: Elaboración propia

4.3.3 Coeficiente del cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo Kc fueron obtenidos de otros estudios y del Manual N° 24 de la FAO. Además, dependen de las características fisiológicas y periodos vegetativos de los cultivos.

Los valores de Kc ponderado mensual, según la distribución de áreas, se presentan la Tabla 15.

Tabla 15: Valores del Kc de los cultivos

CULTIVO PRINCIPAL	ÁREA (ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Kc maíz cabanita	9	1	0.9	0.58		0.42	0.8	1	0.9	0.58		0.42	0.8

4.3.4 Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ETc)

Para el cálculo se consideró la evapotranspiración de referencia correspondiente a diciembre por ser el mes crítico, con el valor crítico (5,17 mm/d) y un coeficiente de cultivo ponderado en el mes crítico es de 0,57.

Tabla 16: Evapotranspiración del cultivo promedio

Descripción	Unidad	Valor
Evapotranspiración – ETo	mm/d	5,17
Coficiente cultivo – Kc		0,57
Evapotranspiración cultivo - ETc	mm/d	2,93

FUENTE: Elaboración propia

4.3.5 Cálculo de la lámina neta de riego (Dn)

El descenso tolerable conveniente para riego por aspersión es el 30 por ciento, la capacidad de campo y el punto de marchitez para suelo franco limoso es 28 por ciento y 18 por ciento respectivamente, la densidad aparente para este mismo suelo es 1,146 g/cm³, la profundidad de raíz es 750mm. (ver Tabla N° 02 y 03)

$$Dn(m) = \frac{30 * (28 - 18) * 1,146 * 750}{10000} = 25,79mm$$

4.3.6 Cálculo de la frecuencia de riego (Fr)

El intervalo máximo de riego o frecuencia de riego, para este cultivo está dado por: Dn/Etc.

$$Fr = \frac{25,79mm}{3,61mm / dia} = 8,75días$$

4.3.7 Frecuencia de riego modificado con fines prácticos

La frecuencia de riego original de los cultivos para el mes más crítico, ha sido modificada, con fines prácticos, es así que todos los cultivos tendrán una frecuencia de riego igual a 6 días, para nuestro caso. Debido al cambio de frecuencia de riego de cada cultivo, el tiempo

de riego para cada cultivo también variará directamente proporcional a su frecuencia de riego. Esta decisión adoptada con fines de manejo no disminuirá ni aumentará la lámina neta de riego, finalmente se tendrá la misma demanda de agua para los cultivos en el mes. Esta decisión adoptada nos ayudara también a determinar la cantidad de aspersores necesarios por día para regar el área mínima por días, con la finalidad de atender en seis días toda el área de cultivo antes de empezar con la siguiente frecuencia.

4.3.8 Lámina neta de riego corregida (Dnc)

Está dado por:

$$Dnc = 25,79mm / día * 6días = 17,68mm$$

4.3.9 Cálculo de la lámina bruta de riego (Dbc)

La lámina o dotación bruta es mayor a la dotación neta debido a la eficiencia de aplicación (75%) a nivel de las parcelas. Calculando la Db tenemos 23,58 mm.

$$Dbc = \frac{17,68(mm) * 100}{75} = 23,58mm$$

4.3.10 Selección del aspersor

Se ha planteado el riego con aspersores de 3/4", los que irán instalados en la tubería lateral; los aspersores de riego tienen un alcance de chorro de 14,00 metros, diámetro de tobera 4,4mm, con un caudal de 1,36 lps, colocados a una distancia de 14,00 x 14,00m, con una presión mínima de 2,0 bares.

Tabla 17: Característica del aspersor

Características del aspersor	
Caudal (lps)	0,38
Caudal (m ³ /h)	1.36
Espacio aspersores (m)	14,00
Espacio laterales (m)	14,00

FUENTE: Elaboración propia (2017)

4.3.11 Precipitación horaria del sistema

Se obtuvo dividiendo el caudal descargado del aspersor entre el área del marco de riego adoptado.

$$Ph = \left(\frac{1,36 * 1000}{14 * 14} \right) * 1 = 6,94mm / hr$$

4.3.12 Parámetros de operación

a. Tiempo de riego o tiempo de postura

La lámina bruta (Db) calculada es 23,58 mm y la precipitación horaria del sistema es 6,49 mm/h, por lo que el tiempo de postura de cada lateral para lograr suministrar la humedad requerida a la profundidad de raíces promedio (750 mm) es de 3,40 horas; equivalente a 3 horas, 24 min.

b. Número de turnos al día

El número de turnos de los aspersores al día estará determinado por las horas de riego al día (10 horas de riego) entre el tiempo promedio de la postura. Para nuestro caso el tiempo promedio de cada postura es de 3,40 horas. En consecuencia, el número de turnos al día será de 3,24.

c. Área de riego por día

El área mínima de riego estará determinada por la frecuencia de riego de 06 días y el número de turnos al día (03 turnos, para fines prácticos), para un área total de riego es 09 has para el caso de diciembre. Finalmente, el área de riego por día será de 1,50 ha.

4.4 DISEÑO HIDRÁULICO

Para el diseño de matrices y portallaterales se utilizó la ecuación de pérdidas de carga de Blasius. La red hidráulica comprendió tuberías primarias, secundarias y terciarias que alimentan a los laterales de riego. Considerando las presiones y caudales de trabajo que debería soportar la red, se seleccionaron tuberías con diámetros de 90, 75 y 63mm, 1 ½" y 1" pulg, en PVC, instaladas a un metro de profundidad promedio, para evitar cualquier daño debido al peso de maquinaria o trabajo de equipos durante la preparación del suelo.

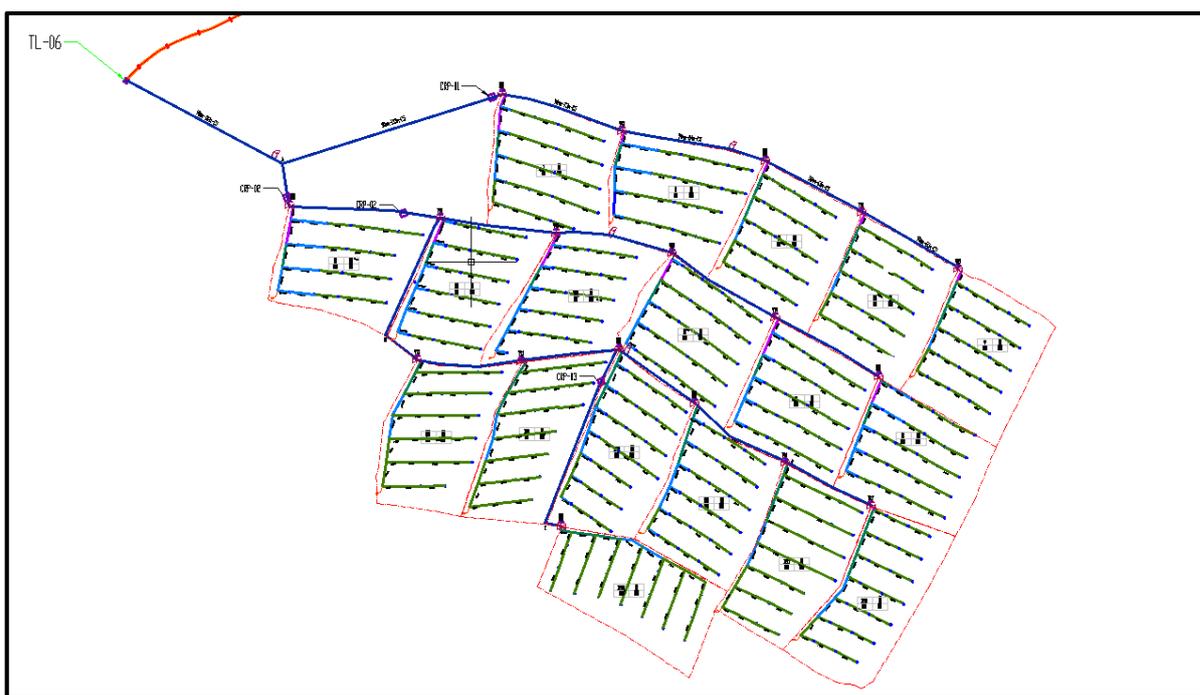


Figura 11: Esquema hidráulico

Fuente: elaboración propia

4.4.1 Diseño hidráulico de la tubería matriz

Se consideró tuberías de PVC, clase 5, con diámetro nominal de 90 mm. La velocidad máxima fue de 1,67 m/s, que está dentro del rango de velocidad propuesto como diseño ($\leq 2,0$ m/s). El máximo caudal fue de 9,64 l/s, perteneciente a cada turno de riego. En el Anexo 7, se muestra las hojas de cálculo del diseño hidráulico de la tubería matriz.

4.4.2 Diseño hidráulico en portalateral crítico

Se consideró tuberías de PVC, clase 5, 7,5 y 10 con diámetros nominales de 75, 63, 48, 33mm. La longitud máxima fue de 85 m. En el Anexo 8, se muestra las hojas de cálculo del diseño hidráulico de la línea portalateral.

4.4.3 Diseño hidráulico en lateral de riego

Para el diseño del riego por aspersión, se ha planteado el sistema de distribución de los laterales de riego en sentido aproximadamente paralelo a las curvas de nivel, a fin de reducir los efectos de las pérdidas por fricción, de manera que permita la uniformidad de aplicación de aspersores.

El sistema de riego fijo está compuesto con laterales de riego de tubería de PVC. para el diseño se ha elegido el aspersor: Aspersor de ¼”, Q=1360.0 l/hr, presión de trabajo de 2.5 bares y un radio de alcance de 14.00 m.

Para la selección de los aspersores se tuvo en cuenta las características físicas del suelo, estando el tiempo de riego en relación con el distanciamiento entre laterales de riego y las necesidades hídricas del cultivo.

Para el distanciamiento entre los laterales de riego se ha considerado las características del suelo y de manejo del cultivo, según las condiciones topográficas propias del lugar del Proyecto. Se adjunta como Anexo 8 el diseño de dos sectores de riego más crítico.

4.4.4 Caja de válvula de control local

Las cajas de válvula de control serán construidas de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, de 0,4 m de alt. y según las medidas que se especifican en el Cuadro N° 18.

Las cajas, cuya función es proteger las válvulas de compuerta instaladas en su interior, han sido dimensionadas teniendo en cuenta el tamaño de la válvula y el espacio necesario para su operación y mantenimiento. La caja lleva una tapa metálica con seguro, debidamente pintada para su protección ante la corrosión y serán colocadas al inicio de cada ramal, para controlar el ingreso del agua a los ramales, teniendo en cuenta el diámetro de la tubería (Ver Fig.12).

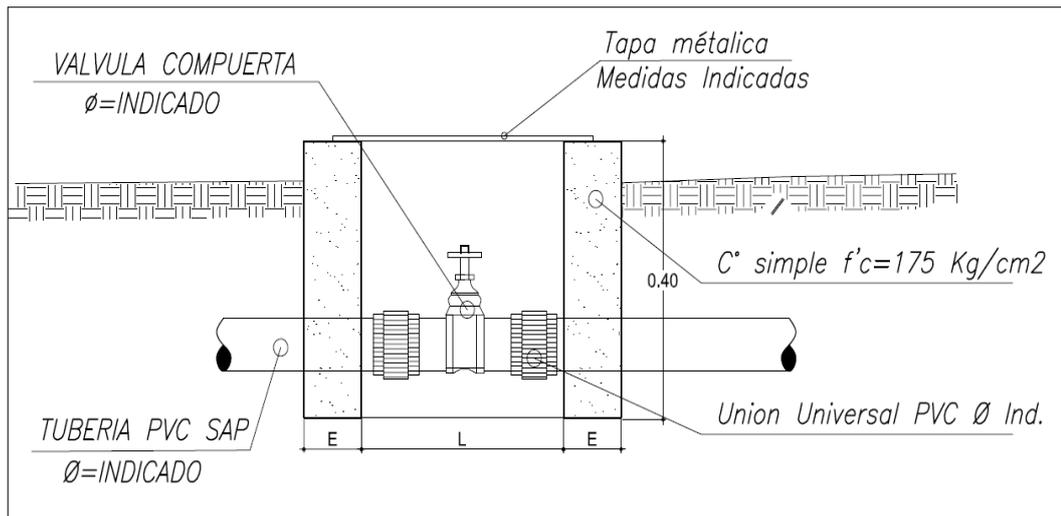


Figura 12: Caja y válvula de control local

Tabla 18: Cantidad y tipo de válvula, tamaño de caja, espesor de muro y tamaño de tapa metálica

Descripción	Cantidad (und)	Tamaño de caja (m)	E. muro (m)	Tamaño de tapa metálica (m)
Válvula de compuerta $\varnothing = 4''$	18	0,35 x 0,15	0,10	0.40x0.20

4.4.5 Caja de válvula de purga

Las cajas de válvula de purga o de limpia serán de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, de 0,075 m de espesor de muro, con dimensiones de 0,15 x 0,10 m y 0,40 m de alto, y llevarán una tapa metálica de 0,20 x 0,15 m con seguro, para proteger a la válvula de compuerta de bronce de 1" de diámetro, que será instalada en su interior. Se instalarán al final de cada ramal en total dieciséis (16) válvulas que servirán como sistema de purga o limpia.

4.5 PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE RIEGO

El presupuesto correspondiente al proyecto asciende a la suma de S/. 139,639.34 soles; en dicho costo no se incluye las obras civiles, tales como: zanjado, tapado, entre otros.

En el ANEXO 11, se muestra el presupuesto de instalación del sistema de riego por goteo.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño del sistema de riego por aspersión para 09 has de los cultivos de maíz cabanita, orégano, papa y quinua, de acuerdo a los datos básicos como oferta de agua, clima, topografía, suelo y fuente de energía, para las condiciones críticas, para las épocas de máxima demanda (diciembre). El costo unitario estimado para la instalación del sistema de riego por aspersión es S/ 139,639.34 Soles por hectárea.
- Se estimó una demanda anual (46,532.19 m³), el cual es cubierta por oferta anual (84,564.00 m³) disponible, según resultado del Balance hídrico para 9 has.
- Se logró determinar el diseño agronómico, de acuerdo a la cantidad de agua necesaria para el mes crítico y para el cultivo que demanda más agua en este mes (maíz cabañita), de acuerdo a la cantidad de agua necesaria para los cultivos. Asimismo, se determinó el tiempo de riego por turno (3,4 hr), número de turnos por día (03 turnos por día) y frecuencia de riego (06 días).
- Se logró determinar el diseño hidráulico para la red de tuberías en la conducción, distribución y aplicación del sistema de riego. La tubería matriz será de PVC clase 5, con diámetro nominal de 90 mm; y, fueron diseñadas para velocidades no mayores a 2,0 m/s. Las tuberías portlaterales tienen diámetros de 75 y 63 mm - Clase 5, 1 ½" - Clase 7.5 y 1" – Clase 10.
- El sistema de riego fijo se ha elegido el Aspersor de 1/4", Q=1360,0 l/hr, presión de trabajo de 2,5 bares, boquilla de 4,40mm y un radio de alcance de 14.00 m, con una precipitación máxima de 6.94 mm/h.
- Se estableció los parámetros de operación del sistema, el cual permitirá el funcionamiento de 01 válvula por turno (03 turnos), cada uno con un tiempo de riego de 3,40 horas, haciendo un total de 10 horas al día y una frecuencia de riego de 6 días.

- La propuesta del sistema de riego por aspersión, representa un costo de inversión de S/. 139,639.34

II. RECOMENDACIONES

- Una vez instalado el sistema de riego propuesto, realizar la capacitación de los operadores respecto al manejo del sistema.
- Realizar el mantenimiento de los equipos y accesorios de riego periódicamente, lo cual garantizará un óptimo funcionamiento y una mayor durabilidad del sistema.
- Procurar dejar de regar en horas de fuertes vientos, porque la uniformidad de aplicación será fuertemente afectada.
- Se recomienda instalar en los campos barreras vivas que corten el viento. Esto disminuirá el efecto del viento durante el riego y las heladas durante la noche.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazán Aguilar, E. F. (2005). *Diseño, operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión en la comunidad de Misca, Provincia de Paruro, Departamento de Cuzco*. Trabajo de Investigación para Optar el Título de Ingeniero Agrícola, UNALM, Lima.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, FAO, Roma.
- Fernández, R. (2010). Manual de riego para Agricultores - Módulo 3: Riego por Aspersión. En R. Fernández, *Manual de Riego para Agricultores* (págs. 20p - 21p). Sevilla: Junta Andalucía.
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. San José, Costa Rica: IICA. 433 p.
- Huamaní, A. (2016). “Propuesta del Plan de Manejo ambiental en sistemas de riego por aspersión - Caso de estudio: Ucuscancha - Shullapamarca - Calzada, distrito de Chicla. (2016). *Trabajo de titulación para Optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola*. UNALM, Lima.
- Saldarriaga V., J. G. (2001). *Hidráulica de tuberías* (1er edición ed., Vol. I). (E. E. Ariza, Ed.) Bogota: ed. Panamericana Formas e Impresos S.a.
- Santos,L.; Valero,J.; Picornell,M.; Tarjuelo, José Ma. (2010). *El Riego y sus Tecnologías*. Albacete, España: CREA - UCLM. 296 p.
- Soto, H. J. (2002). *Manual para el diseño y gestión de pequeños sistemas de riego por aspersión en laderas*. Cusco, Cusco, Perú: MASAL. 79p.
- Tarjuelo, J. M. (1999). *El riego por aspersión y su tecnología* (Segunda Ed. ed.). España: Mundi Prensa.
- Vázquez, A. (1992). *El riego*. Lima: UNALM.
- Velarde, J. C. (1998). *Riego y Drenaje*. San José - Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 229 p.

VII. ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de la demanda de agua con proyecto.

Descripción	Meses													Total anual
	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Eto	mm/día	3.99	3.42	3.50	5.66	3.16	2.76	2.91	3.43	4.09	4.72	4.98	5.17	
Kc		0.81	0.92	0.72	0.60	0.54	0.77	1.03	0.88	0.59	0.55	0.47	0.57	
Uso Consultivo Etc	mm/día	3.23	3.15	2.52	3.40	1.70	2.12	3.00	3.02	2.42	2.60	2.34	2.95	
Precipitación Efectiva	mm/día	3.07	3.89	2.54	1.40	0.05	0.00	0.07	0.11	0.15	0.13	0.22	1.27	
Necesidades Netas del Cultivo	mm/día	0.16	0.00	0.00	2.00	1.66	2.12	2.93	2.91	2.27	2.47	2.12	1.68	
Eficiencia de Riego	%	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	
Necesidades Totales de cultivo	mm/día	0.23	0.00	0.00	2.94	2.44	3.12	4.31	4.28	3.33	3.63	3.12	2.47	
	m ³ -ha/día	2.33	0.00	0.00	29.37	24.41	31.21	43.10	42.82	33.32	36.33	31.22	24.66	
Área de Riego	ha	9.00	9.00	9.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	2.00	5.00	9.00	
Demanda Total unitario - Mensual	m ³ /ha	72.20	0.00	0.00	881.14	756.58	936.36	1,336.23	1,327.45	999.66	1,126.18	936.58	764.32	9,136.70
Demanda Total - Mensual	m ³	649.81	0.00	0.00	5,286.86	3,782.91	4,681.80	6,681.13	6,637.25	4,998.28	2,252.37	4,682.89	6,878.89	46,532.19

Anexo 2: Cálculo de la oferta de agua con proyecto.

Variable	Unidad	Meses												Total anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
N° de días del mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Caudal de Lateral N° 06	l/s	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
	m³/hr	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	
Tiempo de Riego por dotacion	hr/ha	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	
Area Proyecto CC Fahuarpampa	ha	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	
Tiempo de Riego Total por dotacion para el area de proyecto	Hr	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	39.15	
Frecuencia de cada dotacion de riego parcelario	días	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Numero de Riegos al Mes	N°	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
Volumen Ofertado para el Proyecto	m³	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	7,047.00	84,564.00
	m³/ha	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	783.00	9,396.00

Anexo 3: Diámetro de tuberías

CLASE	DIAMETRO NOMINAL (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	DIAMETRO NOMINAL (pulg)	UNION
2.5	160-C2.5	156.00	6"	Flexible (UF)
	200-C2.5	195.00	8"	Flexible (UF)
	250-C2.5	243.80	10"	Flexible (UF)
	315-C2.5	307.20	12"	Flexible (UF)
	355-C2.5	346.20	14"	Flexible (UF)
5.0	63-C5.0	59.80	2"	Flexible (UF)
	75-C5.0	71.20	2 1/2"	Flexible (UF)
	90-C5.0	85.60	3"	Flexible (UF)
	110-C5.0	104.60	4"	Flexible (UF)
	140-C5.0	133.00	5 1/2"	Flexible (UF)
	160-C5.0	152.00	6"	Flexible (UF)
	200-C5.0	190.20	8"	Flexible (UF)
	250-C5.0	237.60	10"	Flexible (UF)
315-C5.0	299.60	12"	Flexible (UF)	
7.5	48-C7.5	44.40	1 1/2"	Espiga
	63-C7.5	58.40	2"	Flexible (UF)
	75-C7.5	69.40	2 1/2"	Flexible (UF)
	90-C7.5	83.40	3"	Flexible (UF)
	110-C7.5	102.00	4"	Flexible (UF)
	140-C7.5	129.80	5 1/2"	Flexible (UF)
	160-C7.5	148.40	6"	Flexible (UF)
	200-C7.5	185.40	8"	Flexible (UF)
	250-C7.5	231.80	10"	Flexible (UF)
315-C7.5	292.20	12"	Flexible (UF)	
10.0	21-C10	17.40	1/2"	Espiga
	26.5-C10	22.90	3/4"	Espiga
	33-C10	29.40	1"	Espiga
	42-C10	38.00	1 1/4"	Espiga
	48-C10	43.40	1 1/2"	Espiga
	63-C10	57.00	2"	Flexible (UF)
	75-C10	67.80	2 1/2"	Flexible (UF)
	90-C10	81.40	3"	Flexible (UF)
	110-C10	99.40	4"	Flexible (UF)
	140-C10	126.60	5 1/2"	Flexible (UF)
	160-C10	144.60	6"	Flexible (UF)
	200-C10	180.80	8"	Flexible (UF)
	250-C10	226.20	10"	Flexible (UF)
315-C10	285.00	12"	Flexible (UF)	
15.0	63-C15	54.20	2"	Flexible (UF)
	75-C15	64.40	2 1/2"	Flexible (UF)
	90-C15	77.40	3"	Flexible (UF)
	110-C15	94.60	4"	Flexible (UF)
	140-C15	120.40	5 1/2"	Flexible (UF)
	160-C15	137.60	6"	Flexible (UF)
	200-C15	172.00	8"	Flexible (UF)
	250-C15	215.00	10"	Flexible (UF)
	315-C15	271.00	12"	Flexible (UF)

Anexo 4: Especificaciones técnicas del aspersor elegido


35




ref. 111920



ref. 004601

9° 12°

3/4"



ref. 004600

9° 12°

3/4"



VYR-46
Agricultoras circulares

Características generales:

- Aspersor de impacto agrícola de medio caudal y ángulo bajo.
- Conexión macho o hembra de 3/4".
- Fabricado en plástico, latón y acero inox.
- Juntas de rotación de alta resistencia.
- Ángulos de las boquillas de 9° y 12°.
- Diseño especial para mayor alcance en Pivots o zonas de fuertes vientos.

Especificaciones técnicas:

- Alcance: 11,5-15,5 m.
- Caudal: 310- 3520 l/h.
- Presión de trabajo: 1,75 - 4,5 BAR.
- Sector: Circular.
- Boquillas: Dos boquillas, una principal y otra secundaria o tapón.
- Ángulos de trayectoria: 9° y 12°.
- Altura máxima de chorro: 1,1 m.
- Tiempo de rotación: Dependiendo de la presión y boquillas es uniforme y continuo.
- Coeficiente de Uniformidad superior al 90% en marcos de 10x10R, 12x12T, 14x12T.

Aplicaciones:

- Plantaciones hortícolas, cereales, tuberosas, leguminosas, y frutales.

Dimensiones:

- Altura: 14 cm.
- Ancho: 19 cm.
- Peso: 190 grs.
- Unidades por caja: 50.

Opciones:

- Boquilla secundaria similar a la principal.
- Racord de conexión en plástico o latón.
- Montaje sobre regulador de presión para el autocompensamiento de la presión y caudal.

Modelos:

Ref. 004600: Con base de plástico.

Ref. 004601: Con base de latón.

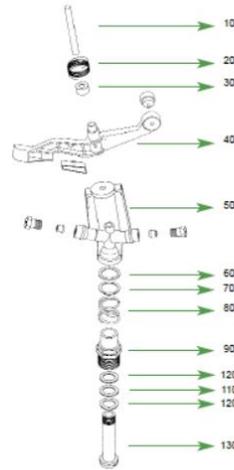
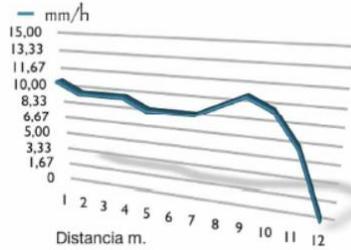
ASPERSORES AGRICOLAS

VYR-46

Despiece y tablas

EJEMPLO DE TEST DE UNIFORMIDAD

BAR	3,5
Caudal	1986 L/h
Boquillas	4,4 X 2,8 mm
Centro	VYR
Veloc. Rot.	0,3 min/rev.
Altura	60 cm
Duración	60m
T°	20°C
Veloc. viento	0 m/seg.
Fecha	10/06/2010



Boquillas

	7/64"= 2,8 mm.	1/8"= 3,2 mm.	9/64"= 3,6 mm.	5/32"= 4 mm.	11/64"= 4,4 mm.	3/16"= 4,8 mm.	13/64"= 5,15 mm.	7/32"= 5,5 mm.	15/64"= 6 mm.	1/4"= 6,35 mm.	17/64"= 6,75 mm.											
Bars	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.		
1.0	310		400	23.0	510	23.0																
1.5	380	23.0	500	25.0	620	25.0																
2.0	440	24.0	560	26.0	710	26.5																
2.5	480	25.5	630	26.5	780	27.5	950	23.0	1.140	23.0	1.380	24.0	1.610	24.5	1.880	25.0	2.150	26.0	2.450	26.0	2.750	27.0
3.0	520	26.0	680	27.5	850	28.0	1.050	24.5	1.300	25.0	1.530	25.5	1.800	26.0	2.090	27.5	2.400	27.0	2.700	27.5	3.020	28.0
3.5	550	27.00	720	28.0	920	28.5	1.140	26.0	1.380	26.0	1.650	26.5	1.940	27.0	2.250	28.0	2.570	28.0	2.960	28.5	3.300	29.5
4.0		28.00					1200		1.470	27.0	1.750	27.5	2.050	28.0	2.400	28.5	2.750	29.0	3.150	30.0	3.520	30.5

STANDARD

- Las zonas sombreadas no son recomendables para una distribución óptima.
- Los aspersiones se suministrarán con toberas estándar si no se especifica nada en contra.
- Para calcular el caudal, sumar el de las dos boquillas. El alcance de la boquilla posterior deberá ser inferior a la boquilla principal.

Anexo 5: Parámetros del diseño Agronómico

TURNOS DE RIEGO

Descripción	Unidad	
Cultivo		papa, quinua, maíz, orégano
Tiempo máximo de riego	horas/día	10.00
Eto máx	mm/día	5.17
Kc máx		0.57
Etc máx	mm/día	2.95
Eficiencia	%	0.75
Distancia entre laterales	m	14.00
Distancia entre aspersores	m	14.00
N° de laterales	N°	1.00
Lamina Bruta corregia	mm/día	23.58
Q aspersor	lph	1360.00
Precipitación horaria del sistema (pph)	mm/hr	6.94
pph	m3/hr/ha	69.39
Tiempo de riego por turno	horas/día	3.40
N° Turnos	N°	2.94
N° Turnos Optado por redondeo		3.00
Area del Proyecto	ha	1.50
Area por turno	ha	0.50
Area máxima por turno	ha	0.50
Capacidad del sistema	m3/hr	34.69
	lps/turno	9.64

Fuente: Elaboración propia

PARAMETROS DE OPERACIÓN - FAHUARPAMPA

Turno	N°. Valvula	Area de Valv (ha)	Area por turno (ha)	Q Valv (lps)	Q Valv (m3/h)	Q Turno (lps)	Prec.Horaria de Sistema (mm/hr)	Demanda de agua (mm/dia)	Tiempo de riego (hr)	Tiempo de riego x 3 turnos	Cultivo
I	1	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64	6.94	23.58	3.40	10.19	papa, quinua, maiz, oregano
II	2	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
III	3	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
IV	4	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
V	5	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
VI	6	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
VII	7	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
VIII	8	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
IX	9	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
X	10	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XI	11	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XII	12	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XIII	13	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XIV	14	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XV	15	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XVI	16	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XVII	17	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
XVIII	18	0.50	0.50	9.64	34.69	9.64			3.40	10.19	
		9.00							61.17	183.51	

Fuente: Elaboración propia

PARAMETROS DE DISEÑO

LOCALIZACION		Fahuarpampa
SUPERFICIE	ha	9.00
CULTIVO(S)		papa, quinua, maiz, oregano
RELIEVE		Pendiente media
FUENTE DE AGUA		Canal - Reservoirio
TIPO DE RIEGO A EMPLEAR		aspersión - fijo
TASA DE IRRIGACIÓN x PLANTA	mm/h	6.94
LAMINA A REPONER (EN MAX. DEMANDA)	mm/dia	23.58
FACTOR DE CULTIVO	Kc	0.57
PRECIPITACION HORARIA DEL SISTEMA	mm/h	6.94
INTERVALO DE RIEGO	dias	3.00
TIEMPO MAX DE RIEGO/TURNO	hr	3.40
TIEMPO MAX DE RIEGO/DIA	hr	61.17
NUM. TURNOS/DIA		11.00
CAPACIDAD DE RIEGO	m3/h/turno	34.69
ASPERSOR (Recomendado)		SIME Ibis
CAUDAL DEL EMISOR	l/hr	1360.00
DIST. ENTRE EMISORES	m	14.00
DIST. ENTRE LATERALES	m	14.00
SUP. MAX. POR VALVULA	ha	0.50
CAUDAL MAX. POR VALVULA	lps	9.64
SUPERFICIE MAX. POR TURNO	ha	0.50
CAUDAL MAX. POR TURNO	lps	9.64
PRESION MINIMA DEL ASPERSOR	bar	2.00
DESNIVEL TOPOGRAFICO	m	30.00

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Cálculo hidráulico en el Sector más crítico – Tubería matriz

CALCULOS HIDRAULICOS - SECTOR FAHUARPAMPA / V05 TURNO V (FIJO - COBERTURA TOTAL)

CALCULO HIDRAULICO DE LA TUBERIA MATRIZ

SECCION N°	CAUDAL TRAMO (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm)	LONGITUD (m)	LONGITUD ACUM. (m)	PERDIDA HF (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (m/s)	OBSERV.	COTA (msnm)	Desnivel (m)	CLASE TUB
TL06-A	9.64	9.64	85.60	102.00	102.00	2.81	2.81	3.99	1.67	O.K.	2700	20.00	C-5.0
A-V01	9.64	9.64	85.60	133.00	235.00	3.66	6.47	9.20	1.67	O.K.	2680	8.00	C-5.0
V01-V02	9.64	9.64	85.60	73.00	308.00	2.01	8.47	12.06	1.67	O.K.	2672	19.00	C-5.0
V02-V03	9.64	9.64	85.60	84.00	392.00	2.31	10.78	15.35	1.67	O.K.	2653	3.00	C-5.0
V03-V04	9.64	9.64	85.60	63.00	455.00	1.73	12.52	17.81	1.67	O.K.	2650	6.00	C-5.0
V04-V05	9.64	9.64	85.60	65.00	520.00	1.79	14.31	20.36	1.67	O.K.	2644	14.00	C-5.0
COTA DE TL06		2,700.00		520.00		HF 14.31							
COTA VALVULA 05		2,630.00											
DESNIVEL		-70.00	Desnivel a Favor										

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL ADT

PARAMETROS	VALOR (m.c.a.)
PRESION DE TRABAJO	25.00
PERDIDAS DE PRESION EN VALVULA	0.50
PERDIDAS DE PRESION EN MATRIZ	14.31
PERDIDAS DE PRESION EN ACCESORIOS (5% Matriz)	0.72
SEGURIDAD (5%)	2.03
DESNIVEL TOPOGRAFICO	-70.00
TOTAL	-52.45

CALCULOS HIDRAULICOS - SECTOR FAHUARPAMPA / V11 TURNO XI (FIJO - COBERTURA TOTAL)

CALCULO HIDRAULICO DE LA TUBERIA MATRIZ

SECCION N°	CAUDAL TRAMO (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm)	LONGITUD (m)	LONGITUD ACUM. (m)	PERDIDA HF (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (m/s)	OBSERV.	COTA (msnm)	Desnivel (m)	CLASE TUB
TL06-A	9.64	9.64	85.60	102.00	102.00	2.81	2.81	3.99	1.67	O.K.	2700	20.00	C-5.0
A-V06	9.64	9.64	85.60	26.00	128.00	0.72	3.52	5.01	1.67	O.K.	2680	22.00	C-5.0
V06-V07	9.64	9.64	85.60	88.00	216.00	2.42	5.94	8.46	1.67	O.K.	2658	22.00	C-5.0
V07-V08	9.64	9.64	85.60	68.00	284.00	1.87	7.81	11.12	1.67	O.K.	2636	10.00	C-5.0
V08-V09	9.64	9.64	85.60	69.00	353.00	1.90	9.71	13.82	1.67	O.K.	2626	4.00	C-5.0
V09-V10	9.64	9.64	85.60	71.00	424.00	1.95	11.67	16.60	1.67	O.K.	2622	3.00	C-5.0
V10-V11	9.64	9.64	85.60	69.00	493.00	1.90	13.56	19.30	1.67	O.K.	2619	1.00	C-5.0
COTA DE TL06		2,700.00		493.00		HF 13.56							
COTA VALVULA 11		2,618.00											
DESNIVEL		-82.00	Desnivel a Favor										

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL ADT

PARAMETROS	VALOR (m.c.a.)	
PRESION DE TRABAJO	25.00	25.00
PERDIDAS DE PRESION EN VALVULA	0.50	0.50
PERDIDAS DE PRESION EN MATRIZ	13.56	10.04
PERDIDAS DE PRESION EN ACCESORIOS (5% Matriz)	0.68	0.50
SEGURIDAD (5%)	1.99	1.80
DESNIVEL TOPOGRAFICO	-82.00	-32
TOTAL	-40.27	-19.15

CALCULOS HIDRAULICOS - SECTOR FAHUARPAMPA / V17 TURNO XVII (FIJO - COBERTURA TOTAL)

CALCULO HIDRAULICO DE LA TUBERIA MATRIZ

SECCION N°	CAUDAL TRAMO (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm)	LONGITUD (m)	LONGITUD ACUM. (m)	PERDIDA HF (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (m/s)	OBSERV.	COTA (msnm)	Desnivel (m)	CLASE TUB
TL06-A	9.64	9.64	85.60	102.00	102.00	2.81	2.81	3.99	1.67	O.K.	2700	20.00	C-5.0
A-V06	9.64	9.64	85.60	26.00	128.00	0.72	3.52	5.01	1.67	O.K.	2680	22.00	C-5.0
V06-V07	9.64	9.64	85.60	88.00	216.00	2.42	5.94	8.46	1.67	O.K.	2658	22.00	C-5.0
V07-B	9.64	9.64	85.60	76.00	292.00	2.09	8.03	11.43	1.67	O.K.	2636	25.00	C-5.0
B-V12	9.64	9.64	85.60	24.00	316.00	0.66	8.69	12.37	1.67	O.K.	2611	0.00	C-5.0
V12-V13	9.64	9.64	85.60	60.00	376.00	1.65	10.34	14.72	1.67	O.K.	2611	0.00	C-5.0
V13-V14	9.64	9.64	85.60	56.00	432.00	1.54	11.89	16.91	1.67	O.K.	2611	0.00	C-5.0
V14-V15	9.64	9.64	85.60	55.00	487.00	1.51	13.40	19.07	1.67	O.K.	2611	1.00	C-5.0
V15-V16	9.64	9.64	85.60	63.00	550.00	1.73	15.13	21.53	1.67	O.K.	2610	8.00	C-5.0
V16-V17	9.64	9.64	85.60	56.00	606.00	1.54	16.67	23.72	1.67	O.K.	2602	2.00	C-5.0
COTA DE TL06		2,700.00		606.00		HF 16.67							
COTA VALVULA 17		2,600.00											
DESNIVEL		-100.00	Desnivel a Favor										

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL ADT

PARAMETROS	VALOR (m.c.a.)
PRESION DE TRABAJO	25.00
PERDIDAS DE PRESION EN VALVULA	0.50
PERDIDAS DE PRESION EN MATRIZ	16.67
PERDIDAS DE PRESION EN ACCESORIOS (5% Matriz)	0.83
SEGURIDAD (5%)	2.15
DESNIVEL TOPOGRAFICO	-100.00
TOTAL	-54.84

CALCULOS HIDRAULICOS - SECTOR FAHUARPAMPA / V18 TURNO XVIII (FIJO - COBERTURA TOTAL)

CALCULO HIDRAULICO DE LA TUBERIA MATRIZ

SECCION N°	CAUDAL TRAMO (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm)	LONGITUD (m)	LONGITUD ACUM. (m)	PERDIDA HF (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (m.c.a.)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (m/s)	OBSERV.	COTA (msnm)	Desnivel (m)	CLASE TUB
TL06-A	9.64	9.64	85.60	102.00	102.00	2.81	2.81	3.99	1.67	O.K.	2700	20.00	C-5.0
A-V06	9.64	9.64	85.60	26.00	128.00	0.72	3.52	5.01	1.67	O.K.	2680	22.00	C-5.0
V06-V07	9.64	9.64	85.60	88.00	216.00	2.42	5.94	8.46	1.67	O.K.	2658	22.00	C-5.0
V07-B	9.64	9.64	85.60	76.00	292.00	2.09	8.03	11.43	1.67	O.K.	2636	25.00	C-5.0
B-V12	9.64	9.64	85.60	24.00	316.00	0.66	8.69	12.37	1.67	O.K.	2611	0.00	C-5.0
V12-V13	9.64	9.64	85.60	60.00	376.00	1.65	10.34	14.72	1.67	O.K.	2611	0.00	C-5.0
V13-V14	9.64	9.64	85.60	56.00	432.00	1.54	11.89	16.91	1.67	O.K.	2611	0.00	C-5.0
V14-C	9.64	9.64	85.60	110.00	542.00	3.03	14.91	21.22	1.67	O.K.	2611	48.00	C-5.0
C-V18	9.64	9.64	85.60	10.00	552.00	0.28	15.19	21.61	1.67	O.K.	2563	0.00	C-5.0
COTA DE TL06		2,700.00		552.00	HF 15.19								
COTA VALVULA 18		2,563.00											
DESNIVEL		-137.00	Desnivel a Favor										

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL ADT

PARAMETROS	VALOR (m.c.a.)
PRESION DE TRABAJO	25.00
PERDIDAS DE PRESION EN VALVULA	0.50
PERDIDAS DE PRESION EN MATRIZ	15.19
PERDIDAS DE PRESION EN ACCESORIOS (5% Matriz)	0.76
SEGURIDAD (5%)	2.07
DESNIVEL TOPOGRAFICO	-137.00
TOTAL	-93.48

PENDIENTE	S3	-2.04%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		4.00	Und
LATERAL DE RIEGO 4			
COTA ASPERSOR 1		2622.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 4		2619.00	m.s.n.m
LONGITUD	L4	49.00	m
PENDIENTE	S4	-6.12%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		4.00	Und
LATERAL DE RIEGO 5			
COTA ASPERSOR 1		2620.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 4		2616.00	m.s.n.m
LONGITUD	L5	49.00	m
PENDIENTE	S5	-8.16%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		4.00	Und

CAUDAL ACUMULADO DEL SECTOR	7.56	LPS
N° DE ASPERSORES	20.00	UND

CALCULOS HIDRAULICOS EN PORTALATERAL CRITICO												
SECT	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO	LONGITUD	LONGITUD	PERDIDA	PERDIDA	PERDIDA	VELOCID.	DESNIVEL	PRESION	OBSERVAC.
#	LATERAL	ACUM.	INTERNO		ACUM.	HF	ACUM.	ACUM.	CRITICA	TRAMO		
	(l/s)	(l/s)	(mm.)	(metros)	(metros)	(metros)	(metros)	(PSI)	(mps)	(m)	(m.c.a)	
									PRESION VALVULA N°05		29.58	
Lateral 1	1.511	7.556	71.20	7.00	7.00	0.30	0.30	0.43	1.90	-1.11	30.39	O.K.
Lateral 2	1.511	6.044	59.80	14.00	21.00	0.94	1.24	1.76	2.15	-2.22	31.68	O.K.
Lateral 3	1.511	4.533	59.80	14.00	35.00	0.57	1.80	2.57	1.61	-2.22	33.33	O.K.
Lateral 4	1.511	3.022	44.40	14.00	49.00	1.14	2.95	4.19	1.95	-2.22	34.41	O.K.
Lateral 5	1.511	1.511	29.40	14.00	63.00	2.41	5.36	7.62	2.23	-2.22	34.22	O.K.

Anexo 8: Cálculo hidráulico en los Sectores más crítico –Laterales - Válvula 05

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 1

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											30.39	
1	0.378	1.511	44.40	7.00	7.00	0.17	0.17	0.24	0.98	0.14	30.08	O.K.
2	0.378	1.133	44.40	14.00	21.00	0.21	0.38	0.53	0.73	0.29	29.59	O.K.
3	0.378	0.756	29.40	14.00	35.00	0.72	1.09	1.55	1.11	0.29	28.58	O.K.
4	0.378	0.378	29.40	14.00	49.00	0.21	1.31	1.86	0.56	0.29	28.08	O.K.

L 49.00 Hf 1.31

Tub PVC	49.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 2

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											31.68	
1	0.378	1.511	29.40	7.00	7.00	1.21	1.21	1.72	2.23	0.14	30.33	O.K.
2	0.378	1.133	29.40	14.00	21.00	1.46	2.66	3.79	1.67	0.29	28.59	O.K.

3	0.378	0.756	29.40	14.00	35.00	0.72	3.38	4.81	1.11	0.29	27.58	O.K.
4	0.378	0.378	29.40	14.00	49.00	0.21	3.59	5.11	0.56	0.29	27.08	O.K.

L 49.00 Hf 3.59

Tub PVC	49.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 3

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											33.33	
1	0.378	1.511	29.40	7.00	7.00	1.21	1.21	1.72	2.23	-0.14	32.27	O.K.
2	0.378	1.133	29.40	14.00	21.00	1.46	2.66	3.79	1.67	-0.29	31.10	O.K.
3	0.378	0.756	29.40	14.00	35.00	0.72	3.38	4.81	1.11	0.29	30.10	O.K.
4	0.378	0.378	29.40	14.00	49.00	0.21	3.59	5.11	0.56	-0.29	30.17	O.K.

L 49.00 Hf 3.59

Tub PVC	49.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 4

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											34.41	
1	0.378	1.511	29.40	7.00	7.00	1.21	1.21	1.72	2.23	-0.43	33.63	O.K.

2	0.378	1.133	29.40	14.00	21.00	1.46	2.66	3.79	1.67	-0.86	33.03	O.K.
3	0.378	0.756	29.40	14.00	35.00	0.72	3.38	4.81	1.11	0.29	32.03	O.K.
4	0.378	0.378	29.40	14.00	49.00	0.21	3.59	5.11	0.56	-0.86	32.68	O.K.

L 49.00 Hf 3.59

Tub PVC	49.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 5

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											34.22	
1	0.378	1.511	29.40	7.00	7.00	1.21	1.21	1.72	2.23	-0.57	33.59	O.K.
2	0.378	1.133	29.40	14.00	21.00	1.46	2.66	3.79	1.67	-1.14	33.27	O.K.
3	0.378	0.756	29.40	14.00	35.00	0.72	3.38	4.81	1.11	0.29	32.27	O.K.
4	0.378	0.378	29.40	14.00	49.00	0.21	3.59	5.11	0.56	-1.14	33.20	O.K.

L 49.00 Hf 3.59

Tub PVC	49.00	m
----------------	--------------	----------

Ltotal= 245.00

PRESION MAXIMA	33.63
PRESION MINIMA	27.08
UNIFORME	19.47%

PRESION PROMEDIO A REDUCIR	30.36
PRESION NOMINAL DEL ASPERSOR	25.00

Nota: Se concluye una sobrepresión en gran parte del sector, las cuales se reducirán a nivel de valvulas reductoras de presión ubicadas en cada elevador.

CALCULOS HIDRAULICOS EN PORTALATERALES - TURNO XI - VALVULA 11

TUB. PORTALATERAL		
COTA INICIO	2618.00	m.s.n.m
COTA FINAL	2608.00	m.s.n.m
LONGITUD	57.00	m
PENDIENTE	-17.54%	Desnivel a Favor
N° SALIDAS	5.00	Un lado

LATERAL DE RIEGO 1			
COTA ASPERSOR 1		2618.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2614.00	m.s.n.m
LONGITUD	L1	63.00	m
PENDIENTE	S1	-6.35%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		5.00	Und
LATERAL DE RIEGO 2			
COTA ASPERSOR 1		2616.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2612.00	m.s.n.m
LONGITUD	L2	63.00	m
PENDIENTE	S2	-6.35%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		5.00	Und
LATERAL DE RIEGO 3			
COTA ASPERSOR 1		2614.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2610.00	m.s.n.m
LONGITUD	L3	63.00	m
PENDIENTE	S3	-6.35%	Desnivel a Favor

CARACTERISTICAS ASPERSOR		
CAUDAL	1.36	M3/H
	0.38	LPS
ESPACIO ASPERSORES	14.00	M
ESPACIO LATERALES	14.00	M
CAPACIDAD SISTEMA	6.94	MM/Hr
	69.39	M3/Ha/Hr
	19.27	LPS/Ha
SECTOR DE RIEGO		
CAUDAL LATERAL 1	1.89	LPS
CAUDAL LATERAL 2	1.89	LPS
CAUDAL LATERAL 3	1.89	LPS
CAUDAL LATERAL 4	1.89	LPS
CAUDAL LATERAL 5	1.89	LPS
CAUDAL ACUMULADO DEL SECTOR	9.44	LPS

N° ASPERSORES		5.00	Und
LATERAL DE RIEGO 4			
COTA ASPERSOR 1		2612.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2608.00	m.s.n.m
LONGITUD	L4	63.00	m
PENDIENTE	S4	-6.35%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		5.00	Und
LATERAL DE RIEGO 5			
COTA ASPERSOR 1		2608.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2598.00	m.s.n.m
LONGITUD	L5	63.00	m
PENDIENTE	S5	-15.87%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		5.00	Und

N° DE ASPERSORES	25.00	UND
-------------------------	--------------	------------

CALCULOS HIDRAULICOS EN PORTALATERAL CRITICO												
SECT	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO	LONGITUD	LONGITUD	PERDIDA	PERDIDA	PERDIDA	VELOCID.	DESNIVEL	PRESION	OBSERVAC.
#	LATERAL	ACUM.	INTERNO		ACUM.	HF	ACUM.	ACUM.	CRITICA	TRAMO		
	(l/s)	(l/s)	(mm.)	(metros)	(metros)	(metros)	(metros)	(PSI)	(mps)	(m)	(m.c.a)	
									PRESION VALVULA N°11		31.15	
Lateral 1	1.889	9.444	71.20	1.00	1.00	0.06	0.06	0.09	2.37	-0.18	31.26	O.K.
Lateral 2	1.889	7.556	71.20	14.00	15.00	0.60	0.67	0.95	1.90	-2.46	33.11	O.K.
Lateral 3	1.889	5.667	59.80	14.00	29.00	0.84	1.50	2.14	2.02	-2.46	34.73	O.K.
Lateral 4	1.889	3.778	44.40	14.00	43.00	1.69	3.19	4.54	2.44	-2.46	35.50	O.K.
Lateral 5	1.889	1.889	44.40	14.00	57.00	0.50	3.70	5.26	1.22	-2.46	37.45	O.K.

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 1

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											31.26	
1	0.378	1.889	59.80	7.00	7.00	0.06	0.06	0.09	0.67	-0.44	31.65	O.K.
2	0.378	1.511	44.40	14.00	21.00	0.34	0.40	0.57	0.98	-0.89	32.19	O.K.
3	0.378	1.133	29.40	14.00	35.00	1.46	1.86	2.64	1.67	-0.89	31.63	O.K.
4	0.378	0.756	29.40	14.00	49.00	0.72	2.57	3.66	1.11	-0.89	31.80	O.K.
5	0.378	0.378	29.40	14.00	63.00	0.21	2.79	3.97	0.56	-0.89	32.47	O.K.

L 63.00 Hf 2.79

Tub PVC	63.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 2

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											33.11	
1	0.378	1.889	44.40	7.00	7.00	0.25	0.25	0.36	1.22	-0.44	33.31	O.K.
2	0.378	1.511	44.40	14.00	21.00	0.34	0.59	0.84	0.98	-0.89	33.86	O.K.
3	0.378	1.133	29.40	14.00	35.00	1.46	2.05	2.92	1.67	-0.89	33.29	O.K.
4	0.378	0.756	29.40	14.00	49.00	0.72	2.77	3.93	1.11	-0.89	33.46	O.K.
5	0.378	0.378	29.40	14.00	63.00	0.21	2.98	4.24	0.56	-0.89	34.14	O.K.

L 63.00 Hf 2.98

Tub PVC	63.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 3

SECT	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO	LONGITUD	LONGITUD	PERDIDA	PERDIDA	PERDIDA	VELOCID.	DESNIVEL	PRESION	OBSERVAC.
#	LATERAL	ACUM.	INTERNO		ACUM.	HF	ACUM.	ACUM.	CRITICA	TRAMO		
	(l/s)	(l/s)	(mm.)	(metros)	(metros)	(metros)	(metros)	(PSI)	(mps)	(m)	(m.c.a)	
											34.73	
1	0.378	1.889	44.40	7.00	7.00	0.25	0.25	0.36	1.22	-0.44	34.93	O.K.
2	0.378	1.511	29.40	14.00	21.00	2.41	2.66	3.79	2.23	-0.89	33.41	O.K.
3	0.378	1.133	29.40	14.00	35.00	1.46	4.12	5.86	1.67	-0.89	32.84	O.K.
4	0.378	0.756	29.40	14.00	49.00	0.72	4.84	6.88	1.11	-0.89	33.01	O.K.
5	0.378	0.378	29.40	14.00	63.00	0.21	5.05	7.18	0.56	-0.89	33.69	O.K.

L 63.00 HF 5.05

Tub PVC	63.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 4

SECT	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO	LONGITUD	LONGITUD	PERDIDA	PERDIDA	PERDIDA	VELOCID.	DESNIVEL	PRESION	OBSERVAC.
#	LATERAL	ACUM.	INTERNO		ACUM.	HF	ACUM.	ACUM.	CRITICA	TRAMO		
	(l/s)	(l/s)	(mm.)	(metros)	(metros)	(metros)	(metros)	(PSI)	(mps)	(m)	(m.c.a)	
											35.50	
1	0.378	1.889	44.40	7.00	7.00	0.25	0.25	0.36	1.22	-0.44	35.69	O.K.
2	0.378	1.511	29.40	14.00	21.00	2.41	2.66	3.79	2.23	-0.89	34.17	O.K.
3	0.378	1.133	29.40	14.00	35.00	1.46	4.12	5.86	1.67	-0.89	33.60	O.K.
4	0.378	0.756	29.40	14.00	49.00	0.72	4.84	6.88	1.11	-0.89	33.78	O.K.

5	0.378	0.378	29.40	14.00	63.00	0.21	5.05	7.18	0.56	-0.89	34.45	O.K.
---	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	-------------	-------	--------------	-------------

L 63.00 Hf 5.05

Tub PVC	63.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 5

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											37.45	
1	0.378	1.889	44.40	7.00	7.00	0.25	0.25	0.36	1.22	-1.11	38.31	O.K.
2	0.378	1.511	29.40	14.00	21.00	2.41	2.66	3.79	2.23	-2.22	38.13	O.K.
3	0.378	1.133	29.40	14.00	35.00	1.46	4.12	5.86	1.67	-0.89	37.56	O.K.
4	0.378	0.756	29.40	14.00	49.00	0.72	4.84	6.88	1.11	-0.89	37.73	O.K.
5	0.378	0.378	29.40	14.00	63.00	0.21	5.05	7.18	0.56	-2.22	39.74	O.K.

L 63.00 Hf 5.05

Tub PVC	63.00	m
----------------	--------------	----------

Ltotal= 315.00

PRESION MAXIMA	39.74
PRESION MINIMA	31.63
DESUNIFORME	20.42%

PRESION PROMEDIO A REDUCIR	35.68
PRESION NOMINAL DEL ASPERSOR	25.00

Nota: Se concluye una sobrepresión en gran parte del sector, las cuales de reducirán a nivel de valvulas reductoras de presión ubicadas en cada elevador.

CALCULOS HIDRAULICOS EN PORTALATERALES - TURNO XVII- VALVULA 17

TUB. PORTALATERAL		
COTA INICIO	2600.00	m.s.n.m
COTA FINAL	2544.20	m.s.n.m
LONGITUD	86.60	m
PENDIENTE	-64.43%	Desnivel a Favor
Nº SALIDAS	7.00	Un lado

LATERAL DE RIEGO 1			
COTA ASPERSOR 1		2598.00	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 3		2592.20	m.s.n.m
LONGITUD	L1	36.00	m
PENDIENTE	S1	-16.11%	Desnivel a Favor
Nº ASPERSORES		3.00	Und
LATERAL DE RIEGO 2			
COTA ASPERSOR 1		2590.30	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 3		2586.00	m.s.n.m
LONGITUD	L2	36.00	m
PENDIENTE	S2	-11.94%	Desnivel a Favor
Nº ASPERSORES		3.00	Und
LATERAL DE RIEGO 3			
COTA ASPERSOR 1		2582.80	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2580.50	m.s.n.m
LONGITUD	L3	36.00	m
PENDIENTE	S3	-6.39%	Desnivel a Favor

CARACTERISTICAS ASPERSOR		
CAUDAL	1.36	M3/H
	0.38	LPS
ESPACIO ASPERSORES	14.00	M
ESPACIO LATERALES	14.00	M
CAPACIDAD SISTEMA	6.94	MM/Hr
	69.39	M3/Ha/Hr
	19.27	LPS/Ha
SECTOR DE RIEGO		
CAUDAL LATERAL 1	1.13	LPS
CAUDAL LATERAL 2	1.13	LPS
CAUDAL LATERAL 3	1.13	LPS
CAUDAL LATERAL 4	1.13	LPS
CAUDAL LATERAL 5	1.13	LPS
CAUDAL LATERAL 6	1.13	LPS
CAUDAL LATERAL 7	1.13	LPS

N° ASPERSORES		3.00	Und
LATERAL DE RIEGO 4			
COTA ASPERSOR 1		2576.80	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2576.20	m.s.n.m
LONGITUD	L4	36.00	m
PENDIENTE	S4	-1.67%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		3.00	Und
LATERAL DE RIEGO 5			
COTA ASPERSOR 1		2570.50	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2570.00	m.s.n.m
LONGITUD	L5	36.00	m
PENDIENTE	S5	-1.39%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		3.00	Und
LATERAL DE RIEGO 6			
COTA ASPERSOR 1		2554.50	m.s.n.m
COTA ASPERSOR 5		2554.30	m.s.n.m
LONGITUD	L5	36.00	m
PENDIENTE	S5	-0.56%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		3.00	Und
LATERAL DE RIEGO 7			
COTA ASPERSOR 1		2540.80	m.s.n.m

CAUDAL ACUMULADO DEL SECTOR	7.93	LPS
N° DE ASPERSORES	21.00	UND

COTA ASPERSOR 5		2540.60	m.s.n.m
LONGITUD	L5	36.00	m
PENDIENTE	S5	-0.56%	Desnivel a Favor
N° ASPERSORES		3.00	Und

CALCULOS HIDRAULICOS EN PORTALATERAL CRITICO

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERV AC.	VAL. REGULADORA DE PRESIÓN (m.c.a.)
									PRESION VALVULA N°17		27.65		
Lateral 1	1.133	7.933	71.20	1.00	1.00	0.05	0.05	0.07	1.99	-0.64	28.25	O.K.	
Lateral 2	1.133	6.800	59.80	14.00	15.00	1.15	1.20	1.70	2.42	-9.02	28.12	O.K.	8.00
Lateral 3	1.133	5.667	59.80	14.00	29.00	0.84	2.03	2.89	2.02	-9.02	28.30	O.K.	8.00
Lateral 4	1.133	4.533	59.80	14.00	43.00	0.57	2.60	3.70	1.61	-9.02	28.76	O.K.	8.00
Lateral 5	1.133	3.400	44.40	14.00	57.00	1.41	4.00	5.70	2.20	-9.02	28.37	O.K.	8.00
Lateral 6	1.133	2.267	44.40	14.00	71.00	0.69	4.70	6.68	1.46	-9.02	28.70	O.K.	8.00
Lateral 7	1.133	1.133	29.40	14.00	85.00	1.46	6.15	8.75	1.67	-9.02	28.27	O.K.	8.00

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 1

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCIDAD CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											28.25	
1	0.378	1.133	29.40	8.00	8.00	0.83	0.83	1.18	1.67	-1.29	28.70	O.K.
2	0.378	0.756	29.40	14.00	22.00	0.72	1.55	2.20	1.11	-2.26	30.24	O.K.
3	0.378	0.378	29.40	14.00	36.00	0.21	1.76	2.51	0.56	-2.26	32.29	O.K.

L 36.00 Hf 1.76

Tub PVC	36.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 2

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCIDAD CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											28.12	
1	0.378	1.133	29.40	8.00	8.00	0.83	0.83	1.18	1.67	-0.96	28.24	O.K.
2	0.378	0.756	29.40	14.00	22.00	0.72	1.55	2.20	1.11	-1.67	29.20	O.K.
3	0.378	0.378	29.40	14.00	36.00	0.21	1.76	2.51	0.56	-2.26	31.24	O.K.

L 36.00 Hf 1.76

Tub PVC	36.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 3

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											28.30	
1	0.378	1.133	29.40	8.00	8.00	0.83	0.83	1.18	1.67	-0.51	27.98	O.K.
2	0.378	0.756	29.40	14.00	22.00	0.72	1.55	2.20	1.11	-0.89	28.16	O.K.
3	0.378	0.378	29.40	14.00	36.00	0.21	1.76	2.51	0.56	-2.26	30.20	O.K.

L 36.00 Hf 1.76

Tub PVC	36.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 4

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											28.76	
1	0.378	1.133	29.40	8.00	8.00	0.83	0.83	1.18	1.67	-0.13	28.06	O.K.
2	0.378	0.756	29.40	14.00	22.00	0.72	1.55	2.20	1.11	-0.23	27.58	O.K.
3	0.378	0.378	29.40	14.00	36.00	0.21	1.76	2.51	0.56	-2.26	29.62	O.K.

L 36.00 Hf 1.76

Tub PVC	36.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 5

SECT #	CAUDAL LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCID. CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
--------	----------------------	--------------------	------------------------	-------------------	-------------------------	---------------------	------------------------	---------------------	------------------------	--------------------	-----------------	-----------

#	LATERAL (l/s)	CAUDAL ACUM. (l/s)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	LONGITUD (metros)	LONGITUD ACUM. (metros)	PERDIDA HF (metros)	PERDIDA ACUM. (metros)	PERDIDA ACUM. (PSI)	VELOCIDAD CRITICA (mps)	DESNIVEL TRAMO (m)	PRESION (m.c.a)	OBSERVAC.
											28.37	
1	0.378	1.133	29.40	8.00	8.00	0.83	0.83	1.18	1.67	-0.13	27.67	O.K.
2	0.378	0.756	29.40	14.00	22.00	0.72	1.55	2.20	1.11	-0.23	27.19	O.K.
3	0.378	0.378	29.40	14.00	36.00	0.21	1.76	2.51	0.56	-2.26	29.23	O.K.

L 36.00 Hf 1.76

Tub PVC	36.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 6

SECT	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO	LONGITUD	LONGITUD	PERDIDA	PERDIDA	PERDIDA	VELOCID.	DESNIVEL	PRESION	OBSERVAC.
#	LATERAL	ACUM.	INTERNO		ACUM.	HF	ACUM.	ACUM.	CRITICA	TRAMO		
	(l/s)	(l/s)	(mm.)	(metros)	(metros)	(metros)	(metros)	(PSI)	(mps)	(m)	(m.c.a)	
											28.70	
1	0.378	1.133	29.40	8.00	8.00	0.83	0.83	1.18	1.67	-0.13	28.00	O.K.
2	0.378	0.756	29.40	14.00	22.00	0.72	1.55	2.20	1.11	-0.23	27.52	O.K.
3	0.378	0.378	29.40	14.00	36.00	0.21	1.76	2.51	0.56	-2.26	29.56	O.K.

L 36.00 Hf 1.76

Tub PVC	36.00	m
----------------	--------------	----------

CALCULOS HIDRAULICOS EN LATERAL DE RIEGO 7

SECT	CAUDAL	CAUDAL	DIAMETRO	LONGITUD	LONGITUD	PERDIDA	PERDIDA	PERDIDA	VELOCID.	DESNIVEL	PRESION	OBSERVAC.
#	LATERAL	ACUM.	INTERNO		ACUM.	HF	ACUM.	ACUM.	CRITICA	TRAMO		

	(l/s)	(l/s)	(mm.)	(metros)	(metros)	(metros)	(metros)	(PSI)	(mps)	(m)	(m.c.a)	
											28.27	
1	0.378	1.133	29.40	8.00	8.00	0.83	0.83	1.18	1.67	-0.11	27.55	O.K.
2	0.378	0.756	29.40	14.00	22.00	0.72	1.55	2.20	1.11	-0.19	27.02	O.K.
3	0.378	0.378	29.40	14.00	36.00	0.21	1.76	2.51	0.56	-2.26	29.07	O.K.

L 36.00 Hf 1.76

Tub PVC	36.00	m
----------------	--------------	----------

Ltotal= 252.00

PRESION MAXIMA	32.29
PRESION MINIMA	27.02
UNIFORME	16.30%

PRESION PROMEDIO A REDUCIR	29.65
PRESION NOMINAL DEL ASPERSOR	25.00

Anexo 9: Presupuesto del Sistema de Riego

PRESUPUESTO FAHUARPAMPA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
1.00	TUBERIA PVC Ø90MM C-5				23,446.80
	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUB. PVC Ø90MM C-5	m	2,171.00	10.80	23,446.80
2.00	TUBERIA PVC Ø75MM C-5				1,621.50
	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUB. PVC Ø75MM C-5	m	138.00	11.75	1,621.50
3.00	TUBERIA PVC Ø63MM C-5				3,696.42
	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUB. PVC Ø63MM C-5	m	546.00	6.77	3,696.42
4.00	TUBERIA PVC Ø1 1/2" C-7.5				4,808.16
	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUB. PVC Ø1 1/2" C-7.5	m	756.00	6.36	4,808.16
5.00	TUBERIA PVC Ø1" C-10				24,848.46
	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUB. PVC Ø1" C-10	m	4,662.00	5.33	24,848.46
6.00	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS EN RED DE TUB. MATRIZ				5,264.25
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS EN RED DE TUB. MATRIZ	glb	1.00	5,264.25	5,264.25
7.00	SUM. E INST. DE ACCESORIOS EN PORTALATERALES Y LATERALES DE RIEGO				321,138.90
	SUM. E INST. DE ACCESORIOS EN PORTALATERALES Y LATERALES DE RIEGO	glb	90.00	3,568.21	321,138.90
8.00	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/ARCOS DE RIEGO				81,938.52
	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/ARCOS DE RIEGO	glb	18.00	4,552.14	81,938.52
9.00	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/VALVULAS DE CONTROL				136,512.54
	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/VALVULAS DE CONTROL	glb	18.00	7,584.03	136,512.54
10.00	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/ASPERSORES				1,894,999.50
	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/ASPERSORES	glb	450.00	4,211.11	1,894,999.50
11.00	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/DESFOGUES EN TUBERIA MATRIZ				1,578.60
	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/DESFOGUES EN TUB. MATRIZ	glb	3.00	526.20	1,578.60
12.00	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/DESFOGUES EN TUBERIA PORTALATERAL				13,654.44
	SUM. E INST. DE ACCESORIOS P/DESFOGUES EN TUB. PORTALATERAL	glb	18.00	758.58	13,654.44
	TOTAL PRESUPUESTO				2,513,508.09
	COSTO UNITARIO PARA EJECUCION DE OBRA (S/. X HA)				139,639.34
	<i>SON : CIENTO TREINTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y NUEVE CON 34/100 NUEVOS SOLES</i>				

Anexo 10: Galería de fotos

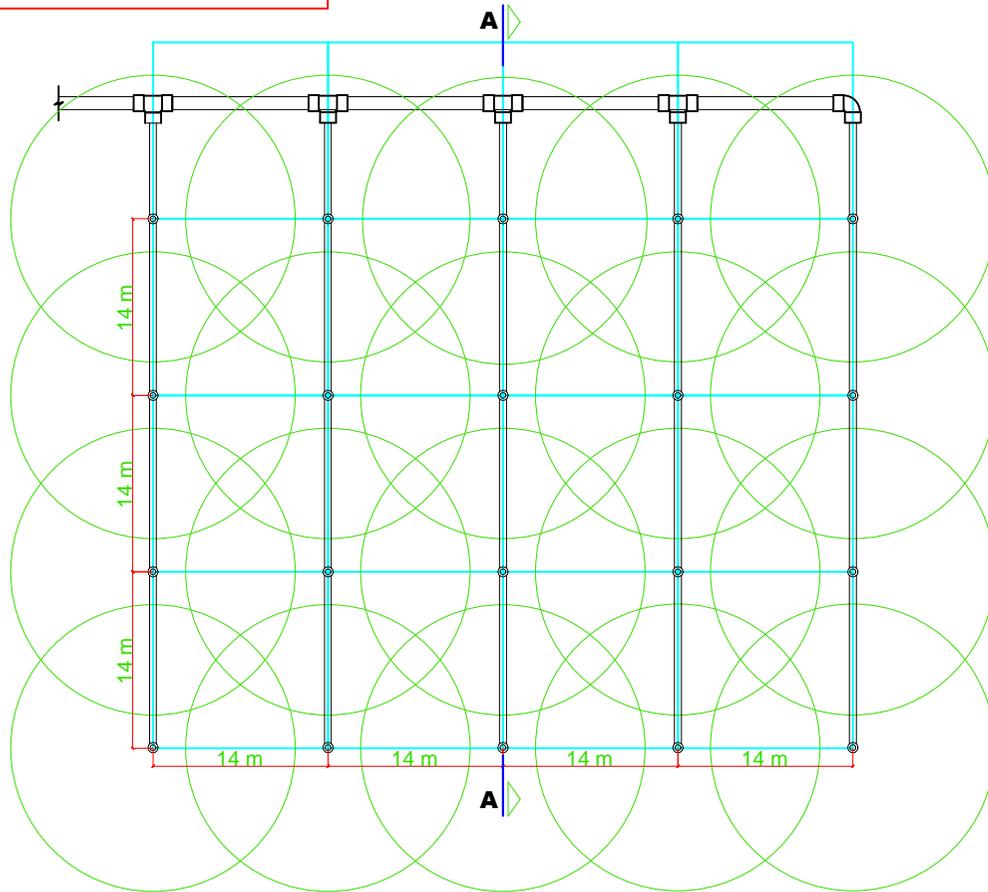


Foto 1: Vista general del pueblo de Latica desde la ubicación del reservorio.

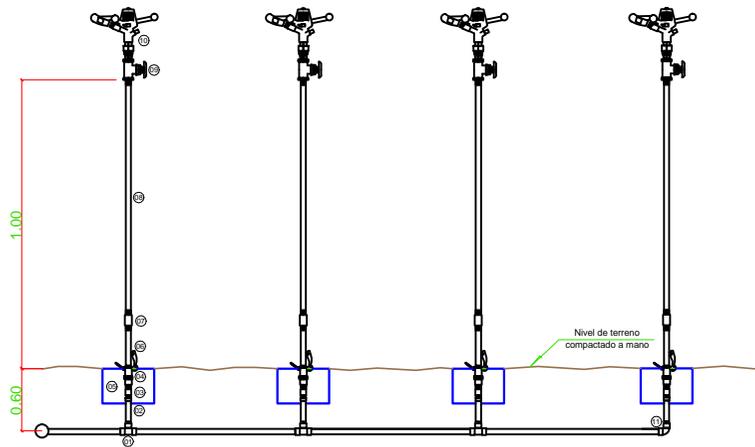


Foto 2: Terrenos de cultivo y parcelas beneficiarias en Latica sector Fahuarpampa

ASPERSOR - VYR 46



VISTA EN PLANTA
Esc: SE



CORTE A-A
Esc: SE

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ZANJAS: Se debe respetar la profundidad de zanja de 60cm a nivel de laterales de riego. Se colocará cama de apoyo si la situación lo requiere, es decir si se presentara algún elemento que pueda dañar la tubería (piedra, roca, etc). Se debe compactar la zanja manualmente con material propio de la zona.

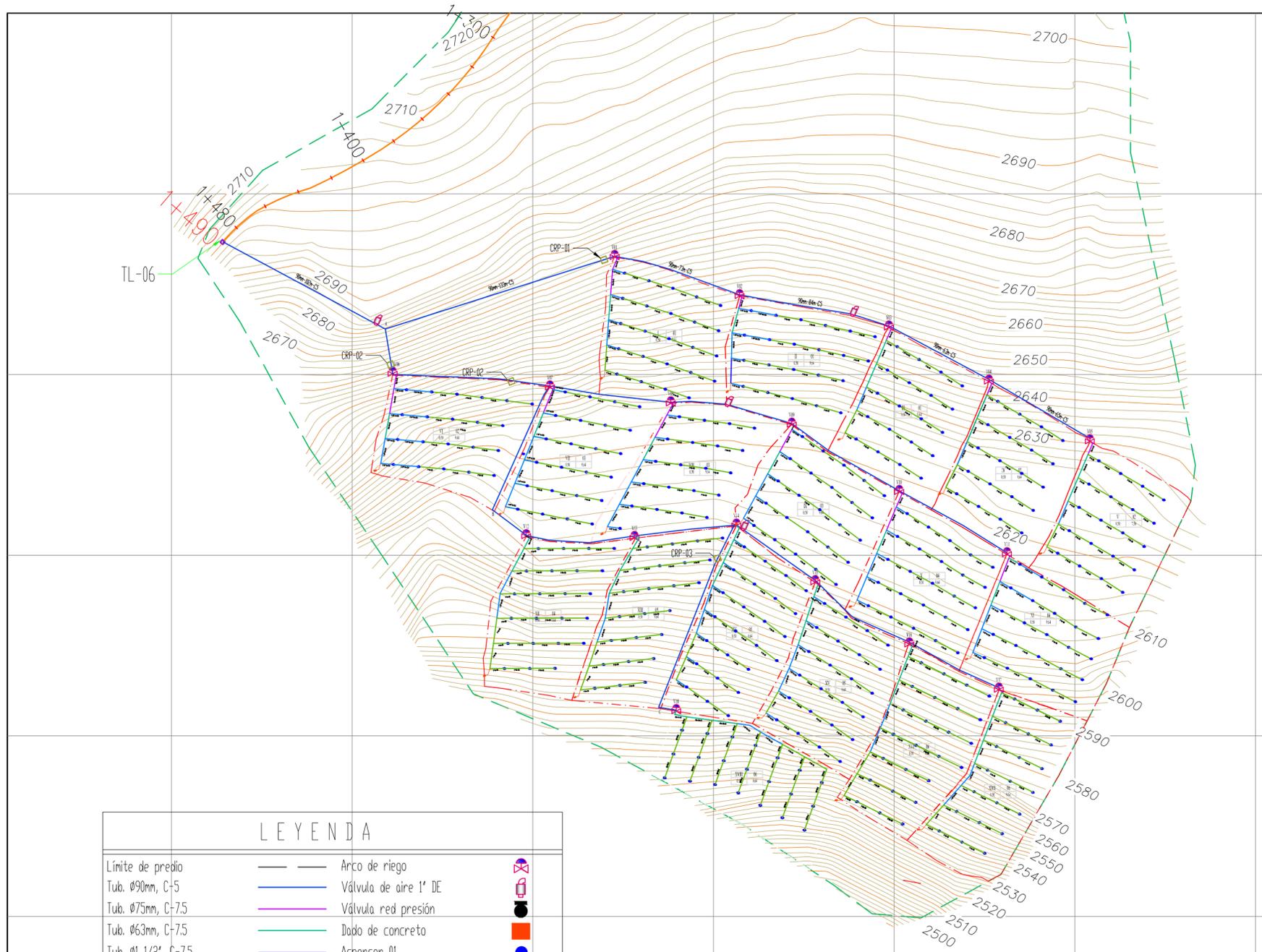
DADO DE CONCRETO: Se construirá un dado de concreto simple de 25 x25 x 25cm para cada aspersor, este quedará al nivel del terreno compactado.

ASPERSOR: Se ha considerado acople rápido por la baja presión que existe en el sector y por el distanciamiento (14m x 14m) que existe entre los aspersores. Básicamente se trata de un sistema fijo de cobertura total. Se ha considerado 01 válvula reguladora de presión para cada aspersor, lo que permitirá graduar eficientemente el coeficiente de uniformidad.

- 01.-Tee PVC (medida variable)
- 02.-Tub PVC 3/4" x 30cm
- 03.-UPR 3/4"
- 04.-Válvula de acople rápido 3/4"
- 05.-Dado de concreto simple (25 x 25 x 25cm)
- 06.-Bayoneta para acople rápido 3/4"
- 07.-Unión PVC 3/4" RI
- 08.-Tub PVC 3/4" x 80cm
- 09.-Válvula reguladora de presión 3/4"
- 10.-Aspersor VYR 46, Q=1360 lph, R=14m, P=0.25bar
- 11.-Codo PVC 90° (medida variable)

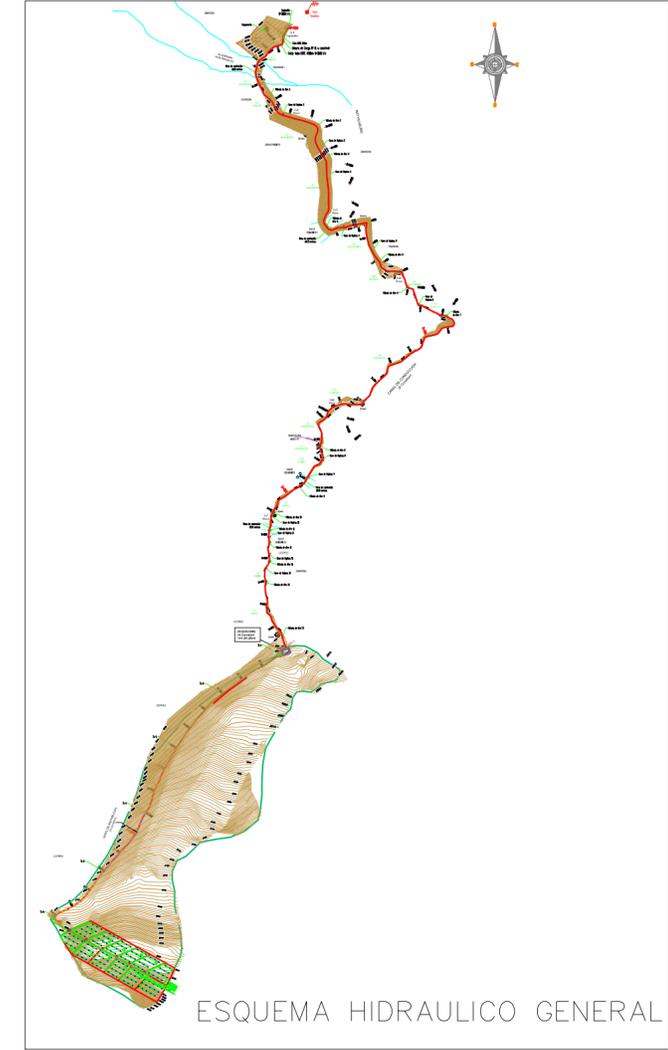
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA - UNALM					
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA					
PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL SECTOR FAHUARPAMPA, DISTRITO DE TAPAY - CAYLLOMA - AREQUIPA"					
PLANO:	ASPERSOR VYR 46			CULTIVO:	PAPA, QUINUA, MAIZ, OREGANO
PROPIETARIO:	CC FAHUARPAMPA	ESCALA: INDICADA	FECHA: SET - 2017	DPTO: AREQUIPA	PROV: CAYLLOMA
ALUMNO:	BRIGITTE ALICE MORIANO CHIPANA	AREA TOTAL: 60 ha	AREA PROYECTO: 9 ha	DISTRITO: TAPAY	SECTOR: FAHUARPAMPA
					P-01

Y=8,276,100
Y=8,276,000
Y=8,275,900
Y=8,275,800
Y=8,275,700
Y=8,275,600

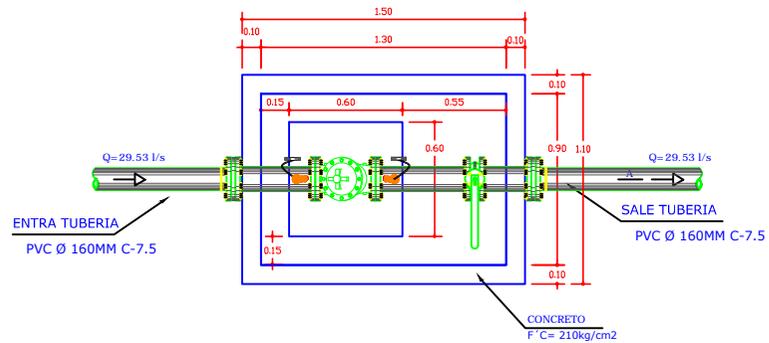


LEYENDA	
Límite de predio	Arco de riego
Tub. Ø90mm, C-5	Válvula de aire 1" DE
Tub. Ø75mm, C-7.5	Válvula red presión
Tub. Ø63mm, C-7.5	Dado de concreto
Tub. Ø1 1/2", C-7.5	Aspersor 01
Tub. Ø1", C-10	Desfogue
Tub. HDPE 110 MM SDR 21	
CURVA MAYOR	
CURVA MENOR	

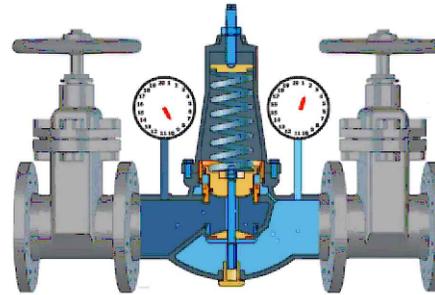
X=820600 X=820700 X=820800 X=820900 X=821000 X=821100 X=821200



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA - UNALM					
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA					
PROYECTO: “DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL SECTOR FAHUARPAMPA, DISTRITO DE TAPAY - CAYLLOMA - AREQUIPA”					
PLANO: PLANO DE DISEÑO HIDRAULICO			CULTIVO: PAPA, QUINUA, MAIZ, OREGANO		
PROPIETARIO: CC FAHUARPAMPA	ESCALA: INDICADA	FECHA: SET - 2017	DPTO: AREQUIPA	PROV: CAYLLOMA	P-02
ALUMNO: BRIGITTE ALICE MORIANO CHIPANA	AREA TOTAL: 60 ha	AREA PROYECTO: 9 ha	DISTRITO: TAPAY	SECTOR: FAHUARPAMPA	

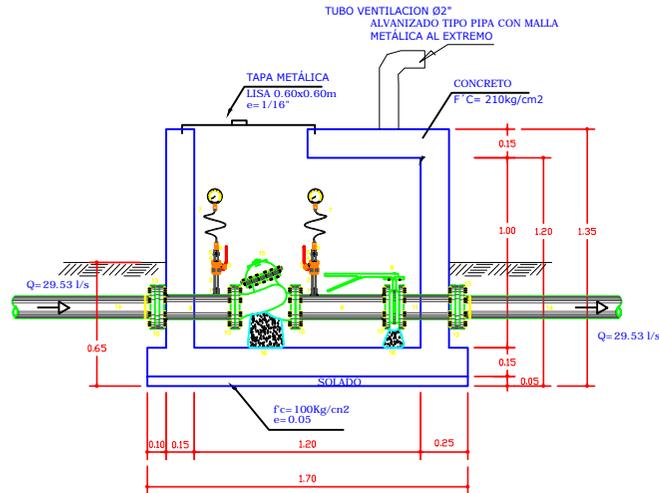


CAMARA ROMPE PRESION
PLANTA
ESCALA : 1/20

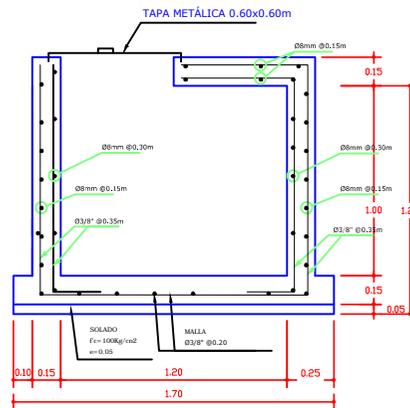


ESPECIFICACIONES TECNICAS :

- 1.0 CONCRETO :
 - Para muro y losas usar concreto armado $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- 2.0 ACERO PARA CONCRETO :
 - Esfuerzo de fluencia del acero estructural $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- 3.0 RECUBRIMIENTO :
 - $r = 4 \text{ cm}$.
- 4.0 MATERIALES :
 - CEMENTO :
Uso de cemento Portland Tipo I
 - AGREGADOS :
 - Serán de acuerdo a las normas ASTM.
 - El agregado grueso consistirá en grava natural o triturada.
 - El tamaño nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de 3/4" para muros y losas.
 - AGUA :
 - El agua no contendrá aceite, grasas, ni sustancias que puedan perjudicar al concreto o a las armaduras.
 - CURADO :
 - El concreto deberá ser curado, por lo menos los siete primeros días después de su colocación. Se mantendrán los encofrados húmedos hasta que ellos puedan ser retirados sin peligro para el concreto.
 - Rc :
 - Relleno compactado



CAMARA ROMPE PRESION
SECCION A-A
ESCALA : 1/20



CAMARA ROMPE PRESION
SECCION A-A - DETALLE DE ACERO
ESCALA : 1/20

ACCESORIOS			
N°	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
1	Cople de 1/2" soldado	pza	2
2	Niple de Fo.Go. de 1/2" de 10 cm	pza	2
3	Valvula de Bola de 1/2"	pza	2
4	Niple de Fo.Go. de 1/2" de 5 cm	pza	2
5	Reduccion Campana de Fo.Go. de 1/2"x1/4"	pza	2
6	Niple de 1/4" de Bronce	pza	2
7	Manometro de Presión c/glicerina: 0-7 kg/cm2 (0-100-psi) salida 0-14 kg/cm2 (0-200 psi) entrada	pza	1
8	Valvula Mariposa de Ø=6"	pza	1
9	Tubo de acero al carbon C-40 Ø=6" de 80 cm	pza	1
10	Brida soldable de Ø=6"	pza	4
11	Carrete Largo de Fo.Fo. de Ø=6" de 25cm	pza	1
12	Brida Socket Weld de Ø=6"	pza	2
13	Contrabrida metalica de Ø=6"	pza	2
14	Tuberia PVC Ø6"-UF C7.5	existente	existente
15	Valvula Reductora de Presión de Ø=6"	pza	1
16	dado de concreto	pza	2

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA - UNALM FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA					
PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL SECTOR FAHUARPAMPA, DISTRITO DE TAPAY - CAYLLOMA - AREQUIPA"					
PLANO: CÁMARA ROMPE PRESIÓN			CULTIVO: PAPA, QUINUA, MAIZ, OREGANO		
PROPIETARIO: CC FAHUARPAMPA	ESCALA: INDICADA	FECHA: SET - 2017	DPTO: AREQUIPA	PROV: CAYLLOMA	CODIGO: P-03
ALUMNO: BRIGITTE ALICE MORIANO CHIPANA	AREA TOTAL: 60 ha	AREA PROYECTO: 9 ha	DISTRITO: TAPAY	SECTOR: FAHUARPAMPA	