

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO PARA EL SECTOR
LLUSHCAPAMPA BAJA, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA
DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA”**

Presentado por:

BACH. GINO EDUARDO IPURRE TOVAR

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

**Lima – Perú
2017**

INDICE

III. OBJETIVO	2
III.1. Objetivo Principal.	2
III.2. Objetivo Secundario.	2
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
Riego por aspersión en laderas	2
Ventajas y desventajas del sistema.	4
a. Ventajas	4
b. Desventajas	5
Uniformidad y eficiencia del riego por aspersión	5
a. Coeficiente de uniformidad (CU)	5
b. Eficiencia de riego	6
Información de partida para el diseño	7
a. Factores climáticos	7
b. Factores agronómicos	10
c. Factores económicos	12
d. Factores prácticos	13
Componentes Estructurales	13
a. Sistemas de captación	13
b. Tipos de sistemas de captación	13
Tubería de Conducción	14
a. Clases de tubería	14
b. Diseño de la red de tuberías	15
Diseño Hidráulico de la Línea de Conducción	16
a. Diámetro de tubería	16
b. Presión de trabajo	16
Cálculo y criterio de diseño de ramales de distribución	17

Espaciamiento entre aspersores y línea de riego	18
a. Número de aspersores por ramal	19
b. Caudal del aspersor (Qa)	19
c. Caudal del sistema (Qs)	20
d. Selección del aspersor	20
e. Unidad de riego o sector de riego	21
V. DESARROLLO Y DISCUSIONES	22
a. Análisis de la Demanda Hídrica	22
b. Demanda de agua de riego	24
c. Análisis de la Oferta Hídrica	27
d. Balance Oferta - Demanda	29
e. Concepción del Proyecto.	32
f. Esquema Hidráulico	33
g. Diseño del Sistema de Riego	33
h. Diseño Hidráulico	36
i. Diseño Hidráulico a Nivel Parcelario	39
j. Descripción de los Componentes que forman Parte del Sistema de Riego	40
k. Plan de Capacitación en Operación y Mantenimiento	41
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	44
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
IX. ANEXOS	46

I. RESUMEN

El presente trabajo contempla el mejoramiento del sistema de riego tradicional a un sistema de riego presurizado (Aspersión) del sector Llushcapampa Baja, Cajamarca.

Resulta, por ello importante, soluciones que se orienten a aumentar las eficiencias de aplicación de riego, a través de sistemas de riego tecnificado por aspersión.

Este mejoramiento se desarrolla con el planteamiento técnico e instalación de un sistema de riego por aspersión en 5.49ha del sector Llushcapampa Baja, Cajamarca.

Asimismo, con la utilización de técnicas de riego presurizado para el manejo del cultivo, mediante la instalación de 5.49 ha de riego por aspersión.

Mejorando la eficiencia de aplicación de riego, con un sistema de riego por aspersión en 75%, así mejorando la eficiencia de riego por gravedad actual de 35%.

II. INTRODUCCION

El agua para riego escasea y la demanda por el mismo, aumenta. Esto está obligando a agricultores a demandar infraestructuras y tecnologías de riego que permitan conducir y aplicar eficientemente el agua para riego, para abastecer a más terrenos y más beneficiarios.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 65%, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales.

Ante estas circunstancias muchas regiones del mundo han alcanzado el límite de aprovechamiento del agua, lo que los ha llevado a sobreexplotar los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos, creando un fuerte impacto en el ambiente.

En comunidades campesinas de la sierra, la falta de agua significa falta de alimento y mayor pobreza, debido a que la mayor parte de la producción agrícola y ganadera es sustento de sus familias.

En las diferentes Comisiones y Comités de Usuarios de la JU's Mashcon, la tecnificación el riego es insuficiente a causa del poco conocimiento por parte de los agricultores propietarios; a producción de cultivos de pastos naturales es para la producción de leche ya que este valle se caracteriza por ser una zona ganadera.

En el sector Llushcapampa Baja, Comisión de Usuarios Atunmayo, de la Junta de Usuarios Mashcón ejecutan un riego con el método tradicional. En este sector se instalará un sistema de riego por aspersión mejorando el área de riego y en consecuencia la producción.

El riego por aspersión es una buena alternativa para la sierra, es el que más se adecúa a medios en laderas y a la economía de los campesinos de la sierra. Con buen criterio de diseño y con una adecuada capacitación el sistema brinda muy buenos resultados.

III. OBJETIVO

III.1. Objetivo Principal.

- Mejoramiento de la eficiencia de aplicación de riego

III.2. Objetivo Secundario.

- Utilización de técnicas de riego presurizado para el manejo del cultivo, mediante la instalación de 5.49 ha de riego por aspersión.
- Formular temas para la sostenibilidad del sistema de riego presurizado, en operación y mantenimiento de riego por aspersión parcelario.

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

El riego por aspersión este método implica una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela, con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae, según *J.M.Tarjuelo 1999*.

Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores).

El sistema está compuesto por:

- Un equipo de elevación encargado de proporcionar agua a presión. En algunas zonas no resulta necesario este equipo ya que se dispone de presión natural.
- Una red de tuberías principales que llevan el agua hasta los hidrantes, que son las tomas de agua en la parcela.
- Una red de ramales de riego que conducen el agua hasta los emisores instalados en la parcela que se pretende regar. En el caso de tratarse de una máquina automotriz, esta red se sustituye por un ramal móvil que recorre la parcela.

Dispositivos de aspersión o emisores, que son los elementos encargados de aplicar el agua en forma de lluvia. Estos dispositivos pueden ser tuberías perforadas, difusores fijos, toberas, boquillas o aspersores, entre otros, *J.M.Tarjuelo 1999*.

Riego por aspersión en laderas

El aprovechamiento de la ladera para lograr la presurización por desniveles topográficos es el factor clave que permite diseñar en zonas montañosas sistemas de riego por aspersión a un costo bajo, conceptuado por *M. Anten y H. Willet (2000)*.

Se utiliza la altura de las fuentes naturales de agua y tuberías para obtener la presión necesaria para los aspersores.

Se puede decir que el riego por aspersión en laderas es un sistema en el que el agua se aplica en forma de lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela, con el objetivo que infiltre agua en el mismo punto donde cae, aprovechando la ladera para lograr la presurización por desniveles topográficos que permite diseñar en zonas montañosas sistemas de riego por aspersión a un costo bajo, *M. Anten y H. Willet (2000)*.

El sistema tiene tres componentes: la infraestructura, la organización para su operación y mantenimiento, y el sistema de producción agropecuario bajo riego.

FONCODES PACCPERU 2014, El sistema de riego por aspersión, está compuesto por:

➤ **Fuentes de agua provenientes de una Cuenca de captación:**

- Conocer los caudales de las fuentes de agua y cómo varían en el tiempo es una tarea importante especialmente cuando hay cambios en temperatura y patrones de lluvia.
- Pero igualmente hay que prever que lluvias más intensas en periodos continuos también pueden traer riesgos para las captaciones (p.ej. huaycos que las dañan), las conducciones (p.ej. deslizamientos que llevan o rompen conducciones) y para embalses y reservorios (p.ej. llenarse de sedimentos).
- Al planificar un sistema de riego, por más pequeño que sea, hay que conocer cómo cambian los caudales de las fuentes en el tiempo, en los promedios y en los máximos y mínimos.
- No podemos suponer que el clima en el pasado sigue comportándose igual que antes. Es recomendable medir a lo largo de tiempo cómo varían los caudales en las fuentes de agua (monitoreo).
- En general, para la agricultura bajo riego, será cada vez más oportuno contar con capacidad de almacenaje del agua, que puede ser hecho por el humano (como embalses y reservorios), pero que seguramente también viene de la capacidad natural de una cuenca de regular los caudales, entre periodos en que llueve mucho a periodos secos, tanto del agua que escurre por la superficie, como el agua que infiltra al subsuelo y entra al agua subterránea.

➤ **Componentes Físicos:**

- Captaciones o bocatomas
- Canal de conducción
- Desarenadores

- Reservorio (con arcilla o geomembrana)
- Válvulas (operación y control)
- Red de tuberías (principales y de distribución, generalmente enterrados) –
- Cámara rompe-presión
- Hidrantes
- Las líneas móviles de riego
- El aspersor, ubicado y acoplado a un elevador

Ventajas y desventajas del sistema.

a. Ventajas

- Puesto que la dosis de riego únicamente e función del tiempo de cada postura, puede adaptarse tanto a dosis grandes como a dosis pequeñas, *J.M.Tarjuelo 1999*.
- Al poder modificar fácilmente la pluviosidad, es capaz de adaptarse a terrenos muy permeables o muy impermeables, e incluso a terrenos de características heterogéneas.
- No necesita nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas. Esto permite conservar la fertilidad natural del suelo.
- En el interior de las parcelas no necesita en general, ningún tipo de sistematización, lo que permite una buena mecanización.
- Dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, lo cual es importante en la posibilidad de ahorrar agua.
- Puede conseguir altos grados de automatización, con el consiguiente ahorro de mano de obra, a costa normalmente de una mayor inversión.
- En algunas modalidades permite el reparto de fertilizantes y tratamientos fitosanitarios, así como la lucha anti helada.
- Evita la construcción de acequias y canales, aumentando la superficie útil a la vez que es más cómodo y de más fácil manejo que el riego por superficie.
- Es el método más eficaz para el lavado de sales por originar un movimiento de agua en el suelo en sub-saturación, obligando por los poros más pequeños y por lo tanto más en contacto con la solución del suelo, *J.M.Tarjuelo 1999*.

b. Desventajas

- El posible efecto de la aspersión sobre plagas y enfermedades, *J.M.Tarjuelo 1999*.
- Mala uniformidad en el reparto de agua por acción de fuertes vientos.
- Puede originar problemas de sanidad en la parte aérea del cultivo cuando se utilicen aguas salinas y residuales para regar ya que al evaporarse aumenta la concentración de sales o impurezas en la misma.
- Los principales problemas suelen ser de carácter económico por las altas inversiones iniciales y los elevados costes de mantenimiento y funcionamiento (energía), *J.M.Tarjuelo 1999*.

Uniformidad y eficiencia del riego por aspersión

a. Coeficiente de uniformidad (CU)

La uniformidad es un factor que se asocia a la calidad del riego y relaciona la variabilidad de descarga de los emisores, es decir, la lámina de riego en toda el área. Es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que interviene en su diseño, tanto en el agronómico, pues afecta al cálculo de las necesidades totales de agua, como en el hidráulico, pues en función de ella se definen los límites entre los que se permite que varíen los caudales de los emisores.

El coeficiente de uniformidad de Christiansen es la más difundida y usada en el ámbito mundial y se expresa como:

$$CU = 100 \times \left(1 - \frac{\sum (X_i - X)^2}{X^2 n} \right)$$

Donde:

CU = coeficiente de uniformidad de Christiansen

x_i = lámina de agua captada por cada pluviómetro (mm)

X = lámina de agua promedio captado por los pluviómetros (mm)

n = número de recipientes

Cuanto mayor es el valor del coeficiente de uniformidad (CU) más cara es la instalación de riego, ya que para que haya menos dispersión de caudales, el régimen de presiones debe ser

más uniforme, lo que exige mayores diámetros en las tuberías, laterales más cortos, mayor inversión en reguladores de presión, etc.

Los factores que intervienen en el CU son:

- Constructivos. Los procesos de fabricación hacen que los emisores de un mismo modelo no sean exactamente iguales entre sí, proporcionando caudales diferentes incluso para la misma presión de trabajo.
- Hidráulicos. Los distintos emisores de una instalación están sometidos a presiones diferentes, debido a las pérdidas de carga y a los desniveles.
- Envejecimiento y obturaciones.
- Diferencias de temperatura.

b. Eficiencia de riego

Según Absalón Vásquez V; Issak Vásquez R.; Guillermo Vílchez O. 2011, Llamada también eficiencia de riego del proyecto, del distrito de riego, del fundo o del campo de cultivo; sirve para responder a preguntas como ¿Cuál es la demanda de agua del proyecto?, ¿Qué cantidad de agua se aplicará en el riego? etc.

La eficiencia de riego está dada por la relación entre volumen de agua evapotranspirada por las plantas y evaporada del suelo (ET_o), más la cantidad de agua necesaria para mantener una concentración adecuada de sales en el perfil enraizado del suelo, menos la precipitación efectiva caída, menos la ascensión capilar producida desde la capa freática; por un lado y, por otro, al volumen de agua derivado o extraído de la fuente de abastecimiento, que puede ser un río, reservorio, un pozo tubular o un manantial; para ser usado en el riego.

El método de riego mediante el cual se realice esta operación es de gran importancia para la obtención de la eficiencia adecuada de riego.

La eficiencia de riego depende de dos factores fundamentales: el manejo de agua durante el riego y las características hídricas del suelo que se está regando.

En el manejo del agua durante el riego se distinguen varios aspectos que interactúan e inciden en forma determinante en la eficiencia de riego:

- El diseño del sistema de riego (dimensiones y orientación del campo regado, pendiente, infraestructura de abastecimiento de agua, control de caudales, recepción de derrames, etc.)

- Los caudales utilizados y dirección del flujo del agua sobre la superficie del suelo durante el riego.
- La frecuencia de riego, que en este caso determina el contenido de agua del suelo en el momento previo a la aplicación de agua.
- El tiempo de riego utilizado durante el cual el agua está en contacto con la superficie del suelo, permitiendo de esta forma que tenga lugar al proceso de infiltración.

Entre las características hídricas de los suelos regados, los siguientes aspectos son determinantes en la eficiencia de riego:

- La velocidad de infiltración del agua, o sea la propiedad del perfil del suelo de permitir el flujo descendente del agua que está en contacto en la superficie, a través del perfil, en profundidad.
- Las características de retención del agua del suelo, o sea la energía con que cierto contenido de agua está retenido en el suelo.
- La profundidad del perfil del suelo y sus condiciones de estratificación, que determinan las diferentes capacidades del perfil total frente al agua.
- La densidad aparente de los diferentes estratos del perfil del suelo, también resultante de complejas interacciones entre la textura y la estructura.

Información de partida para el diseño

a. Factores climáticos

▪ Viento.

J.M.Tarjuelo 1999, la intensidad y dirección del viento es el principal distorsionador de la uniformidad de reparto debido a que las gotas de lluvia que simula el método, son arrastradas fácilmente por éste, lo que impide un humedecimiento parejo. La velocidad del viento se incrementa con la altura según una función logarítmica, por lo que en el diseño del sistema el aspersor se colocará lo más bajo posible según la altura del cultivo a regar. Otra característica a considerar en el manejo del sistema es la frecuente reducción de la velocidad del viento durante la noche. Esto aconsejaría alternar el riego diurno y nocturno de cada zona para aumentar la uniformidad de reparto acumulado de varios riegos.

El espaciamiento entre aspersores es un aspecto fundamental para contrarrestar los efectos del viento. Según recomendaciones, la separación entre aspersores en condiciones de vientos poco

intensos (menor a 2 m/s), debe ser el 60% del diámetro efectivo del aspersor para marcos cuadrados o triangulares y del 40 y 75% para marcos rectangulares. Este espaciamiento debe reducirse según la velocidad del viento en el orden de magnitud que se muestra en el Cuadro define como el 95% del diámetro mojado para aspersores con dos boquillas y el 90% del diámetro mojado para aspersores con una boquilla.

Reducción del espaciamiento según la velocidad del viento

% de reducción	Velocidad del viento (m/s)
10 -12	4-6
18 -20	8-9
25 - 30	10-11

El factor viento es la razón por la que el ángulo de descarga de la mayoría de los aspersores agrícolas es de 25° a 27° en lugar de 32°, que sería el ángulo que consigue mayor alcance en ausencia de vientos. En estos casos, se recomienda regar en horas de menor, ausencia total o velocidad del viento inferior a 2 m/s, incluyendo el riego nocturno, para lo cual deben dejarse instaladas las tuberías laterales durante las horas de luz. El efecto del viento se compensa disminuyendo la separación entre aspersores, pero implica un mayor número de ellos en el sistema.

▪ **Evaporación.**

Otro aspecto que considerar en el diseño del riego por aspersión son las pérdidas de agua por evaporación directa del chorro del aspersor. Estas pérdidas de agua están en función de la temperatura ambiental y de la velocidad del viento. El efecto de los vientos fuertes y persistentes, en un clima de altas temperaturas, origina pérdidas considerables que se deben contemplar en la elección del equipo (Peralta et al., 2001).

▪ **Humedad relativa.**

La humedad relativa es consecuencia de los factores meteorológicos (temperatura, precipitación, viento, etc.) y de los geográficos (exposición, topografía, proximidad de agua, etc.) Cuando el régimen higrométrico es bajo, se pueden ver favorecidos los efectos depresivos, especialmente cuando existe déficit hídrico. La actividad fotosintética óptima se produce a 60-

70% de HR. Las humedades relativas altas (más del 80%) son particularmente importantes fitosanitariamente, en especial por el riesgo que conllevan para el desarrollo de enfermedades.

- **Horas de luz.**

La luz solar tiene gran importancia en la producción y reproducción de los cultivos, aunque parece un aspecto secundario, la relación entre posición del sol, trazo de surcos y distancia entre plantaciones determina el grado de desarrollo de los cultivos, ya que una mala distribución produce sombras que pudieran obstruir una adecuada luminosidad. Por eso, al establecer una plantación siempre hay que tener presente el recorrido del sol (de oriente a poniente). Asimismo, debido a la traslación de la tierra y a la inclinación de su eje se presentan días más largos y más cortos durante el año. La principal consecuencia de esto es la sucesión de las estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno), que se presentan en forma alternada en los hemisferios norte y sur. Un adecuado trazo de las plantaciones en este periodo redundará en obtener el mayor rendimiento biológico de la capacidad genética de los cultivos por el aprovechamiento de la luz solar.

Si se parte de la técnica de distribución de las plantaciones, uno de los conceptos básicos que debe tomarse en cuenta es el sistema de competencia, tanto por espacio, agua, nutrientes, como por luminosidad solar.

Es importante ubicar el recorrido del sol sobre los surcos de cultivos anuales como los básicos, hortalizas o industriales, para que luz solar sea aprovechada por cada una de las plantas del cultivo. Lo anterior quiere decir que se debe reducir al mínimo las posibilidades de competencia entre plantas por la luz solar, o sea, ninguna le debe hacer sombra a la otra, sobre todo en sus primeras fases de crecimiento, para que todas tengan las mismas posibilidades de desarrollo. Para lograr esto, el trazo de los surcos de la plantación debe dirigirse de sur a norte a fin de que la sombra tanto de la mañana como de la tarde se refleje en el surco y no sobre la planta vecina.

- **Precipitación efectiva.**

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

Como primera aproximación, Brouwer y Heibloem (1978), proponen las siguientes fórmulas para su aplicación en áreas con pendientes inferiores al 5%. Así en función de la precipitación caída durante el mes se tiene:

$$Pe = 0,8 P - 25 \quad \text{Si : } P > 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe = 0,6 P - 10 \quad \text{Si : } P < 75 \text{ mm/mes}$$

Donde:

$$P = \text{precipitación mensual (mm/mes)}$$

$$Pe = \text{precipitación efectiva (mm/mes)}$$

En climas secos, las lluvias inferiores a 5 mm no añaden humedad a la reserva del suelo. Así, si la precipitación es inferior a 5 mm se considera una precipitación efectiva nula. Por otro lado, sólo un 75 % de la lluvia sobre los 5 mm se puede considerar efectiva. Se puede usar la expresión:

$$Pe = 0,75 * (\text{lluvia caída} - 5 \text{ mm})$$

En climas húmedos o en situaciones o períodos del año en los que llueva de continuo durante varios días, la precipitación efectiva se obtiene sumando todos los volúmenes de precipitación, salvo cuando en un día llueva menos de 3 mm.

▪ **Temperatura.**

Las temperaturas altas acentúan las pérdidas por evaporación, especialmente si la lluvia es muy pulverizada. Para disminuir estos efectos negativos conviene utilizar aspersores de baja o mediana presión con boquillas de mayor diámetro.

b. Factores agronómicos

▪ **Topografía.**

La información topográfica y catastral de la zona a regar y de las fuentes de agua es indispensable para lograr un buen diseño de un sistema de riego presurizado. Según *M Anten* y *H. Willet (2000)* define para zonas de laderas, un buen levantamiento topográfico y planos de las parcelas a curva de nivel cada 1m, detallando límites de parcelas, áreas a regar, área rocosa, bosques, redes de caminos etc. y la ubicación de la fuente de agua.

▪ **Suelo.**

El suelo interviene como almacén regulador de humedad y como factor limitante de la pluviosidad del sistema. Debe conocerse su capacidad de campo, punto de marchitamiento, velocidad de infiltración, densidad aparente, profundidad, etc. para poder determinar la dosis de riego, *J.M.Tarjuelo 1999*.

La velocidad de infiltración del agua en el suelo limita la pluviometría. Las gotas gruesas provocan la compactación de determinados suelos, con la consiguiente disminución de la velocidad de infiltración, por lo que se aconseja una lluvia fina en aquellos suelos con malas condiciones de estabilidad. Cuando llega menos agua que la que el suelo absorbe por sus poros, el agua se infiltrará tan rápidamente como está llegando. Sin embargo, cuando la cantidad de agua que se aporta al suelo supera la velocidad de infiltración, se puede tener escurrimiento superficial, anegamientos o erosión. Saber la velocidad de infiltración del suelo y la profundidad de las raíces del cultivo es vital para determinar durante cuánto tiempo se debe regar, de manera que el agua llegue a la profundidad que se desea.

▪ **Cultivo.**

Se debe tener en cuenta la alternativa de cultivos, la profundidad radicular máxima, las necesidades hídricas punta durante el ciclo de cultivo, el marco de plantación, las labores a realizar, *J.M.Tarjuelo 1999*.

El tipo o los tipos de cultivos, su porte y su cobertura sobre el suelo condicionan el tipo de instalación. Algunos cultivos muy frágiles (flores, plantas hortícola) necesitan pluviométricas débiles, con gran pulverización y una excelente uniformidad de riego, lo que exige poca separación entre aspersores. En cultivos de porte alto (maíz, girasol) se aconseja el riego con pluviométricas medias o elevadas.

▪ **Agua.**

La cantidad y calidad del agua de riego es fundamental para la elección del método de riego, su manejo y el cultivo a implantar. Con la cantidad se puede estimar la superficie a regar. Las aguas de riego aportan sales al suelo, mientras que las agua de drenaje las eliminan. Puede suceder que la cantidad de sales incorporadas al suelo sea mayor que la cantidad eliminada, en este caso el nivel de salinidad aumenta pudiendo llegar a límites no permisibles por el cultivo.

Los problemas derivados de las sales contenidas en el agua de riego están relacionados con los siguientes efectos:

- **Salinidad:** provocando en numerosos casos disminución en la producción del cultivo. La capacidad de la planta para absorber el agua disminuye a medida que aumenta el contenido de sales, teniendo la planta que realizar un mayor esfuerzo.
- Ningún Riesgo por debajo de 0,7 dS/m.
- Riesgo Moderado entre los valores de 0,7 dS/m. y 3 dS/m.
- Riesgo severo por encima de 3 dS/m.

Fuente: FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación)

- **Toxicidad:** algunas sales cuando se acumulan en cantidad suficiente resultan tóxicas para los cultivos u ocasionan desequilibrios en la absorción de los nutrientes.

PROBLEMAS POTENCIALES EN RIEGO		GRADO DE RESTRICCIONES DE USO			UNIDAD
		NINGUNO	LIGERO A MODERADO	ESTRICTO	
Toxicidad de iones específicos.	Sodio (riego superficial)	< 3	03-sep	> 9	RAS
	Sodio (riego con aspersores)	< 70	> 70	----	mg/l
	Cloro (riego superficial)	< 140	140-350	> 350	mg/l
	Cloro (riego con aspersores)	< 100	> 100	----	mg/l
	Boro	< 0,7	0,7-3	> 0,3	mg/l

Fuente: Committee of Consultants de la Universidad de California

- **Infiltración del agua en el suelo:** un alto contenido de sodio y bajo de calcio en el suelo hace que sus partículas tiendan a disgregarse, lo que ocasiona disminución de la velocidad de infiltración del agua.
- **Obstrucciones:** en algunas ocasiones las sales acumuladas en el agua pueden producir obstrucciones en los equipos de los sistemas de riego por aspersión.

Se han establecido diversos índices de clasificación del agua en función de su aptitud para ser utilizada en el riego. Estos índices se basan en su composición química, considerando factores como: suelo, cultivo, cantidad de agua aplicada, etc. Existe una dificultad de establecer unos índices de clasificación del agua de riego, ya que su composición resultante en el suelo es la que determina la posibilidad de existencia de situaciones negativas para el cultivo, según *José Luis.1998.*

c. **Factores económicos**

Se debe considerar el alto costo del equipo de un sistema de riego por aspersión, la operación, el área a irrigar, así como la presencia de los equipos en el mercado de la zona. Esto se debe considerar antes de realizar el diseño y la elección de los aspersores.

d. Factores prácticos

Las especificaciones técnicas son de importancia para saber el comportamiento real de cualquier aspersor elegido.

Componentes Estructurales

a. Sistemas de captación

Esta estructura hidráulica permite recolectar aguas de afloramiento para transportarlo mediante una canal hacia el reservorio o el sistema.

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerá del tipo de fuente de agua, de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase del manantial; buscando no alterar en lo posible el estado natural de la fuente ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales; el agua crea otro cauce y la fuente cambia de ubicación de una a otra o simplemente desaparece. Cuando se trata de un manantial de ladera la captación se puede hacer igual como de agua potable.

Es importante que se incorporen características de diseño que permitan desarrollar una estructura de captación que considere un control adecuado del agua, oportunidad de sedimentación, estabilidad estructural, prevención de futura contaminación y facilidad de inspección y operación.

b. Tipos de sistemas de captación

La captación depende del tipo de fuente, calidad y cantidad de agua, por lo tanto el diseño debe tener características típicas.

Cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constará de tres partes: una corresponde a la protección del afloramiento, la otra a una cámara húmeda que sirve para regular el gasto a utilizar y la última, una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control. La protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión o área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. Junto a la pared de la cámara existe una cantidad de material granular clasificado que tiene por finalidad evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara de quietamiento de algún material en suspensión. La cámara húmeda tiene un accesorio (canastilla) de salida que sirve para filtrar material en suspensión y un cono de rebose que sirve para eliminar el exceso de producción de la fuente.

Si se considera como fuente de agua un manantial de fondo y concentrado, la estructura de captación podrá reducirse a una cámara sin fondo que rodee el punto donde el agua brota. Constará de dos partes: la primera, la cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse y la segunda, una cámara seca que sirve para proteger las válvulas de control de salida y desagüe. La cámara húmeda estará provista de una canastilla de salida y tuberías de rebose y limpia.

Si existen manantiales cercanos unos a otros se podrán construir varias cámaras, de las que saldrán tubos o galerías hacia una cámara de recolección de donde se inicie la línea de conducción. Adyacente a la cámara colectora se considera la construcción de la cámara seca cuya función es la de proteger la válvula de salida de agua. La cámara colectora tiene una canastilla de salida, un cono de rebose y tubería de limpia.

Cuando la fuente de agua es un arroyo o riachuelo, la captación constará de muros de encauzamiento según el caudal de avenida del arroyo, una loza para evitar el socavamiento del cauce, un barraje que atraviese de un muro de encauzamiento a otro para desviar el agua a un canal de derivación o una cámara de carga en caso de canal entubado y una compuerta metálica para regular el caudal o desviar el agua para el mantenimiento del sistema o durante el periodo de avenida.

Tubería de Conducción

J.M.Tarjuelo 1999, Las tuberías normalmente siguen el perfil del terreno, salvo el caso que a lo largo de la ruta por donde se debería realizar la instalación de las tuberías existan zonas rocosas insalvables, cruces de quebradas, terrenos erosionables, etc. que requieran de estructuras especiales. Para lograr un mejor funcionamiento del sistema a lo largo de la línea de conducción puede requerirse cámaras rompe presión, cámara de decantación, válvulas de aire, válvulas de purga, etc. Cada uno de estos elementos precisa de un diseño de acuerdo a las características particulares.

a. Clases de tubería

Fernando Pizarro 1999, Las tuberías empleadas en conducciones e agua pueden ser de seis materiales PVC (policloruro de vinilo), PE (polietileno), fibrocemento, hormigón, fundición y acero. De ellas son más utilizadas las de PVC y PE y en algunos casos las de fibrocemento. Las otras se emplean para grandes caudales o grandes presiones. En cambio, las tuberías de plástico,

PVC y PE, son unos de los elementos típicos en el riego y de hecho, el gran desarrollo de estos riegos en los últimos años se debe sobre todo a la aparición de las tuberías de plástico

La clase de tubería a seleccionar estará definida por las máximas presiones que ocurran en la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control de la tubería.

En riego se utiliza tubería de PVC. Se representan las clases comerciales de tubería PVC, con sus respectivas cargas de presión.

Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo

Clase	Presión máxima de prueba (m)
5	50
7,5	75
10	105
15	150

Fuente: Ficha Técnica Tubos Nicoll.

b. Diseño de la red de tuberías

J.M.Tarjuelo 1999, Esta estructura va permitir la conducción del agua de riego desde la fuente de agua, pudiendo pasar por el cabezal de riego, hasta cada uno de los sectores asignados. La disposición de tuberías de PVC en el plano deberá responder a criterios hidráulicos y económicos.

A lo largo de la red de tuberías pueden ir ubicadas reducciones, codos y tees, válvulas reductoras y sostenedoras de presión, válvulas de aire y alivio, cada una de las cuales deberá tener una estructura de protección. Las pérdidas de carga *primarias o por fricción* se calcularán en forma independiente para cada turno de riego, según los tramos o secciones definidos en el plano de diseño, con la fórmula de *Hazen-Williams*.

El rango recomendable de velocidades es de 0,5 a 2,0 m/s, aunque se podrán aceptar máximos de 2,5 m/s en casos especiales.

Diseño Hidráulico de la Línea de Conducción

La línea de conducción será diseñada a partir de los siguientes datos:

- Caudal de diseño
- Diámetro de tubería
- Longitud de tubería
- Cota de captación
- Cota del reservorio y/o cámara rompe presión

a. Diámetro de tubería

Las tuberías usadas pueden ser de acero, asbesto - cemento, aluminio, plástico (PVC). Los diámetros van desde tan pequeños como 50 mm hasta 250 mm o más grandes. El espesor de la pared de la tubería depende del material usado y de la presión que debería soportar, *J.M.Tarjuelo 1999*.

Para determinar el diámetro de tubería es necesario conocer el caudal del sistema (l/s) y la pendiente (mm). Con esta información y para tubos llenos, se aplicará la siguiente fórmula para tubos de PVC o con rugosidad igual a PVC, basada en Hazen-Williams:

$$D = (0,349 * Q * S^{-0,5701})^{0,369}$$

Donde:

Q = caudal (l/s)

S = pendiente del tubo (m/m)

D = diámetro del tubo (pulg)

Se puede calcular el diámetro de la tubería mediante el uso del monograma de Hazen y Williams, considerando el caudal del diseño y la pérdida de carga unitaria. Se pueden hacer los cálculos utilizando la hoja de cálculo "pérdida de carga.xls". Para calcular los tirantes de agua en tubos parcialmente llenos, se puede utilizar el programa HCANALES.

b. Presión de trabajo

La presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua. En el tramo de tubería que está operando a tubo lleno se plantea la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + \frac{P_1}{A} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{A} + \frac{V_2^2}{2g} + Hf$$

Donde:

Z = cota del punto respecto al nivel de referencia arbitraria (m)

P = altura o carga de presión (m)

A = peso específico del fluido (kg/m^3)

V = velocidad media del punto considerado (m/s)

Hf = pérdida de carga que se produce en el tramo de 1 a 2 (m)

Asumiendo que las velocidades en los puntos 1 y 2 son despreciables, la diferencia entre ellas es cero. La presión atmosférica en la cámara de captación o punto de partida es igual a la presión atmosférica, por lo que la carga de presión se asume como cero. El mismo criterio se aplica cuando se considera en el diseño como punto de partida una cámara de decantación, resultando la presión al final del tramo:

$$\frac{P_2}{A} = Z_1 - Z_2 - Hf$$

Cálculo y criterio de diseño de ramales de distribución

J.M.Tarjuelo 1999, Los ramales son las líneas de conducciones que transportan el agua a presión desde las tuberías principales a los aspersores que están instalados en ellas. Para definir la ubicación de los ramales laterales se deben considerar:

- Características geométricas de la parcela. - condicionan el trazado de los ramales, que se tiende a situar en dirección paralela a alguna de las lindes.
- Longitud máxima de los ramales. - condicionada por la necesidad de mantener en ellos una variación de presión inferior al 20% de la presión media de funcionamiento, lo que limita las pérdidas de carga por rozamiento y por tanto la longitud de los ramales.
- Dirección predominante del viento. - es conveniente situar los ramales en dirección sensiblemente perpendicular a la del viento dominante.

- Dirección de las hileras de los cultivos. - ubicar los ramales en la dirección de las hileras de cultivo facilita la operación del traslado de los tubos o mangueras y la realización de las labores culturales.
- Características topográficas. - condicionan el trazado siempre y cuando las diferencias de cota puedan afectar al mantenimiento del 20% de P_a , como límite de las variaciones de presión a lo largo del ramal. Con objeto de mantener las variaciones de presión en los límites exigidos, siempre que las otras condiciones lo permitan, los ramales deben situarse siguiendo las curvas de nivel, y mejor si es posible, perdiendo algo de cota en el sentido aguas abajo. Esta última situación es la ideal pues las ganancias de carga por cota tienden a compensar las pérdidas por rozamiento y la presión a lo largo del ala se mantiene sensiblemente constante.
- Deberá evitarse, en lo posible, la instalación de ramales en contra pendiente. En este caso las pérdidas de carga por cota se suman a las pérdidas por rozamiento y resulta difícil mantener las variaciones de presión en el límite establecido, siendo necesario utilizar tuberías de mayor diámetro o acortar la longitud de los ramales.
- Ubicación de los ramales en la dirección de la pendiente, por los motivos expuestos, puede resultar ventajosos siempre y cuando dicha pendiente se mantenga uniforme y no muy inclinada, lo que realmente no es muy frecuente; si fuera así la longitud de los ramales podría ser superior a la que correspondería a un terreno llano.

Espaciamiento entre aspersores y línea de riego

La gama de espaciamientos es muy amplia, variando desde valores tales como 6 x 6 m (aspersores pequeños) hasta valores del orden de 60 x 60 m (aspersores grandes). Para cada tipo de disposición, el espaciamiento máximo se limita, básicamente, en función del alcance de los aspersores. Un espaciamiento pequeño da lugar a un riego más uniforme, pero con mayores costos de inversión y operación; un espaciamiento grande da lugar a riego menos uniforme con menores costos de inversión y operación. El área que forma el espaciamiento entre aspersores y los laterales se denomina marco de riego, *J.M.Tarjuelo 1999*.

En zonas donde el viento es de poca intensidad, se pueden utilizar valores de mayor espaciamiento, esto permite economizar en la instalación ya que se requiere menor cantidad de aspersores y menor cantidad de tuberías para regar la misma área sin que el coeficiente de

$$\text{Dist.entre aspersores} \leq 0,65 * \text{Diámetro efectivo}$$

uniformidad baje del 85%, aceptado como bueno. Si la zona presenta vientos se escogerán los espaciamientos menores.

Del mismo modo, 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.

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

a. Número de aspersores por ramal

J.M.Tarjuelo 1999, Una vez que se conoce la distancia entre aspersores de un mismo ramal, se puede calcular el número de aspersores necesarios en el ramal y para la instalación del sistema. Si los vientos son fuertes, es preferible espaciamientos más cerrados.

$$N^{\circ} \text{ aspersores} = \frac{Q_{\text{disponible}}}{Q_{\text{aspersor}}}$$

$$N^{\circ} \text{ aspersores} = \frac{\text{ancho. parcela}}{\text{espec. entre aspersores}} + 1$$

b. Caudal del aspersor (Qa)

Cuando se diseña el sistema, el caudal de cada aspersor se puede calcular con:

$$Qa = \frac{Pp * El * Easp}{1000}$$

Donde:

Qa = caudal del aspersor (m³/h)

Pp = precipitación máxima (mm/hora)

El = espaciamiento entre laterales (m)

$Easp$ = espaciamiento entre aspersores (m)

c. Caudal del sistema (Q_s)

El caudal total necesario para el sistema estará 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, *J.M.Tarjuelo 1999*.

$$Q_s = Q_a * N^{\circ} \text{aspersores}$$

d. Selección del aspersor

Según *J.M.Tarjuelo 1999*, La elección del tipo de aspersor está sujeta a varios factores:

Velocidad básica de infiltración: La intensidad de precipitación del aspersor, expresada en mm/hora, no debe superar la velocidad de infiltración del suelo, para evitar escorrentía.

Tamaño de las parcelas: en parcelas grandes se puede aplicar aspersores con un diámetro mojado grande, mientras que en parcelas pequeñas se deben aplicar aspersores con diámetros mojados pequeños que pueden adecuarse más fácilmente al área de la parcela. Además se puede aplicar aspersores sectoriales que son ajustables para que irrigen solo el sector deseado de un círculo completo.

Tipo de cultivos: si la parcela será dedicada a hortalizas con rotaciones muy estrechas, será conveniente un aspersor con un diámetro pequeño (micro aspersores) para poder ajustar el riego a las necesidades de cada parte de la parcela.

Presiones de trabajo disponibles: para condiciones de la sierra se quiere aspersores que puedan trabajar en un rango largo, desde presiones de 1 atm hasta 4,3 atm.

Ocurrencia de vientos fuertes: Existe una gama larga 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, que es el tipo sistema en laderas. Los siguientes criterios pueden servir para hacer una selección entre los modelos presentes en el mercado:

Material de confección: existen aspersores de bronce y de plástico. Aunque el bronce es más duradero, las marcas conocidas (VYR, Naan, Rainbird, Nelson, etc.) tienen aspersores de plástico de alta calidad que también resisten un gran número de horas de funcionamiento. Aspersores de bronce requieren por lo general una presión mínima de 2 a 2,5 bar (20 a 25 metros de columna de agua), lo que limita su aplicación para sistemas presurizadas por

gravedad. Aspersores de plástico son más ligeros y pueden funcionar aún con 10 m de columna de agua.

Las conexiones de aspersores varían de 1/2" a 1" y los aspersores pueden tener 1 ó 2 boquillas. Los aspersores de 3/4" y de 1" tienen boquillas y diámetros de humedecimiento mayores y funcionan con una presión mínima de 2 bar, que sólo se recomiendan en áreas a regar grandes (> 2,5 ha) y con desniveles suficientes para asegurar la presión en todo el sector de riego. Aspersores con 2 boquillas emiten caudales mayores en un mismo diámetro mojado, por lo tanto sus precipitaciones son más altas que aspersores de una boquilla y esto es menos apropiado en zonas de ladera, donde ocurren riesgos de erosión, *J.M.Tarjuelo 1999*.

Hay aspersores sectoriales y aspersores que funcionan a círculo completo, para el riego de pequeñas propiedades en laderas, aprovechando los desniveles ofrecidas por la topografía del terreno, hay preferencia para aspersores de plástico de 1/2", tipo martillo, con 1 boquilla, y si es posible sectoriales, porque tienen precipitaciones relativamente bajas, su costo es relativamente bajo, son aptos para presiones bajas a partir de 1 bar (10 m).

e. Unidad de riego o sector de riego

Son las unidades de riego o sectores que reciben un caudal continuo para regar. Al interior de las unidades de riego el caudal es aplicado mediante una línea de emisores 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, *Fernando Pizarro 1999*.

V. DESARROLLO Y DISCUSIONES

a. Análisis de la Demanda Hídrica

Cédula de Cultivo

El Grupo de Gestión Empresarial Luchadores por el Cambio, perteneciente al Distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca, la cédula de cultivo de las 5.49 ha proyectadas en la actualidad está conformada por los cultivos de pasto natural y rye grass. El riego utilizado es por gravedad (Tendido), con las consecuentes ineficiencias y pérdidas de agua.

Mejorando a un sistema de riego por aspersión para 5.49 ha. El grupo ha encontrado la oportunidad de rentabilizar su actividad agrícola y mejorar su bienestar socioeconómico a través del riego parcelario moderno además de aumentar la eficiencia de aplicación de riego y manejo de agua.

Es por ello que la cédula de cultivo (pasto natural más rye grass), los cuales generan una mayor producción y rentabilidad; puesto que contarán con capacidades tecnológicas locales suficientes para lograr un producto de mayor calidad y con una alta rentabilidad a favor del agricultor

Cédula de Cultivo del GGE Luchadores por el Cambio

CULTIVO PRINCIPAL	ÁREA (ha)	ÁREAS (ha)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Pasto Natural + Rye Grass (área topografica)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
TOTAL	5.49												

Fuente: Elaboración Propia

Demanda de Agua

Para la determinación de la demanda de agua ha sido necesario recopilar la siguiente información:

- **Evapotranspiración de Referencia (ET_o)**

La información recopilada de la evapotranspiración en el ámbito tiene como fuente datos de la Estación Meteorológica Sondor-Matara, información adquirida de primera fuente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI.

Con los datos recopilados se presenta la medición y cómputo de los datos requeridos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia por medio del método Hargreaves.

Calculo de la Evapotranspiración Potencial (mm/día)

METODO DE HARGREAVES

ESTACION : SONDOR - MATARA - SENAMHI LAT: 7°13' S LONG: 78°14' W

VALORES MENSUALES

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
TMC ^º	14.19	13.94	13.65	13.76	13.26	12.57	12.53	12.67	13.33	13.72	14.06	13.71
TMF ^º	57.54	57.10	56.58	56.76	55.87	54.63	54.55	54.81	56.00	56.69	57.32	56.68
HR	80.43	80.40	82.03	80.88	77.35	74.10	72.93	71.98	70.14	75.26	78.26	79.70
CH	0.73	0.73	0.70	0.73	0.79	0.84	0.86	0.88	0.91	0.83	0.77	0.75
CE	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
MF 1/	2.49	2.23	2.36	2.09	1.94	1.77	1.88	2.07	2.21	2.44	2.41	2.49
Eto	109.34	97.08	97.61	89.38	89.02	84.67	91.73	103.27	116.72	118.44	110.96	109.68
DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto (mm/día)	3.53	3.47	3.15	2.98	2.87	2.82	2.96	3.33	3.89	3.82	3.70	3.54
Prec. Efectiva (mm/día)	3.30	3.75	4.77	3.64	0.93	0.50	0.34	0.24	1.45	3.33	3.25	3.69

- Factor de cultivo (Kc.)**

Habiéndose identificado el área bajo riego, las características del cultivo, se determinó de acuerdo con la metodología de FAO M-56, el factor de cultivo. A continuación, se muestran el Kc. utilizados en los cultivos.

Coefficiente de Riego o Kc de la Cédula de Cultivo

CULTIVO PRINCIPAL	ÁREA (ha)	ÁREAS (ha)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PASTO NATURAL + RYE GRASS (área topografica)	5.49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Area Total	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49
Kc PONDERADO		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Fao

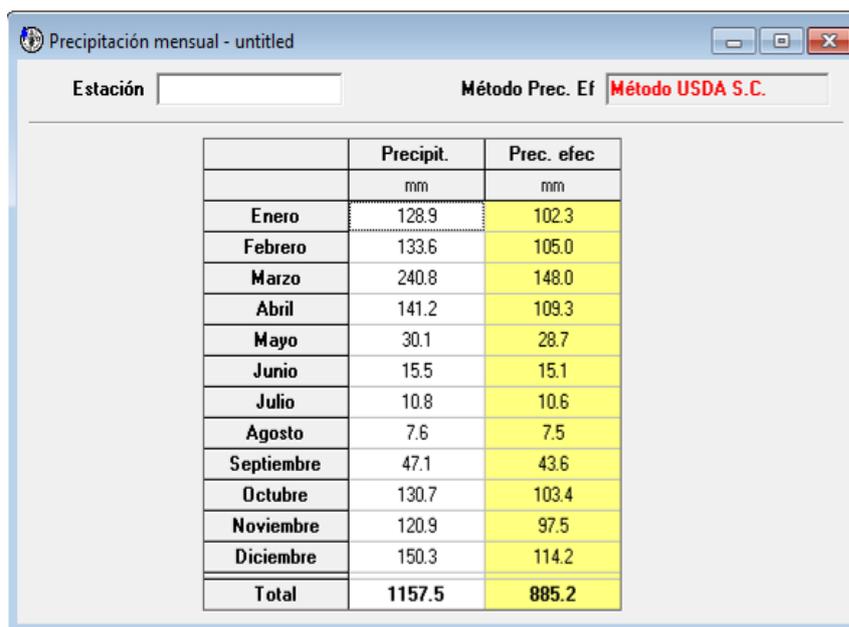
- Evapotranspiración real del cultivo**

Se determinó la evapotranspiración real del cultivo, para su periodo vegetativo, considerando para el diseño, la evapotranspiración máxima para el periodo vegetativo.

- Precipitación efectiva**

Las precipitaciones en el ámbito de estudio son considerables en los meses de Enero –Marzo. Se muestra el cálculo de la precipitación método de USDA:

Precipitación Efectiva



	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	128.9	102.3
Febrero	133.6	105.0
Marzo	240.8	148.0
Abril	141.2	109.3
Mayo	30.1	28.7
Junio	15.5	15.1
Julio	10.8	10.6
Agosto	7.6	7.5
Septiembre	47.1	43.6
Octubre	130.7	103.4
Noviembre	120.9	97.5
Diciembre	150.3	114.2
Total	1157.5	885.2

- **Frecuencia y tiempo de riego**

La frecuencia de riego actual varía entre 7 días, después de la implementación del Sistema la frecuencia será cada dos o tres días (según necesidad del cultivo); el volumen asignado a cada usuario será almacenado en un reservorio impermeabilizado con geomembrana de PEBD de 0.5mm de capacidades de 2,600 m³.

- **Eficiencia de aplicación**

La eficiencia de riego Actual es de 35 % (Riego por Tendido), se estima aumentar a 75% (Riego por aspersión), cabe resaltar que para el análisis hídrico del presente proyecto se ha tomado en cuenta sólo la eficiencia de Riego Parcelaria es decir Eficiencia de Aplicación.

b. Demanda de agua de riego

El volumen anual de agua de riego requerido, para el cultivo de ryegrass más trébol en condiciones de riego tecnificado por aspersión en las 5.49 ha que representan el proyecto del GGE Luchadores por El Cambio, se encuentra en 30,408.01 m³/año, siendo el mes de Agosto el de mayor necesidad de riego alcanzando un volumen de 7,007.44 m³, y la mayor lámina diaria a reponer es de 4.12 mm.

Demanda de Agua, riego tradicional.

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1	Evapotranspiración Potencial	(mm/día)	3.53	3.47	3.15	2.98	2.87	2.82	2.96	3.33	3.89	3.82	3.70	3.54	
2	Kc ponderado		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
3	Evatrans. Real o Uso consuntivo (1x2)	(mm/día)	3.53	3.47	3.15	2.98	2.87	2.82	2.96	3.33	3.89	3.82	3.70	3.54	
4	Precipitación efectiva	(mm/día)	3.30	3.75	4.77	3.64	0.93	0.50	0.34	0.24	1.45	3.34	3.25	3.68	
5	Deficit de humedad (3-4)	(mm/día)	0.23	0.00	0.00	0.00	1.94	2.32	2.62	3.09	2.44	0.48	0.45	0.00	
6	Eficiencia de aplicación	(%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
7	Nº días del mes	(días)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Requerimiento de agua (5/6)	(mm/día)	0.66	0.00	0.00	0.00	5.55	6.62	7.48	8.82	6.96	1.38	1.29	0.00	
		(m3/ha/día)	6.57	0.00	0.00	0.00	55.55	66.19	74.80	88.23	69.62	13.84	12.86	0.00	
		(m3/ha/mes)	203.71	0.00	0.00	0.00	1,722.00	1,985.71	2,318.86	2,735.14	2,088.57	429.14	385.71	0.00	11,868.86
9	Área Total	(ha)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	
10	Volumen demandado	(m3/mes)	1,118.39	0.00	0.00	0.00	9,453.78	10,901.57	12,730.53	15,015.93	11,466.26	2,355.99	2,117.57	0.00	65,160.03

DEMANDA MAXIMA	88.23	m3/ha/día
DEMANDA MINIMA	0.00	m3/ha/día
DEMANDA PROMEDIO	32.31	m3/ha/día

Demanda de Agua, riego aspersión.

PARAMETRO		UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	Evapotranspiración Potencial	(mm/dia)	3.53	3.47	3.15	2.98	2.87	2.82	2.96	3.33	3.89	3.82	3.70	3.54	
2	Kc ponderado		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
3	Evatrans. Real o Uso consuntivo (1x2)	(mm/dia)	3.53	3.47	3.15	2.98	2.87	2.82	2.96	3.33	3.89	3.82	3.70	3.54	
4	Precipitación efectiva	(mm/dia)	3.30	3.75	4.77	3.64	0.93	0.50	0.34	0.24	1.45	3.34	3.25	3.68	
5	Deficit de humedad (3-4)	(mm/dia)	0.23	0.00	0.00	0.00	1.94	2.32	2.62	3.09	2.44	0.48	0.45	0.00	
6	Eficiencia de aplicación	(%)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
7	Nº dias del mes	(dias)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8	Requerimiento de agua (5/6)	(mm/dia)	0.31	0.00	0.00	0.00	2.59	3.09	3.49	4.12	3.25	0.65	0.60	0.00	
		(m3/ha/dia)	3.07	0.00	0.00	0.00	25.92	30.89	34.91	41.17	32.49	6.46	6.00	0.00	
		(m3/ha/mes)	95.07	0.00	0.00	0.00	803.60	926.67	1,082.13	1,276.40	974.67	200.27	180.00	0.00	5,538.80
9	Área Total	(ha)	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	
10	Volumen demandado	(m3/mes)	521.92	0.00	0.00	0.00	4,411.76	5,087.40	5,940.91	7,007.44	5,350.92	1,099.46	988.20	0.00	30,408.01

DEMANDA MAXIMA	41.17	m3/ha/dia
DEMANDA MINIMA	0.00	m3/ha/dia
DEMANDA PROMEDIO	15.08	m3/ha/dia

c. Análisis de la Oferta Hídrica

El caudal promedio anual descargado por el Rio Mashcón es de 2.189 m³/s, el caudal máximo es de 3.74 m³/s y el mínimo de 0.477 m³/s, según información que se presenta en la JU Mashcón.

La fuente de agua perteneciente a la Comisión de Usuarios Atunmayo, dichas aguas son provenientes del rio “Grande”, y conducidos por el canal de riego Atunmayo, con una disponibilidad hídrica máxima de hasta 20 l/s, según Resolución Administrativa N° 033-2002-CTAR-CAJ/DRA-ATDRC del 26 de febrero del 2002, emitida por la Administración Técnica del Distrito de Riego Cajamarca (actualmente Administración Local de Aguas Cajamarca – ALA. Cajamarca), en la cual se autoriza el uso de las aguas con fines agrarios.

El caudal asignado al Grupo de Gestión Empresarial Luchadores por el Cambio, se encuentra de acuerdo con la licencia de uso de agua entregada por la Administración Local del Agua a cada usuario del Comité de Usuario.

En la situación actual el agua recibida en el Canal Atunmayo, es distribuida a través de toma rústica con un caudal de 20.00 l/s los beneficiarios del GGE Luchadores por el Cambio de acuerdo a su rol de riego tienen asignado un tiempo total de 24.00 horas de riego, con una frecuencia de riego de 07 días.

Asimismo, se anexa la **Evaluación de laboratorio físico químico de Agua** (Canal Atunmayo) y Suelo (Sector Llushcapampa). (Anexo 1.)

Oferta de Agua

DESCRIPCION	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Caudal	l/s	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	240.00
	m3/hr	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	864.00
Tiempo de riego	hr/día	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	288.00
Dotación de riego	días	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	84.00
Número de días al mes	días	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
Número de dotación al mes	Numero	4.43	4.00	4.43	4.29	4.43	4.29	4.43	4.43	4.29	4.43	4.29	4.43	52.14
Volumen promedio	m3/mes	7,652.57	6,912.00	7,652.57	7,405.71	7,652.57	7,405.71	7,652.57	7,652.57	7,405.71	7,652.57	7,405.71	7,652.57	90,102.86
Área	ha	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	
Volumen Ofertado	m3/ha-mes	1,393.91	1,259.02	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,348.95	1,393.91	16,412.18

d. Balance Oferta - Demanda

Balance Hídrico

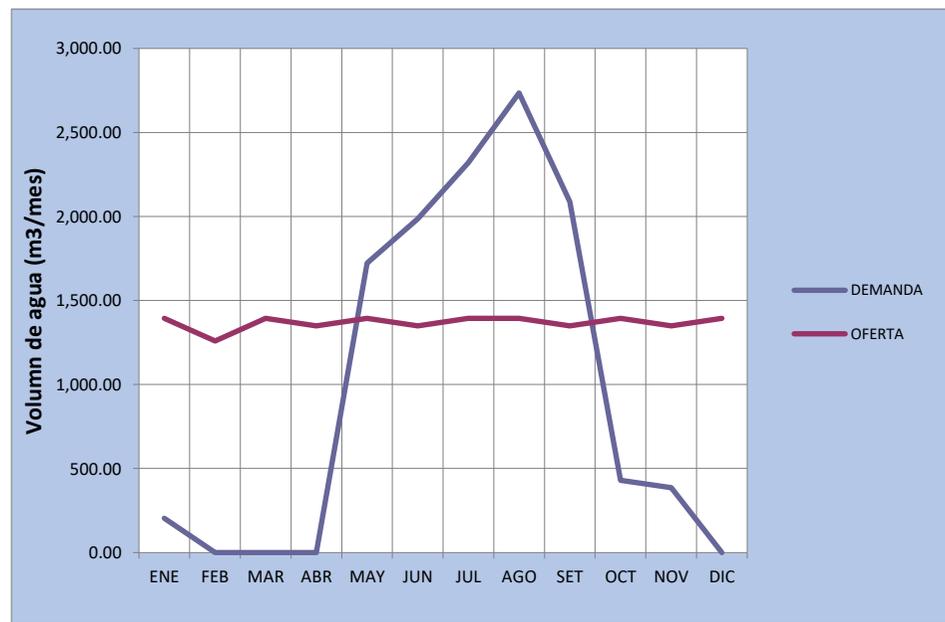
La demanda de agua requerida por los cultivos existentes en condiciones normales por gravedad no es cubierta por el caudal ofertante durante gran parte del año, existiendo un déficit hídrico en todas las parcelas del presente proyecto en los meses de Mayo a Setiembre, debido a que la dotación de agua de riego entregada a los agricultores es insuficiente y no alcanza a cubrir la demanda de los cultivos. Siendo el forraje (raygrass) el cultivo establecido en el GGE Luchadores por el Cambio, en esta época tienen agua solamente para subsistir, por lo que disminuyen su rendimiento grandemente.

Debido al mejoramiento de riego tecnificado, riego por aspersión, se puede apreciar que la demanda de agua requerida para el rye grass, es cubierta por la oferta disponible, existiendo un superávit en todo el año, lo que significa que se ha cubierto la brecha existente. Esta situación permite mejorar las plantaciones actuales, garantizando el requerimiento de láminas de riego durante los diferentes estados fenológicos.

Ello se logra con la eficiencia del riego a nivel de parcela, es decir mejorando la conducción y la aplicación de agua. La implementación permitirá cubrir la demanda de agua del cultivo.

Balance Hídrico, riego tradicional.

DESCRIPCION	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
DEMANDA	(m3/ha/mes)	203.71	0.00	0.00	0.00	1,722.00	1,985.71	2,318.86	2,735.14	2,088.57	429.14	385.71	0.00
OFERTA	(m3/ha/mes)	1,393.91	1,259.02	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,348.95	1,393.91
BALANCE	(m3/ha/mes)	1,190.20	1,259.02	1,393.91	1,348.95	-328.09	-636.77	-924.95	-1,341.23	-739.63	964.77	963.23	1,393.91



Balance Hídrico, riego por aspersión.

DESCRIPCION	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
DEMANDA	(m3/ha/mes)	95.07	0.00	0.00	0.00	803.60	926.67	1,082.13	1,276.40	974.67	200.27	180.00	0.00
OFERTA	(m3/ha/mes)	1,393.91	1,259.02	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,393.91	1,348.95	1,393.91	1,348.95	1,393.91
BALANCE	(m3/ha/mes)	1,298.84	1,259.02	1,393.91	1,348.95	590.31	422.28	311.78	117.51	374.28	1,193.64	1,168.95	1,393.91



e. Concepción del Proyecto.

El planteamiento del proyecto se ha generado a partir de los acuerdos tomados con los integrantes del Grupo de Gestión Empresarial Luchadores por el Cambio.

El diseño agronómico del sistema de riego ha sido planteado para reponer un consumo de máxima demanda de 12.36 mm para el cultivo Rye grass, con una frecuencia de riego de 3 días.

Para el planteamiento hidráulico de riego, el área del proyecto de 5.49 ha se ha dividido en 4 turnos de riego la siguiente secuencia de operación:

- ✓ Día N° 01: Se riegan los turnos I y II de manera consecutiva; el turno I realizara la operación con 4 válvulas y 93 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.43 ha; y el turno II realizara la operación de 4 válvulas de sector y 92 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.29 ha. Asimismo, se tendrá un tiempo máximo de 3.56 horas/turno y un tiempo máximo de riego de 7.12 horas por día, durante la operación del sistema.
- ✓ Día N° 02: Se riegan los turnos III y IV de manera consecutiva; el turno III realizara la operación con 5 válvulas y 97 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.36 ha; y el turno IV realizara la operación de 4 válvulas de sector y 100 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.41 ha. Asimismo se tendrá un tiempo máximo de 3.56 horas/turno y un tiempo máximo de riego de 7.12 horas por día, durante la operación del sistema.
- ✓ Día N° 03: Descanso.
El GGE captará las aguas del Canal Atunmayo por medio de una toma de captación parcelaria, desde donde se conducirán las aguas hacia un reservorio con una capacidad neta de 2,595 m³.

Asimismo, se plantea una unidad de bombeo de 5HP para regar las áreas del turno I, debido al poco desnivel existente entre el reservorio y parcelas del respectivo turno. Sin embargo, las áreas correspondientes a los turnos II, III y IV, utilizaran la energía potencial para presurizar el sistema de riego por aspersión, debido a los desniveles existentes entre el punto de descarga del reservorio y las parcelas a regar por el sistema; pero antes deberá pasar por un sistema de filtrado. Debido a que el empleo mayoritario de las aguas por el

sistema de riego se hará en épocas de estiaje, considerando el diámetro de boquillas de los aspersores a utilizar; se considera que la calidad de las aguas serán lo suficientemente buenas para prescindir del uso de un sistema de filtrado. En el cabezal de control solamente se ha previsto accesorios de control y protección, como una válvula de aire de doble efecto de 2" para permitir la expulsión y el ingreso de aire al inicio y final del riego, manómetros de glicerina para control de presiones, y accesorios de conexión en PVC.

En la red de conducción, distribución y portateral se ha considerado la instalación de válvulas de aire de 2" de doble efecto. La red de tuberías será de PVC Clase 5 con empalme mediante anillos de caucho del tipo unión flexible (UF) para los diámetros de 160, 110, 90, y 63mm, y PVC Clase 7.5 con empalmen del tipo unión espiga campana SP para el diámetro 1 ½". Además, se han considerado arcos de riego compuesta con válvulas oblicuas de 2" para un adecuado funcionamiento y control de presiones de los sectores de riego.

Se ha considerado un aspersor de ¾" con un diámetro de boquilla de 3.20 mm, un radio de alcance de 25.00 y un caudal nominal de 0.500 m³/h para una presión nominal de trabajo de 15 mca con espaciamiento entre aspersores y líneas de 12.0 m.

f. Esquema Hidráulico

Se presenta el esquema hidráulico del GGE Luchadores Por El Cambio. Las parcelas se han dividido 4 turnos de riego con un área similar por turno, contándose con los siguientes componentes principales: toma captación, reservorio, cabezal de control, tuberías de conducción y distribución, lateral de riego y aspersores. (Anexo 2.)

g. Diseño del Sistema de Riego

El diseño agronómico del sistema de riego consistió en determinar las características de los turnos de riego y su forma de operación. Para ello, se tomaron en cuenta diversos parámetros como el tipo de suelo, las necesidades de agua del cultivo propuesto. La necesidad de riego de diseño se da para las condiciones críticas, para las épocas de máxima demanda.

Diseño Agronómico

– Parámetros de Diseño

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

El Cuadro presentan los parámetros de operación del diseño agronómico del sistema de riego por aspersión para el GGE Luchadores Por El Cambio. Se tiene una precipitación horaria de 3.47 mm/hr, con un tiempo de riego de 7.12 horas diarias y 3.56 horas para cada turno, para una frecuencia de riego de 3 días. Para estas condiciones se tiene una capacidad del sistema de 34.72 m³/ha/hr.

Parámetros de Diseño – GGE Luchadores por el Cambio – 12m x 12m

Parámetros de Operación

Localización	Unidad	Valores	
Superficie	ha	5.49	
Relieve		media	
Fuente de agua		Canal Atunmayo	
Tipo de riego a emplear		Aspersión - Fijo	
Cultivo Principal		Pastos Naturales / Raygrass	
Tiempo máximo de Riego	horas/día	13.00	
Mes de maxima demanda		Agosto	
Eto en mes de max demanda	mm/día	3.33	
Kc en mes de máx demanda		1.00	
Etc máx	mm/día	3.33	
Precipitacion efectiva	mm/día	0.24	
Deficiencia de humedad		3.09	
Emisor (Aspersor)		Aspersores Circulares, P=1.5 bar, Boquilla 3.2mm, Q=0.500 m ³ /h, D=25m	
Eficiencia	%	0.75	
		FRECUENCIA DE RIEGO DIARIA	FRECUENCIA DE RIEGO 3 DIAS
Requerimiento de agua	(mm/día)	4.12	12.36
Dist. Entre laterales	m	12.00	12.00
Dist. Entre emisores	m	12.00	12.00
Nº de laterales	Nº	1.00	1.00
Q emisor	lph	500.00	500.00
Coef K del emisor		72.30	72.30
Coef X del emisor		0.50	0.50
Precipitación horaria del sistema (pph)	mm/hr	3.47	3.47
	m ³ /hr/ha	34.72	34.72
Tiempo de riego por turno	horas/día	1.19	3.56
Nº Turnos	Nº	10.96	3.65
Nº Turnos Optado por redondeo		9.00	9.00
Superficie máx. por válvula	has	0.30	0.30
Q Max/válvula	l/s	11.00	3.06
Area del Proyecto	has	5.49	5.49
Area promedio por turno	Has	0.61	0.61
Área máxima por turno	Has	0.30	22.00
Q Max/turno	l/s	3.06	0.00
Capacidad del sistema	m ³ /hr/ha	21.18	21.18
	lps	5.88	5.88
Presión nominal del emisor	mca	15.00	15.00
Presión mínima del emisor	mca	20.00	20.00
Presión máxima del emisor	mca	30.00	30.00
Desnivel topográfico	m	(-2,+2)	(-2,+2)
Presión de funcionamiento del sistema	m		

- Parámetros de Operación

Para este diseño contamos con planos a curvas a nivel sectorizado a nivel de cada beneficiario (parcelas) y los resultados obtenidos del diseño agronómico se sintetizan en el Cuadro - Parámetros de Operación del Sistema.

Una vez sectorizada el área agrícola, se determinó la longitud del lateral, longitud de porta laterales, obteniéndose el caudal del sector y el tiempo de riego.

Parámetros de Operación Sistema de Aspersión Fijo - Área de 5.49 has

Turno	Propietario	N°. Valvula	Area de Valv (ha)	Area por turno (ha)	N° Asperso	Caudal Valv (m3/h)	Caudal Valv (lps)	Q Turno (m3/h)	Q Turno (lps)	Precp.Horaria de Sistema (mm/hr)	Demanda de agua (mm/día) Frecuencia 3 días	Tiempo de riego (hr) Frecuencia 3 días	Tiempo de riego (hr) Frecuencia 3 días	Cultivo	Día
I	José Jesús Chilon Perez	1	0.260	1.43	17.00	8.67	2.41	47.43	13.18	3.47	12.36	3.56	3.56	Pasto Natural / Ray grass	1
	José Jesús Chilon Perez	2	0.290		19.00	9.69	2.69			3.47	12.36	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	José Jesús Chilon Perez	3	0.420		27.00	13.77	3.83			3.47	12.36	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	José Jesús Chilon Perez	4	0.460		30.00	15.30	4.25			3.47	12.36	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
II	Maria Clotilde Valdivia Chavez	5	0.280	1.29	20.00	10.00	2.78	46.00	12.79	3.47	4.12	3.56	3.56	Pasto Natural / Ray grass	
	Faustino Calua Teran	6	0.300		22.00	11.00	3.06			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	Faustino Calua Teran	7	0.310		22.00	11.00	3.06			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	Faustino Calua Teran	8	0.400		28.00	14.00	3.89			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
III	Sixto Calua Teran	9	0.250	1.36	18.00	9.00	2.50	48.50	13.48	3.47	4.12	3.56	3.56	Pasto Natural / Ray grass	2
	Sixto Calua Teran	10	0.250		18.00	9.00	2.50			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	Maria Clotilde Valdivia Chavez	11	0.280		20.00	10.00	2.78			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	Maria Clotilde Valdivia Chavez	12	0.280		20.00	10.00	2.78			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	Maria Clotilde Valdivia Chavez	13	0.300		21.00	10.50	2.92			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
IV	José Jesús Chilon Perez	14	0.320	1.41	23.00	11.50	3.19	50.00	13.89	3.47	4.12	3.56	3.56	Pasto Natural / Ray grass	
	José Jesús Chilon Perez	15	0.420		30.00	15.00	4.17			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	José Jesús Chilon Perez	16	0.360		25.00	12.50	3.47			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
	José Jesús Chilon Perez	17	0.310		22.00	11.00	3.06			3.47	4.12	3.56		Pasto Natural / Ray grass	
			5.49	5.49											3 Descanso

La operación del sistema de riego por aspersión está distribuida de la siguiente manera:

- ✓ Día N° 01: Se riegan los turnos I y II de manera consecutiva; el turno I realizara la operación con 4 válvulas y 93 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.43 ha; y el turno II realizara la operación de 4 válvulas de sector y 92 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.29 ha. Asimismo se tendrá un tiempo máximo de 3.56 horas/turno y un tiempo máximo de riego de 7.12 horas por día, durante la operación del sistema.
- ✓ Día N° 02: Se riegan los turnos III y IV de manera consecutiva; el turno III realizara la operación con 5 válvulas y 97 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.36 ha; y el turno IV realizara la operación de 4 válvulas de sector y 100 aspersores, irrigando un área total de riego de 1.41 ha. Asimismo se tendrá un tiempo máximo de 3.56 horas/turno y un tiempo máximo de riego de 7.12 horas por día, durante la operación del sistema.
- ✓ Día N° 03: Descanso.

h. Diseño Hidráulico

– Red de Conducción, Distribución, Tubería Matriz y Portalaterales:

Las tuberías seleccionadas son de PVC, de Unión Flexible para las Tuberías Norma ISO y de Unión Simple Presión para las tuberías Norma Itintec.

Para el diseño hidráulico de las Tuberías de PVC se ha tenido en cuenta las leyes que rigen el flujo de agua en tuberías a presión, empleándose las fórmulas de Hazen-Williams y Blasius para calcular las pérdidas de carga. Además, se ha considerado como criterio práctico que las velocidades se encuentren en el rango menor de 2.20 m/s.

Para la selección de la Clase de las tuberías de PVC, se ha tenido en cuenta el desnivel topográfico y la línea de presión producida.

Se ha elegido Tuberías Matrices (conducción) en los diámetros de 160, 110, 90 y 63 mm UF C-5. Los diámetros de las Tuberías Portalaterales son de 63 mm UF C-5 y de 1 ½” SP C-7.5.

Las tuberías tienen una longitud total de 5 metros para 1 ½ “de diámetro y 6 metros para todos demás los diámetros utilizados. La longitud útil varía de acuerdo a los diámetros de la tubería.

A lo largo de la red de conducción y distribución se instalarán válvulas de aire para ello se emplearán accesorios diversos de PVC como codos, tees y reducciones

Las longitudes y diámetros de las Tuberías Portalaterales en cada lote de riego están en función a las pérdidas de carga, así como de las velocidades críticas.

En los siguientes Cuadros se detalla las pérdidas de carga para las tuberías en los sectores críticos.

Cálculos hidráulicos-GGE LUCHADORES POR EL CAMBIO - Turno I a IV

Turno	Sector	Tramo	Caudal		Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Factor de Rugosidad (C)	Longitud (m)	Velocidad (m/seg)	Pérdida de Carga en Tubería Matriz			Desnivel Topográfico			Pérdida Total - Densivel (m)
			(l/s)	(m3/hr)						Pérdida por Fricción (m)	Pérdida en Accesorios (m)	Pérdida Total (m)	Cota inicial (m)	Cota final (m)	Desnivel (m)	
I	V1	R-A	13.18	47.45	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.73	0.06	0.00	0.06	2,940.00			
		A-B	13.18	47.45	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.73	0.06	0.00	0.06				
		B-V3/V4	5.10	18.36	110-C5.0	104.60	146.00	57.00	0.59	0.20	0.01	0.21				
		V3/V4-V1/V2	5.10	18.36	110-C5.0	104.60	146.00	47.00	0.59	0.17	0.01	0.17		2,940.00	0.00	0.51
											0.48	0.02	0.51			
II	V8	R-A	12.78	46.01	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.70	0.05	0.00	0.06	2,940.00			
		A-B	12.78	46.01	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.70	0.05	0.00	0.06				
		B-C	12.78	46.01	160-C5.0	152.00	150.00	89.00	0.70	0.27	0.01	0.28				
		C-V7	6.94	24.98	110-C5.0	104.60	146.00	27.00	0.81	0.17	0.01	0.18				
		V7-D	3.89	14.00	110-C5.0	104.60	146.00	27.00	0.45	0.06	0.00	0.06				
		D-E	3.89	14.00	90-C5.0	85.60	146.00	45.00	0.68	0.26	0.01	0.27				
		E-F	3.89	14.00	90-C5.0	85.60	146.00	25.00	0.68	0.14	0.01	0.15				
		F-G	3.89	14.00	90-C5.0	85.60	146.00	17.00	0.68	0.10	0.00	0.10				
		G-V8	3.89	14.00	90-C5.0	85.60	146.00	29.00	0.68	0.16	0.01	0.17		2,895.00	45.00	-43.68
										1.26	0.06	1.32				
	V5	R-A	12.78	46.01	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.70	0.05	0.00	0.06	2,940.00			
		A-B	12.78	46.01	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.70	0.05	0.00	0.06				
		B-C	12.78	46.01	160-C5.0	152.00	150.00	89.00	0.70	0.27	0.01	0.28				
		C-V6	5.83	20.99	110-C5.0	104.60	146.00	28.00	0.68	0.13	0.01	0.13				
		V6-V5	2.78	10.01	90-C5.0	85.60	146.00	25.00	0.48	0.08	0.00	0.08		2,910.00	30.00	-29.39
										0.58	0.03	0.61				
III	V9/V10	R-A	13.47	48.49	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.74	0.06	0.00	0.06	2,940.00			
		A-H	5.00	18.00	110-C5.0	104.60	146.00	65.00	0.58	0.22	0.01	0.23				
		H-V9/V10	5.00	18.00	110-C5.0	104.60	146.00	31.00	0.58	0.11	0.01	0.11		2,920.00	20.00	-19.59
										0.39	0.02	0.41				
	V13	R-A	13.47	48.49	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.74	0.06	0.00	0.06	2,940.00			
		A-B	8.47	30.49	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.47	0.03	0.00	0.03				
		B-C	8.47	30.49	160-C5.0	152.00	150.00	89.00	0.47	0.12	0.01	0.13				
		C-V6	8.47	30.49	110-C5.0	104.60	146.00	28.00	0.99	0.25	0.01	0.27				
		V6-V5	8.47	30.49	90-C5.0	85.60	146.00	25.00	1.47	0.60	0.03	0.63				
		V5-V12	5.69	20.48	90-C5.0	85.60	146.00	34.00	0.99	0.39	0.02	0.41				
		V12-V13	2.92	10.51	63-C5.0	59.80	146.00	38.00	1.04	0.73	0.04	0.76		2,893.00	47.00	-44.71
											2.18	0.11	2.29			
VI	V14	R-A	13.89	50.00	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.77	0.06	0.00	0.07	2,940.00			
		A-H	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	65.00	1.62	1.47	0.07	1.54				
		H-V9/V10	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	31.00	1.62	0.70	0.04	0.74				
		V9/V10-I	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	24.00	1.62	0.54	0.03	0.57				
		I-J	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	36.00	1.62	0.81	0.04	0.85				
		J-V14	3.19	11.48	63-C5.0	59.80	146.00	132.00	1.14	2.99	0.15	3.14		2,912.00	28.00	-21.09
											6.58	0.33	6.91			
	V17	R-A	13.89	50.00	160-C5.0	152.00	150.00	18.00	0.77	0.06	0.00	0.07	2,940.00			
		A-H	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	65.00	1.62	1.47	0.07	1.54				
		H-V9/V10	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	31.00	1.62	0.70	0.04	0.74				
		V9/V10-I	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	24.00	1.62	0.54	0.03	0.57				
		I-J	13.89	50.00	110-C5.0	104.60	146.00	36.00	1.62	0.81	0.04	0.85				
		J - V15	10.69	38.48	90-C5.0	85.60	146.00	45.00	1.86	1.67	0.08	1.75				
		V15 - V16	6.53	23.51	90-C5.0	85.60	146.00	60.00	1.13	0.89	0.04	0.93				
		V16 - V17	3.06	11.02	63-C5.0	59.80	146.00	53.00	1.09	1.11	0.06	1.16		2,892.00	48.00	-40.39
									7.25	0.36	7.61					

Requerimiento de Presión del sistema

DESCRIPCIÓN	I	II	III	IV	V	VI	VII
	V1	V8	V5	V9/V10	V13	V14	V17
Presión mínima del emisor	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Pérdida de carga por fricción en matrices	0.48	1.26	0.58	0.39	2.18	6.58	7.25
Pérdida por accesorios en matrices (5%)	0.02	0.06	0.03	0.02	0.11	0.33	0.36
Desnivel topográfico	0.00	45.00	30.00	20.00	47.00	28.00	48.00
Pérdidas de carga en cabezal de riego	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pérdidas de carga en arcos de riego	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de seguridad (5%)	0.58	0.87	0.83	0.82	0.91	1.15	1.18
Altura dinámica total (ADT)	13.08	-25.81	-11.56	-1.77	-26.80	-2.95	-22.21

Requerimiento de Potencia para el Turno I

DESCRIPCION	UND	TURNO I
Caudal	(l/s)	13.18
	(m3/h)	47.45
ADT Calculado	(mca)	15.00
Potencia estimada de motobomba *	(HP)	5.27
Potencia Comercial de Motobomba*	(HP)	5.50
	(kw)	4.10
(*)Eficiencia estimada en motobomba :		50.00%

i. Diseño Hidráulico a Nivel Parcelario

➤ Laterales de Riego

Se ha diseñado con un distanciamiento de aspersores a 12.00 m. El diseño hidráulico ha sido concebido considerando el tipo de sistema (fijo), la presión nominal es de 15 mca.

Los laterales de riego para el sistema fijo es tubería 1" y accesorios para la conexión del aspersor, el lateral más largo es de 84 metros, se ha considerado por línea 7 aspersores, con un caudal por aspersor de 0.50 m3/hr.

➤ Hidrantes (Arcos de Riego)

Los arcos de riego nos permiten conectar las tuberías porta laterales a la tubería matriz. De esta manera es posible delimitar y controlar los diferentes lotes o unidades de riego. Luego de efectuarse la sectorización de los predios se ha obtenido 17 unidades totales. Cada una de las unidades será controlada por un arco de riego.

j. Descripción de los Componentes que forman Parte del Sistema de Riego

El Proyecto está concebido considerando la construcción de obras comunes y de obras parcelarias del sistema de riego presurizado por aspersión y cuyo detalle de los principales componentes se presenta a continuación:

➤ **Toma de captación:**

La Toma de Captación proyectada será construida en concreto armado $f'c=175$ kg/cm², así mismo se tendrá una compuerta metálica.

➤ **Reservorio:**

Con la finalidad de almacenar, regular y distribuir las aguas hacia los sectores de riego se construirá un reservorio excavado e impermeabilizado con arcilla $e=15$ cm, el cual tendrá un volumen neto de almacenamiento de 2,596 m³, asimismo esta infraestructura se llenará de acuerdo al rol de distribución. Además, el reservorio esta complementada por un canal de rebose, una tubería de salida de PVC 160mm (6") y válvula compuerta de purga de 6" y válvula compuerta de descarga de 6".

➤ **Unidad de Bombeo:**

El proyecto según los cálculos hidráulicos ha previsto en emplear una motobomba centrifuga de 5.5 HP con un ADT de 15 m.c.a y una capacidad de 13.18 l/s, para suplir la falta de presión dinámica en las unidades de riego comprendidas dentro del turno I.

➤ **Cabezal de control:**

Con la finalidad de controlar y regular la distribución de las aguas hacia los sectores de riego se ha planteado la instalación de un cabezal de control, el cual estará conformado por una válvula mariposa de 6", válvula check horizontal de 4", caudalímetro de 4", manómetro de glicerina 0-6 bar, válvula de aire doble efecto de 2" y tubería de PVC-UF C-10 de 160mm.

➤ **Tuberías de Conducción, Distribución y Portalateral:**

Las redes de conducción, distribución y portalaterales conducen el agua desde el cabezal de control a cada uno de los sectores de riego. En el diseño se han utilizado tuberías de PVC con uniones flexibles - Clase 5.0 para los siguientes diámetros nominales 160, 110, 90 y 63mm; y tuberías de PVC con uniones flexibles – Clase 7.5 para el diámetro de 1 ½". Además, estarán complementados con accesorios de conexión inyectados y/o maquinados, lubricantes, limpiador y pegamento PVC.

➤ **Válvulas de aire de 2”:**

Con la finalidad de realizar la purga de aire en las redes de tuberías, se ha considerado en puntos estratégicos a nivel de red de distribución la instalación de 5 válvulas de aire de 2” del tipo doble efecto.

➤ **Arcos de riego:**

Los arcos de riego nos permiten conectar las tuberías porta laterales a la tubería matriz. De esta manera es posible delimitar y controlar de manera manual los diferentes lotes o unidades de riego. El proyecto contempla la instalación de 17 arcos de riego de 2” y cada arco estará compuesto por una válvula de oblicua de polipropileno de 2”.

➤ **Laterales de Riego:**

El diseño hidráulico ha sido concebido considerando un sistema fijo, la presión nominal de los aspersores es de 15 m.c.a.; Los laterales de riego están conformados por tubería de PVC con unión simple pegar de Clase 7.5 para el diámetro de 1”, sobre el cual se conectará abrazaderas de polipropileno de 1” x ¾” y elevadores de tubería de PVC-SP C-10 de ¾” para la conexión con los aspersores de ½”. Asimismo el lateral de riego tiene una longitud máxima de 84, considerado como máximo siete (7) aspersores, con un caudal operación máximo por lateral de 3,500 l/h (0.97 l/s).

k. Plan de Capacitación en Operación y Mantenimiento

Implementación del Plan de Capacitación y Mantenimiento del Sistema de Riego durante una campaña agrícola.

Metodología

Elaborar un manual de operación y mantenimiento del sistema de riego. La capacitación comprenderá de módulos o temas (fichas didácticas), que permitirán ir avanzando en la capacidad de operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión.

El trabajo se realizará a través de talleres prácticos de explicación del concepto a transferir, apoyados por el manual o ficha correspondiente, para lo cual se formará un grupo de trabajo, no obstante se pueden realizar con cada agricultor en su predio.

Desarrollo del Plan de Capacitación

Se efectuará desde culminado la instalación del sistema, durante el periodo que dure la primera campaña. El contenido programático por cada módulo de capacitación será:

Modulo N° 1

- Familiarización con el sistema de riego.
- Componentes del sistema de riego.
- Operación del sistema de riego.
- Regulación y medición de presiones.

Modulo N° 2

- Mantenimiento del desarenador, y reservorio.
- Mantenimiento de las válvulas.

Modulo N° 3

- Necesidades de agua de los cultivos.
- Determinación de la lámina de riego.
- Programación del Riego.
- Preparación de la solución de fertilizantes.

Modulo N° 4

- Mantenimiento los aspersores.
- Mantenimiento de la red de tuberías.

Modulo N° 5

- Operación del sistema para regar en forma intermitente.
- Medición de caudales en el cabezal y en el campo.
- Calculo de la eficiencia de aplicación del sistema de riego.

Modulo N° 6

- Repaso general.
- Fallas y reparaciones más comunes del sistema de riego

VI. CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de riego por aspersión, y con una operación adecuada la eficiencia de aplicación de riego aumentara a 75%, mejorando el riego actual, riego por gravedad, que tiene una eficiencia de aplicación de riego de 35%.
- Para facilitar el manejo, se utiliza técnicas de riego en las parcelas dividiendo en 04 turnos de riego, las 5.49 ha del sistema de riego por aspersión, el cual deberá ser regado en un día.
- Para la sostenibilidad del mejoramiento del sistema de riego se formula, en diferentes módulos, temas a tratar para la operación y mantenimiento del sistema de riego presurizado, con capacitación adecuada a los usuarios y destinar utilidades netas para costear los gastos de operación y mantenimiento.
- El diseño planteado garantizara el riego de 5,49 ha en el periodo más crítico en el sector Llushcapampa Baja, Comisión de Usuarios Atunmayo, de la Junta de Usuarios Mashcón.
- El diseño propuesto permite cubrir la máxima demanda de agua de los cultivos planteados de modo que se tenga al menos 5,49 ha de cultivo en todo el año, que permitan el sustento de animales menores y a su vez mejorar la calidad alimenticia de los pobladores de la zona.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la instalación del sistema de riego por aspersión deberá ser encargado a una empresa especializada en el tema o a la empresa proveedora de los equipos y materiales de riego por aspersión hasta su óptimo funcionamiento.
- Por consiguiente, una vez instalado el sistema de riego por aspersión la operación debe confiarse a personas responsables y capacitadas para este fin (el casetero), del mismo modo se recomienda seguir un programa de operación y mantenimiento del sistema planteado.
- El sistema y los equipos de riego por aspersión deben ser revisados y reparados oportunamente a fin de evitar mayores daños al sistema.
- Para garantizar el buen funcionamiento del sistema es necesario que los usuarios estén bien organizados y en capacitación constante para la operación y mantenimiento.
- También procurar dejar de regar en horas de fuertes vientos, porque la uniformidad de aplicación será fuertemente afectada, reduciendo la eficiencia de aplicación de riego.
- Asimismo, instalar en los campos, barreras vivas que corten el viento. Esto disminuirá el efecto del viento durante el riego, las heladas durante la noche y disminuir la eficiencia de riego.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tarjuelo, José María – BENITO. 1999. “*El riego por aspersión y su tecnología*”. 2da Ed. Editorial Mundi Prensa. 569p.
2. Pizarro, Fernando. 1996. “*Riego Localizado de alta frecuencia*”. 3ra Ed. Editorial Mundi Prensa 511 pp.
3. Anten, Michiel y Willet, Has. 2000. “*Diseños de pequeños sistemas de riego por aspersión en laderas*”. Pronamach- Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV). 61p.
4. Vásquez, Absalón; Vásquez Issaak; Vílchez Guillermo. 1992. “*Principios Básicos del Riego*”. FIA-UNALM.
5. FONCODES 2014. “*Pequeños sistemas de riego por aspersión a nivel familiar*”. Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-12114
6. PSI 2013. “*Componente B - Tecnificación Del Riego Parcelario- SNIP 273662*”. MINAGRI-PSI 2013.
7. Fuentes, José Luis. 1998. “*Técnicas de riego*”. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 471p
8. FAO. 2006. “*Evapotranspiración del cultivo*” Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos actualizado. 277p.

IX. ANEXOS

1. Evaluación de laboratorio físico químico de Agua (Canal Atunmayo) y Suelo (Sector Llushcapampa).
2. Plano Esquema Hidráulico del sistema de Riego Tecnificado por Aspersión.

1) Evaluación de laboratorio físico químico de Agua



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

SALVADOR PEÑA N° 659 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE CELULAR - 074 - 979290749
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI
CODIGO CONSUCODE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

SOLICITANTE : GGE LUCHADORES POR EL CAMBIO

LUGAR : Llushcapampa - Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

FECHA : 18-05-2013

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELOS

M.	Ao %	Ar %	Li %	TEXTURA	C.E mh/cm	PH	CC %	PMP %	N %	P PPM	K PPM
1	65.217	19.357	15.426	FrAo	0.62	7.03	16.86	9.04	0.2471	2.9	280

C.E : Bajo

PH : Neutro

N : Promedio Medio

P : Bajo

K : Bajo

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE AGUA

M	C.E uS/cm	PH	mg/litro							
			Co 3	Hco 3	Cl	So 4	Ca	Mg	Na	K
C..ATUNMAYO	550	6.99	—	0.8	1.0	3.5	2.3	2.0	1.0	0.4

C.E : BAJA

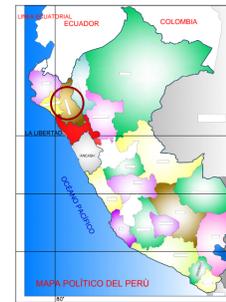
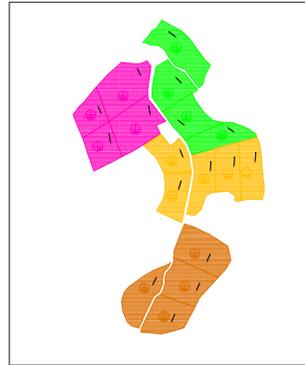
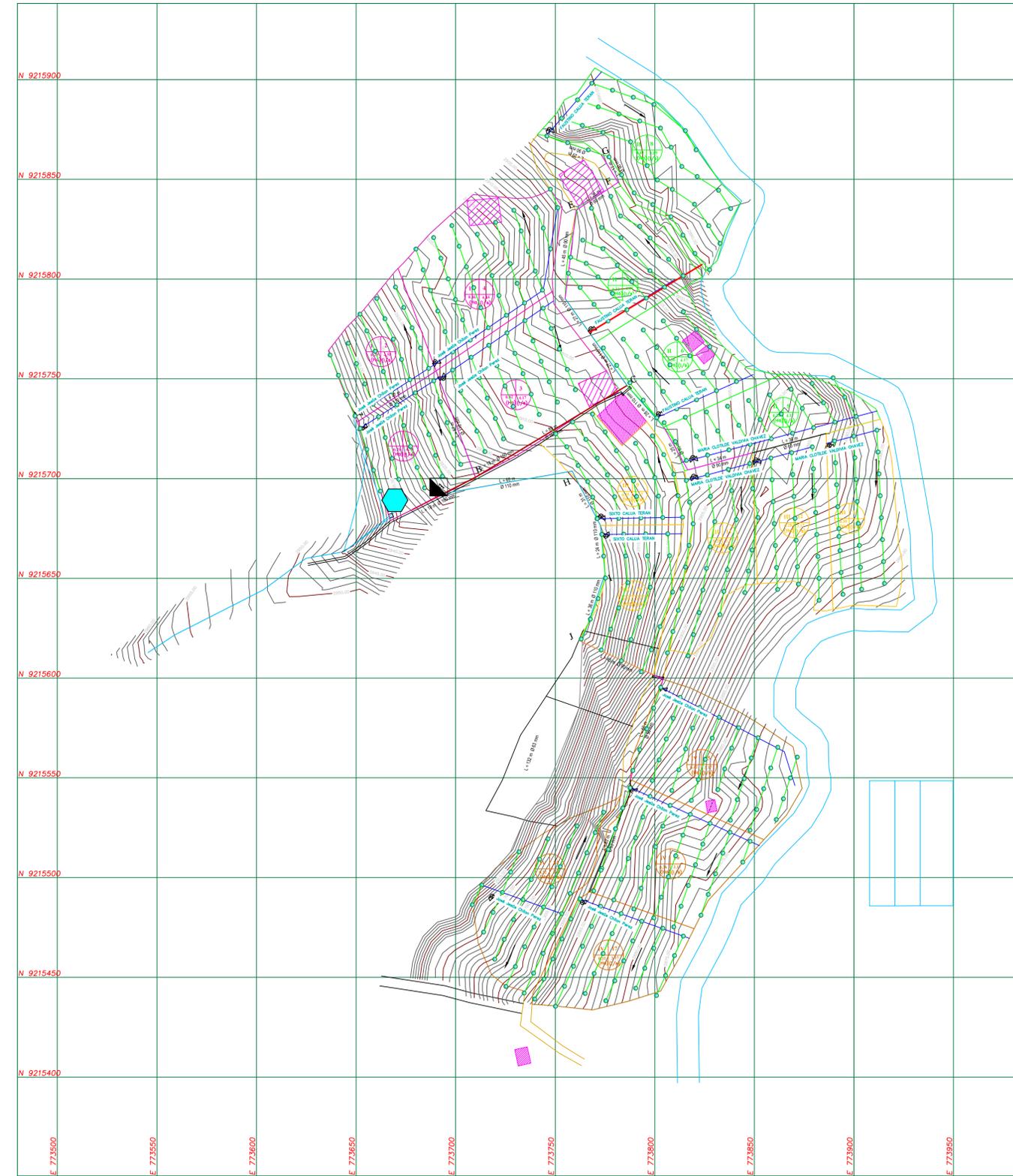
PH : NO ACIDO

Leonidas Murza Vásquez
TECNICO LABORATORISTA



José Julio Sernaquie Sosa
INGENIERO CIVIL
RREG C I P 85138

PLANO DE DISTRIBUCION DE LOS TURNOS DE RIEGO



LEYENDA	
	Fuente de Agua
	Turno I
	Turno II
	Turno III
	Turno IV
	Sentido del Riego
	Valvula
	Ø 160 mm - 6" C-5 PVC
	Ø 110 mm - 4" C-5 PVC
	Ø 90mm - 3" C-5 PVC
	Ø 63mm - 2" C-5 PVC
	Ø 63mm - 2" C-5 PVC Porta
	Curvas a Nivel
	Cabezal de Riego

Localización	Unidad	Valores
Superficie	ha	5.49
Relieve	media	
Fuente de agua		Canal Atumayo
Tipo de riego a emplear		Aspersión - Fijo
Cultivo Principal		Pastos Naturales / Raygones
Tiempo máximo de Riego	hora/día	13.00
Mes de máxima demanda		Agosto
Eto en mes de max. demanda	mm/día	3.33
Kc en mes de máx. demanda		1.00
Eto máx	mm/día	3.33
Precipitación efectiva	mm/día	0.24
Deficiencia de humedad		3.09
Emisor (Aspersor)		Aspersores Circulares, P=1.5 bar, Boquilla 3.2mm, Q=0.500 m ³ /h, D=25m
Eficiencia	%	0.75
Raquerimiento de agua	(mm/día)	4.12
Dist. Entra laterales	m	12.00
Dist. Entre emisores	m	12.00
Nº de laterales	Nº	1.00
Q emisor	lph	500.00
Coef K del emisor		72.30
Coef X del emisor		0.50
	mm/hr	3.47
Precipitación horaria del sistema (pCh)	mm/hr	34.72
Tiempo de riego por turno	hora/día	1.19
Nº Turnos	Nº	10.96
Nº Turnos Optado por redondeo		9.00
Superficie máx. por válvula	has	0.30
Q Máx/válvula	l/s	11.00
Área del Proyecto	has	5.49
Área promedio por turno	has	0.61
Área máxima por turno	has	0.30
Q Máx/turno	l/s	3.06
Capacidad del sistema	m ³ /hr	21.19
	l/s	5.88
Presión nominal del emisor	mca	15.00
Presión mínima del emisor	mca	20.00
Presión máxima del emisor	mca	30.00
Desnivel topográfico	m	(-2,+2)
Presión de funcionamiento del sistema	m	

Turno	Propietario	Nº Válvula	Área de Válv (ha)	Área por turno (ha)	Nº Asperso	Caudal Válv (m ³ /h)	Caudal Válv (l/s)	Q Turno (m ³ /h)	Q Turno (l/s)	Prep. Horaria de Sistema (mm/hr)	Demanda de agua (mm/día)	Tempo de riego (hr)	Tempo de riego (hr)	Cultivo	
I	Jose Jesus Chilon Perez	1	0.260	1.40	17.00	8.67	2.41	47.43	13.18	3.47	4.12	1.19	1.19	Pasto Natural / Ray grass	
	Jose Jesus Chilon Perez	2	0.290		19.00	9.98	2.89			3.47	4.12				1.19
	Jose Jesus Chilon Perez	3	0.420		27.00	13.77	3.83			3.47	4.12				1.19
	Jose Jesus Chilon Perez	4	0.460		30.00	15.30	4.25			3.47	4.12				1.19
II	Maria Clotilde Valdivia Chavez	5	0.280	1.29	20.00	10.00	2.78	48.00	12.79	3.47	4.12	1.19	1.19	Pasto Natural / Ray grass	
	Faustino Calua Teran	6	0.300		22.00	11.00	3.06			3.47	4.12				1.19
	Faustino Calua Teran	7	0.310		22.00	11.00	3.06			3.47	4.12				1.19
	Faustino Calua Teran	8	0.400		28.00	14.00	3.89			3.47	4.12				1.19
III	Sixto Calua Teran	9	0.260	1.36	18.00	9.00	2.53	48.50	13.48	3.47	4.12	1.19	1.19	Pasto Natural / Ray grass	
	Sixto Calua Teran	10	0.260		18.00	9.00	2.53			3.47	4.12				1.19
	Maria Clotilde Valdivia Chavez	11	0.280		20.00	10.00	2.78			3.47	4.12				1.19
	Maria Clotilde Valdivia Chavez	12	0.280		20.00	10.00	2.78			3.47	4.12				1.19
IV	Jose Jesus Chilon Perez	13	0.300	1.41	21.00	10.50	2.92	50.00	13.89	3.47	4.12	1.19	1.19	Pasto Natural / Ray grass	
	Jose Jesus Chilon Perez	14	0.320		23.00	11.50	3.19			3.47	4.12				1.19
	Jose Jesus Chilon Perez	15	0.420		30.00	15.00	4.17			3.47	4.12				1.19
	Jose Jesus Chilon Perez	16	0.360		25.00	12.50	3.47			3.47	4.12				1.19
		17	0.310	22.00	11.00	3.06	3.47	4.12	1.19						
						5.49							16.88		

Nº	BENEFICIARIO	DNI	AREA PROYECTO
1	SIXTO CALUA TERAN	26692661	0.50
2	FAUSTINO CALUA TERAN	07639371	1.01
3	JOSE JESUS CHILON PEREZ	26619443	2.84
4	MARIA CLOTILDE VALDIVIA CHAVEZ	26607734	1.14
TOTAL			5.49