

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA



**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
FERTILIZANTES Y EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN
TRES TIPOS DE GOTEROS USANDO UN INYECTOR DE
PISTONES”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO
DE INGENIERO AGRICOLA**

JORGE LUIS PALMA MOSCOSO

LIMA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
FERTILIZANTES Y EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN
TRES TIPOS DE GOTEROS USANDO UN INYECTOR DE
PISTONES”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO
DE INGENIERO AGRICOLA**

JORGE LUIS PALMA MOSCOSO

.....
Mg. Sc. Guillermo Clemente Aguilar Giraldo

PRESIDENTE

.....
Ing. Antonio Celestino Enciso Gutiérrez

ASESOR

.....
Dr. Josué Elizer Alata Rey

MIEMBRO

.....
Ing. José Bernardino Arapa Quispe

MIEMBRO

.....
Ing. Fernando Paz Zagaceta

CO-ASESOR

DEDICATORIA

A Raquel Moscoso, Mariano Palma y mis queridas hermanas.

AGRADECIMIENTO

A mi patrocinador de tesis, Ing. Antonio C. Enciso Gutierrez y mi Co – Asesor, Ing. Fernando Paz Zagaceta, por la colaboracion con sus conocimientos y en especial por el tiempo brindado en cada una de las consultas durante toda investigacion.

A mis jurados : Ing. Jose B. Arapa Q., Mg. Sc. Guillermo C. Aguilar G., Mg.Sc. Jose E. Alata R., por su colaboracion y tiempo prestado al momento de la correccion tanto del proyecto de tesis y la tesis, y en especial por la motavacion de sus palabras.

Al Ing. Hugo Palma M. por darme la oportunidad de realizar experimentos relacionados con mi tema de tesis en sus predios y con sus equipos que ayudaron para que esta investigacion tenga éxito.

Al tecnico de riegos: Alan Santibañez, por su ayuda desinteresada en la instalacion de la parcela demostrativa, toma de datos y por su gran y noble amistad brindada a mi persona.

A mis amigos que ayudaron de una u otra manera durante la investigacion : Daniel , tesistas del Ing. Paz, Deysi Bustamante, Alexandra Palma, trabajadores de la facultad de Ing. Agricola, trabajdores de servicios generales y en especial a la señorita Emma Westreicher D. por acompañarme durante toda la investigacion , por toda su confianza y gran amor.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos	2
II.	REVISION DE LA LITERATURA.....	3
2.1	Riego por goteo.....	3
2.2	Componentes del riego por goteo	3
2.2.1	Fuente de agua.....	3
2.2.2	Cabezal de riego.....	4
2.2.3	Red de tuberías.....	5
2.2.4	Tipo de goteros.....	6
2.3	Características hidráulicas de los goteros	7
2.3.1	Relación caudal presión en los goteros	9
2.3.2	Uniformidad de fabricación de los goteros	12
2.3.3	Coefficiente de uniformidad.....	15
2.3.4	Sensibilidad a las obstrucciones.....	15
2.4	Fertirriego	16
2.4.1	Ventajas y desventajas del fertirriego	17
2.4.2	Métodos de fertirrigacion	18
2.4.3	Sistemas de inyección de fertilizantes.....	20
2.4.4	Bomba de pistones	24
2.4.5	Factores que influyen en el fertirriego	25
2.4.6	Fertilizantes utilizados en fertirrigacion.....	31
III.	MATERIALES Y METODOS.....	37
3.1	Materiales y equipos	37
3.1.1	Ubicación de la zona de estudio.....	37
3.1.2	Características técnicas de la parcela de estudio.....	37
3.1.3	Características climáticas de la zona experimental	38
3.1.4	Análisis de agua	38
3.1.5	Análisis del suelo	39
3.1.6	Equipos y accesorios	41
3.2	Metodología:.....	45

3.2.1	Diseño e instalación de la parcela experimental acoplado una bomba fumigadora como equipo de fertirriego.....	45
3.2.2	Evaluación del CU de las subunidades a diferentes presiones y la uniformidad de la concentración de fertilizante	53
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	59
4.1.	Resultado del diseño e instalación de la parcela experimental acondicionando una bomba fumigadora como equipo de inyección de fertilizante	59
4.1.1	Resultado de diseño e instalación de la parcela experimental	59
4.1.2	Resultados del acondicionamiento de la bomba y motor como equipo de fertirrigacion y su uso en las subunidades de experimentación	60
4.2	Resultado de la evaluación del coeficiente de uniformidad y concentración de fertilizante en los goteros de análisis	61
4.2.1	Resultado de la evaluación del CU caudales usando la bomba fumigadora	62
4.2.2	Resultado de la uniformidad de la concentración de fertilizante en el agua en las subunidades.....	63
4.2.4	Otros resultado de la uniformidad de la concentración de fertilizante en el suelo	65
4.3.	Discusión de resultados	66
V.	CONCLUSIONES.....	67
VI.	RECOMENDACIONES	68
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	69
VIII.	ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variación de la viscosidad dinámica y densidad del agua y efectos de la temperatura ⁸	
Tabla 2: Clasificación de regímenes hidráulicos de acuerdo al número de Reynolds	8
Tabla 3: Exponentes de descarga de los tipos de emisores	10
Tabla 4: Clasificación de emisores ISO 9261 para CV	14
Tabla 5: Clasificación para la CV según normas ASAE EP 405.1	14
Tabla 6: Clasificación de los goteros según el coeficiente de variación	14
Tabla 7: Clasificación de uniformidad de descarga de los goteros según el C.U.....	15
Tabla 8: Sensibilidad a las obstrucciones de acuerdo al diámetro mínimo de paso.....	16
Tabla 9: Características hidrodinámicas de los suelos en función de su textura.....	26
Tabla 10: Relación entre la textura y la capacidad de intercambio catiónico de los suelos	26
Tabla 11: Tolerancia de algunos cultivos a la salinidad del extracto de saturación del suelo	28
Tabla 12: Solubilidad de principales fertilizantes a distintas temperaturas.....	34
Tabla 13: Datos meteorológicos mensuales	38
Tabla 14: Análisis físico químico del agua	39
Tabla 15: Resultado de análisis de suelos	40
Tabla 16: Características técnicas de la bomba	41
Tabla 17: Características técnicas del goteros Azud premier pc	43
Tabla 18: Características técnicas del gotero Naandanjain J – Turbo Keyplus.....	44
Tabla 19: Características técnicas del gotero Azud Sprint.....	44
Tabla 20: Subunidades de la parcela experimental	59
Tabla 21: Presión de trabajo de la bomba fumigadora en cada subunidad.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Caseta de bombeo	5
Figura 2: Red de tuberías.....	6
Figura 3: Curva característica de goteros a diferentes regímenes hidráulicos	11
Figura 4: Métodos de fertirriego.....	20
Figura 5: Tanque de fertilización o abonado	21
Figura 6: Sistema de inyección Venturi	22
Figura 7: Bomba dosificadora eléctrica.....	24
Figura 8: Bomba dosificadora hidráulica	24
Figura 9: Influencia del pH sobre la disponibilidad de los nutrientes	29
Figura 10: Guía para la interpretación del agua en el riego.....	30
Figura 11: Forma de describir a los fertilizantes	32
Figura 12: Compatibilidad de los fertilizantes solubles utilizados en fertirriego.....	35
Figura 13: Ubicación geográfica del área destinada a las parcelas experimentales	38
Figura 14: Bomba fumigadora estacionaria	42
Figura 15: Motor diesel de 3.5 HP utilizado en el proyecto.....	42
Figura 16: Tractoreo y limpieza de parcela	46
Figura 17: Replanteo de la parcela experimental	47
Figura 18: Excavación de zanjas	47
Figura 19: Instalación de arcos de riego.....	48
Figura 20: Instalación de válvula de acople para fertirrigacion	48
Figura 21: Instalación de accesorios.....	49
Figura 22: Equipo de inyección armado.....	50
Figura 23: Esquema de la bomba de fumigacion como equipo de fertirriego en las subunidades	51
Figura 24: Esquema de toma de datos según Merrian y Keller.....	53
Figura 25: Evaluación del C.U de las subunidades sin ningún equipo de inyección	54
Figura 26: Evaluación del pH y C.E en el agua usando el equipo de inyección de fertilizante	57
Figura 27: Análisis de la muestra de suelo tomado en el campo.....	57
Figura 28: Evaluación del pH y C.E del suelo sin uso del equipo de fertirriego	58
Figura 29: Parcela experimental instalada lista para la toma de datos	59
Figura 30: Acoplamiento final de la bomba y motor como equipo inyector.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: analisis fisico – quimico del agua	74
Anexo 2 analisis fisico quimico del suelo	75
Anexo 3: informacion tecnica del gotero azud premier pc.....	76
Anexo 4: informacion tecnica del gotero naandanjain j . turbo key plus	77
Anexo 5: informacion tecnica del gotero azud sprint.....	78
Anexo 6: marco fotografico de equipo, accesorios y labores realizadas.....	79
Anexo 7: datos de la evaluacion de la bomba fumigadora en las subunidades	82
Anexo 8: datos de la evaluacion del cuq en las subunidades	83
Anexo 9: materiales para la instalacion de la parcela experimental.....	107
anexo 10: plano de la parcela experiemetal.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS

Acrónimo

AC	Auto compensante
CE	Conductividad eléctrica
CUq	Coefficiente de Uniformidad
CU	Conductividad eléctrica
FIA	Facultad de Ingeniería Agrícola
NC	No compensante
N°	Numero
pH	Potencial de hidrogeno
UNALM	Universidad Nacional Agraria la Molina

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en emplear un equipo de fertirriego no convencional (bomba fumigadora) basado en pistones para evaluar los coeficientes de uniformidad de riego y la uniformidad de concentración en las muestras de agua que emitieron los goteros de tres módulos de riego de alta frecuencia (subunidad), instalando para este fin una parcela demostrativa con tres subunidades de riego dentro del campo experimental de la FIA en la UNALM (Lima). Cada sub unidad utilizó emisores de riego diferente: en la subunidad N°1 tubería integrada de alto espesor con goteros autocompensantes Azud Premier pc 2.3 l/h, subunidad N°2 goteros de botón no compensantes Naandanjain J- Turbo keyplus 2 l/h y en la subunidad N°3 tubería integrada de bajo espesor con goteros no compensantes Azud Sprint 1.6 l/h; en cada una de las sub unidades se instaló una válvula de acople para adicionar fertilizante mediante una bomba fumigadora marca Lucatti. El promedio de resultados del coeficiente de uniformidad de las subunidades sin uso del equipo de inyección fue: Sub unidad con goteros Azud Premier pc 93.45%, Subunidad con goteros Naandanjain J.P 88.87%, Sub unidad con goteros Azud Sprint. 83.48%; el promedio de los resultados del coeficiente de uniformidad de las subunidades usando el equipo de inyección fue:Sub unidad con goteros Azud Premier pc 94.22%, Subunidad con goteros Naandanjain J.P 89.57%, Sub unidad con goteros Azud Sprint. 85.1%, con respecto a la concentración de fertilizante se determinó el PH y la C.E que emitieron los goteros en análisis obteniendo una uniformidad para el PH Y C.E para Sub unidad con goteros Azud Premier de 95.71% y 95.37%, respectivamente; en la Subunidad con goteros Naandanjain fue de 94.04% y 92.77% respectivamente y por último en la Subunidad con goteros Azud Sprint fue un promedio de 93.23% y 92.89% respectivamente.

Palabras claves: Coeficiente de uniformidad, riego por goteo, equipo de fertirriego.

ABSTRACT

The present research work consisted in evaluating the uniformity coefficient and the uniformity of fertilizer concentration of three subunits of drip irrigation, using in the analysis an unconventional fertilizer injection equipment (fumigant pump) carried out in a plot installed for this purpose within the experimental field of the FIA in the UNALM (Lima). Each sub unit used different irrigation emitters: in sub-unit No. 1 integrated high-thickness pipe with self-compensating drippers (Azud Premier pc 2.3 l / h), subunit No. 2 non-compensating button drippers (Naandanjain J- Turbo keyplus 2 l / h) and in sub-unit No. 3 integrated low-thickness pipe with non-compensating drippers (Azud Sprint 1.6 l / h). A fumigating pump was coupled as a fertilizer injection equipment in the subunits. The average results of the uniformity coefficient of the subunits without use of the injection equipment were: Sub unit with Azud Premier PC droppers 93.45%, Subunit with Naandanjain droppers J.P 88.87%, Sub unit with Azud Sprint droppers. 83.48%; the average of the results of the uniformity coefficient of the subunits using the injection equipment was: Sub unit with droppers Azud Premier pc 94.22%, Subunit with drippers Naandanjain J.P 89.57%, Sub unit with Azud Sprint droppers. 85.1%, with respect to the concentration of fertilizer was determined the pH and C.E that emitted the drippers in analysis obtaining a uniformity for the PH and C.E for Sub unit with Azud Premier drippers of 95.71% and 95.37%, respectively; in the subunit with Naandanjain drippers it was 94.04% and 92.77% respectively and finally in the subunit with Azud Sprint drippers it was an average of 93.23% and 92.89% respectively

keywords: Uniformity coefficient, drip irrigation, fertigation equipment.

I. INTRODUCCION

El riego localizado se caracteriza por una alta eficiencia en el uso del agua, posibilitando además una mayor precisión en las aplicaciones del agua, fertilizantes y pesticidas bajo adecuadas condiciones de diseño (Pedras & Pereira, 2001; Holzapel et al., 2001)

Si bien es cierto que la implementación de sistemas de riego tecnificado en el Perú se está dando de manera creciente tanto por empresas grandes dedicadas al rubro agrícola como por medianos y pequeños agricultores, pero solo los primeros implementan sistemas de riego con sistemas sofisticados de fertirrigación, esta realidad se da por diversos motivos pero los más importantes son los siguientes factores: económico, técnico y desconocimiento. Dentro de los factores técnicos y desconocimiento están la falta de información o capacitación a los agricultores sobre nuevas o innovadoras tecnologías usadas en la fertilización de cultivos a eso sumada la escasa investigación y/o estudios técnico económicos por parte de los estudiantes y profesionales del rubro agrícola en general.

Este trabajo plantea un equipo de fertirriego no convencional, específicamente en la inyección de fertilizante, siendo esta una bomba fumigadora que trabaja en base a pistones el cual se utiliza para la fumigación foliar ; por tanto se propone realizar la inyección de fertilizante con dicho equipo a tres subunidades de riego (parcelas demostrativas), cada una de ellas con distintos tipos de emisores de riego, a estas subunidades se les determinara el coeficiente de uniformidad y la uniformidad de la concentración de fertilizante mediante la determinación de la propiedad química (pH) y física (Conductividad eléctrica (C.E)) del agua analizadas en las muestras recolectadas, se realizara mediciones y recolección de datos a diferentes presiones de trabajo del sistema de riego (arcos de riego) todo ello para ver la viabilidad del equipo de inyección de fertilizante que se propone en este proyecto.

1.1 Objetivo general

Evaluar el coeficiente de uniformidad de riego y la uniformidad de la concentración de fertilizante en tres subunidades instalados con diferentes emisores de riego, utilizando un inyector de fertilizante no convencional en base a pistones (bomba fumigadora) en el campo experimental de la facultad de ingeniería agrícola - UNALM, para establecer la viabilidad de uso del equipo de inyección.

1.2 Objetivos específicos

- Diseñar e instalar una parcela experimental de riego por goteo con tres subunidades, cada una con un diferente tipo de emisor, acondicionando una bomba de fumigación foliar como equipo de fertirriego en cada una de las subunidades.
- Evaluar el coeficiente de uniformidad y la uniformidad de la concentración de fertilizante (mediante la propiedad química y física de las muestras de agua: pH y conductividad eléctrica) de las subunidades en estudio, usando la bomba fumigadora como equipo de fertirriego.

II. REVISION DE LA LITERATURA

2.1 Riego por goteo

El riego por goteo es uno de los tipos de sistemas de riego presurizado que existen en la actualidad y es el que mayor demanda tiene en la agricultura debido a que se presta para el riego de diversos tipos de cultivo desde hortalizas hasta frutales. Según Duran (2012) el sistema de riego por goteo es aquel por medio del cual se aplica agua filtrada y soluciones fertilizantes, dentro o sobre el suelo, directamente a cada planta en forma individual, mediante emisores (goteros) anexados a las líneas laterales. La característica principal es que el agua se aplica en base a baja presión y alta frecuencia, con lo cual se crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo, logrando una alta eficiencia en el uso del agua.

2.2 Componentes del riego por goteo

El riego por goteo se puede aplicar desde la manera más artesanal hasta la más tecnificada posible (automatizada y con manejo por internet), todo ello dependerá del presupuesto del agricultor, pero los componentes básicos que todo sistema de riego a utilizar son: fuente de agua, cabezal de riego, red de tuberías y tipos de goteros, los cuales se describirán a continuación.

2.2.1 Fuente de agua

La fuente de agua para llevar a cabo un sistema de riego por goteo varía según donde se encuentre el terreno, por ejemplo si es una zona desértica se tendrá que optar por tener como fuente de agua una poza, si es en una zona tropical se tendrá como fuente de agua un río cercano a la parcela, si es en una zona donde se tiene acceso al agua mediante un canal de riego la fuente de agua para llevar a cabo el riego por goteo será un reservorio. Así las fuentes de agua más comunes son:

- Río y estanques naturales (cochas).
- Reservorio de geomembrana o concreto.
- Tanque de agua.
- Pozos subterráneos.

2.2.2 Cabezal de riego.

El cabezal es el cerebro del sistema de riego por goteo y de todo sistema presurizado ya que es ahí donde se dan las labores más importantes como el filtrado del agua, inyección de fertilizantes para los cultivos, medición de presión, entre otras labores, contando para ello con equipos como bombas, filtros, etc. Es así que Moya (2009) considera que dentro de una caseta de bombeo debe contar indispensablemente con los siguientes equipos:

- Presión: grupo de motobombas, electrobombas o por gravedad.
- Filtros: arena, arenilla y malla.
- Válvulas: ventosas, de paso, de retención. Electroválvulas.
- Manómetros.
- Inyectores de fertilizante: Venturi, bombas de inyección.

Mientras tanto Arviza (1996) considera que el cabezal de riego es el conjunto de elementos que permiten el tratamiento y control del agua de riego y argumenta que en el cabezal de riego y dependiendo del tipo de instalación se encuentra los siguientes elementos:

- Equipo de pre filtrado: hidrociclones, decantadores, desarenadores.
- Equipo de filtrado: filtros de arena o grava, filtros de malla o anillas.
- Equipo de inyección de abonos.- El equipo de inyección puede ser cualquiera de los siguientes equipos:

- ✓ Inyector hidráulico
- ✓ Inyector Venturi
- ✓ Inyector eléctrico
- ✓ Tanque de fertilizante
- ✓ Deposito de fertilizante y agitador.

- Deposito de control y medida
 - ✓ Contador (proporcional, Woltman)
 - ✓ Programador de riego
 - ✓ Electroválvulas
 - ✓ Válvulas hidráulicas
 - ✓ Válvulas volumétricas

- ✓ Válvula volumétricas y de alivio
- ✓ Elementos de protección de la red.

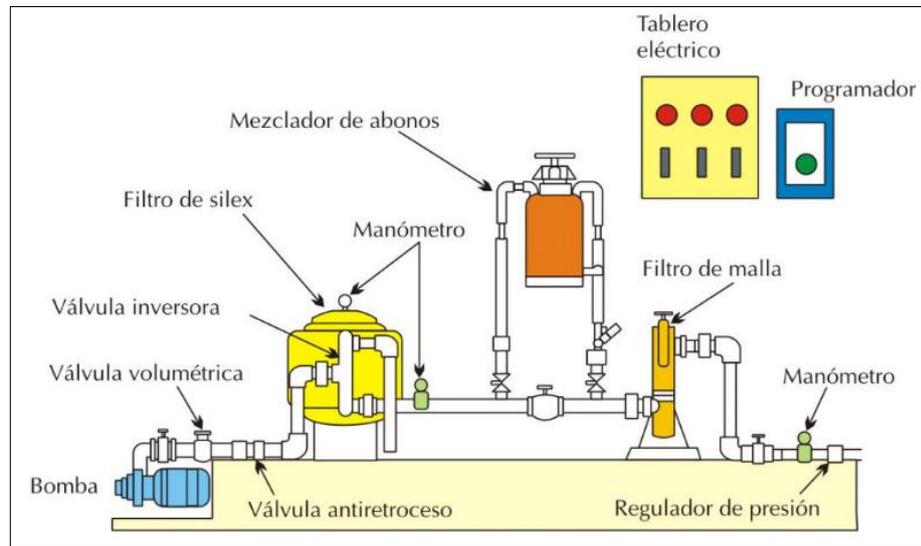


Figura 1: Caseta de bombeo

Fuente: Portal frutícola (2016)

2.2.3 Red de tuberías.

La red de tuberías es el total de tuberías que se instalan en un campo de cultivo para abastecer de agua a los arcos de riego y estos a su vez suministrar agua a los goteros de riego. En efecto Fuentes (1999), denomina a la red de tuberías como red de distribución el cual conduce el agua desde el cabezal hasta las plantas. Del cabezal parte una red de tuberías que se llaman primarias, secundarias, etc., según su orden. Las de último orden, llamadas tuberías laterales, distribuyen el agua uniformemente a lo largo de su longitud por medio de emisores u orificios.

Se suele colocar un regulador de presión al principio de cada tubería de donde parten los laterales. La superficie de riego dominada por un regulador de presión se denomina sub-unidad de riego. Al conjunto de sub-unidades de riego que se riegan desde un punto se denomina unidad de riego, en cuyo punto se suele instalar un aparato para controlar el caudal de agua.

Las tuberías primarias, secundarias y terciarias suelen ser de PVC o PE. Las primeras deben ir enterradas para evitar el deterioro ocasionado por la exposición a la radiación solar. Los laterales suelen ser de PE de baja densidad.

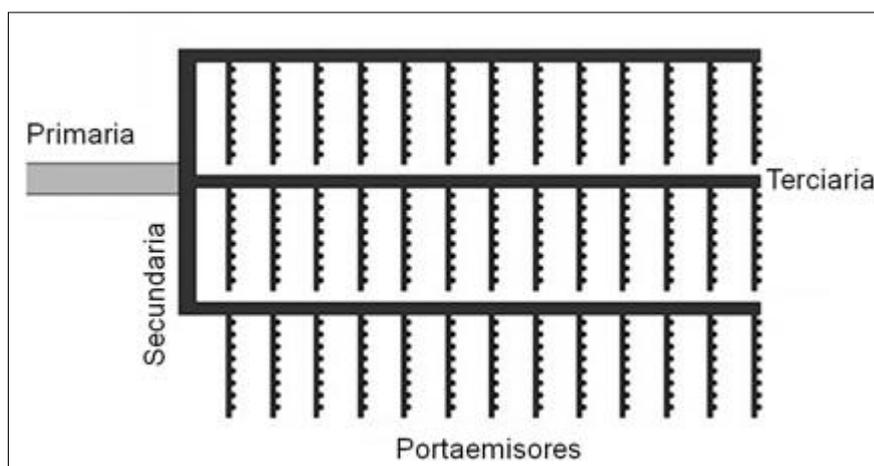


Figura 2: Red de tuberías

Fuente: Aristegui (2014)

2.2.4 Tipo de goteros

Los diferentes tipos de goteros existentes se diferencian principalmente por las características hidráulicas entre las más importantes son: autocompensante o no compensantes y según el caudal que estos emitan. Según López, et al (1992) se puede agrupar en cuatro grupos según el diseño y acabado que estos tengan:

- Goteros sellados: Con dos o más piezas en fábrica que no pueden separarse si no es provocando su rotura. Cuando se obturan deben remplazarse.
- Goteros desmontables: De dos o más piezas que pueden separarse para proceder a su limpieza manual.
- Goteros interlinea: De una sola pieza que se insertan dentro de la tubería utilizando parte de esta como una pieza exterior.
- Goteros integrados: Se sitúan en el interior de las tuberías, en el proceso de fabricación sin que exista ningún tipo de acoples o juntas

En tanto Lloa (2015) clasifica a los goteros de la siguiente forma:

- De laberinto: Son de largo conducto que obliga al agua a un recorrido en forma tortuosa y perder presión. Son de régimen turbulento, poco sensibles a la temperatura y a las obstrucciones.
- Tipo Vortex (de botón): en este caso el agua después de atravesar un orificio, ingresa a una pequeña cámara en forma tangencial originando un movimiento en espiral que ocasiona una pérdida de carga y luego sale al exterior en forma de gota.

- Cintas: poseen emisores, normalmente espaciados entre 0.20 a 0.60m. Su uso es mas frecuente en cultivos de temporada (hortalizas) y trabajan con presiones inferiores a 10m (1kg/cm²). La pared de la cinta puede ser muy delgada (0.1 – 0.2mm) por esta razón tienen bajo costo.

Las cintas de riego y los goteros laberinticos vienen de fábrica con los emisores ya incorporados, en una gran variedad de caudales y espaciamientos. También se denominan interlinea o “in line”. En cambio los de botón o sobre línea “on line”, tienen la opción de poderlos insertar manualmente en el lateral de riego.

Si los emisores tienen mecanismos de regulación de presión se clasifican en:

- Autocompensados: tienen la particularidad de mantener el mismo caudal aunque varíen la presión. El flujo es turbulento y en su interior poseen una membrana de silicona (diafragma) que se deforma por la diferencia de presión del agua antes y después de la misma, modificando el conducto de paso y manteniendo el caudal constante. Su uso es más frecuente en terrenos ondulados, con pendientes pronunciadas y para longitudes extensas.
- No compensadas: no tiene mecanismo de regulación y varía en función de la presión. Pueden funcionar con menor presión que los autocompensados y son más económicos.

2.3 Características hidráulicas de los goteros

Referente a las características hidráulicas se menciona en este ítem a todas las fuerzas y fenómenos físicos que actúan sobre el fluido (agua) que se emiten dentro de los goteros, así como en el conjunto de estos (arcos de riego) , como la presión, la temperatura, etc.

Pizarro (2006) indica que “En todo fluido en circulación existen unas fuerzas de inercia (según la ley de Newton: masa x aceleración) y unas fuerzas de rozamiento interno entre las partículas del fluido. La relación entre ambas fuerzas es un numero adimensional”. En cualquier manual de hidráulica se puede encontrar su deducción que se denomina número de Reynolds y que se representa por Re.

$$Re = \frac{\rho * D * v}{\mu}$$

Donde:

D : Diámetro de la sección de paso (mm)

v : Velocidad de agua (m/s)

μ : Viscosidad cinemática del agua (m²/s)

ρ : Densidad del agua

Tal como se muestra en el cuadro N° 1 la densidad del agua varia poco con la temperatura, pero la viscosidad dinámica lo hace de forma importante y en consecuencia lo mismo ocurre con la viscosidad cinemática.

Tabla 1: Variación de la viscosidad dinámica y densidad del agua y efectos de la temperatura

T°	ρ (Kg/m ³)	μ (kg/m*s)
0	999.8	0.00179
5	1000	0.00152
10	999.7	0.00131
15	999.1	0.00114
20	998.2	0.001
25	997	0.00089
30	995.7	0.0008
40	992.2	0.00066
50	988	0.00055
60	983	0.00047
70	977.8	0.00041
80	971.8	0.00036
90	965.3	0.00033
100	958.4	0.00029

Fuente: Pizarro (2006)

El número de Reynolds permite clasificar el régimen hidráulico en tres clases: Laminar, Crítico o inestable y turbulento (Cuadro N°02).

Tabla 2: Clasificación de regímenes hidráulicos de acuerdo al número de Reynolds

Re	Regimen
< 2000	Laminar
2000 - 4000	Crítico y/o inestable
> 4000	Turbulento

Fuente: Pizarro (1996)

Se observa que cuando el número de Reynolds tiene un valor menor a dos mil el régimen del flujo es laminar y cuando este es mayor a 4000 el régimen del flujo es turbulento, pero si se encuentra en el rango de 2000 a 4000 el régimen del flujo puede ser crítico y/o inestable Pizarro (1996) detalla lo siguiente sobre el régimen hidráulico:

La importancia práctica de conocer el régimen hidráulico reside en que para cada régimen son distintas las fórmulas que relacionan la presión y la velocidad, es decir, las que permiten resolver los problemas más frecuentes de hidrodinámica tales como el cálculo de pérdida de carga, cálculo del caudal en función de la presión disponible, etc.

2.3.1 Relación caudal presión en los goteros

Fuentes (2003), menciona que el agua que atraviesa el emisor a través de uno o varios conductos, cuya configuración determina su comportamiento hidráulico. En cualquier emisor el caudal de descarga y la presión de servicio se relacionan mediante la ecuación:

$$Q = K * H^X$$

Dónde:

- Q : Caudal del emisor (l/h)
- K : Coeficiente de descarga de cada emisor
- H : Presión a la entrada del emisor
- X : Exponente de descarga del emisor

En referencia a esta fórmula Pizarro (1996) indica que los valores de “K” y “X” son característicos de cada tipo de emisor. Con frecuencia los fabricantes solo informan acerca de un punto de la ecuación del emisor, pero debe exigirles que proporcionen la ecuación con los valores numéricos de “K” y “X”, así como el entorno de trabajo, o por lo menos la curva Caudal – Presión.

En el cuadro N° 3 se muestran los exponentes de descarga de los emisores (Pizarro, F. 1996)

Tabla 3: Exponentes de descarga de los tipos de emisores

Emisor	X
Régimen turbulento	1
Microtubos	0.75 - 1
Helicoidal	0.65 - 0.75
Régimen turbulento (orificio laberinto)	0.5
Vortex	0.4
Autocompensante	0 - 0.4
Teórico perfectamente autocompensante	0

Fuente: Pizarro (1996)

Keller (1990) nos indica que los valores del exponente “x” para un orificio simple y no compensado y de flujo turbulento es de 0.5, para emisores completamente compensados “x” vale 0 y el exponente de los emisores de largo conducto esta usualmente entre 0.7 y 0.8. Para emisores Vortex, “x” es aproximadamente a 0.4.

“los fabricantes deben proporcionar estos datos, pero si no se dispone de ellos pueden determinarse, aplicando al gotero dos presiones (H_1 y H_2) y midiendo los caudales resultantes (Q_1 y Q_2), con lo que se obtiene” Medina (1997).

$$x = \frac{\log\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)}{\log\left(\frac{H_1}{H_2}\right)}$$

“la representación gráfica de esa ecuación se denomina curva característica del gotero, e indica la sensibilidad del gotero a las variaciones de presión” (Medina San Juan, J.A. 1997) y se muestra en la figura N° 3 En el eje de abscisas están las presiones y en el eje de ordenadas los caudales. Cada curva característica corresponde a una determinada temperatura de agua.

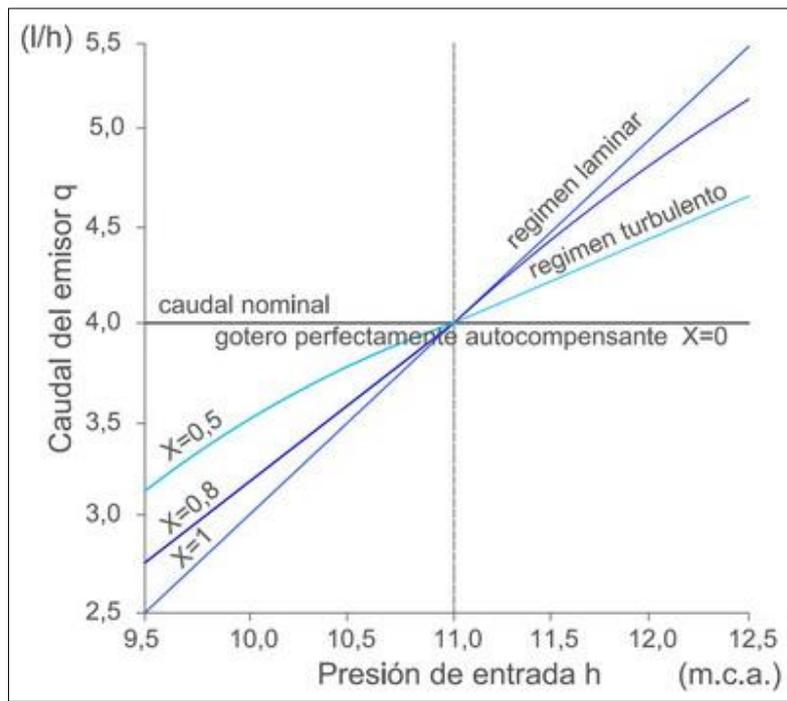


Figura 3: Curva característica de goteros a diferentes regímenes hidráulicos
Fuente: Medina (1997)

Según nos indica la figura 3 los goteros del tipo orificio $x=0,5$, para los de largo recorrido x tiene una variación de 0,5-1,0 y para autocompensante, varía entre 0,5 y 0.

Medina San Juan (1997) en referencia al exponente del gotero afirma que el exponente de descarga expresa la sensibilidad de un emisor a las variaciones de presión. Su valor varía de cero a uno. Cuando se aproxima a cero significa que el caudal varía muy poco con las variaciones de presión, en cuyo caso el emisor se llama autocompensante, cuando el valor se aproxima a la unidad significa que el caudal varía mucho con las variaciones de presión.

En régimen laminar la representación de la ecuación daría una recta que correspondería a un valor de $x=1$. Para un gotero totalmente autocompensante sería $x=0$, que correspondería a otra recta horizontal.

Entre ambos valores extremos se tendría toda una gama de valores intermedios. A medida que aumenta el exponente mayor es la sensibilidad del caudal del gotero a las variaciones de presión.

A efectos de la incidencia de la presión sobre el caudal, el régimen ideal de funcionamiento del gotero es el totalmente turbulento, pues para régimen laminar sería $Q = K * H$, mientras que para régimen turbulento, $Q = K * H^{0.5}$. esto significa que en el primer caso, a una variación de caudal del 10% corresponde una variación de presión también del 10%, mientras que en el segundo caso, a una variación de caudal del 10% corresponde a una variación de 20%.

En el caso de emisores autocompensante, el ajuste mediante una función potencial es bastante deficiente, resultando valores más bajos de r^2 . En muchos casos se realizara un mejor ajuste mediante una línea recta que puede llegar a tener una pendiente negativa.

Los fabricantes deberán proporcionar siempre la ecuación y curva característica del emisor, indicando, además el intervalo de presiones efectivas de trabajo en el cual este se comporta como autocompensante.

2.3.2 Uniformidad de fabricación de los goteros

Medina San Juan (1997) indica que todo proceso industrial es imperfecto, por tanto el producto elaborado experimenta variaciones, aunque siempre comprendida entre márgenes que se consideren tolerables.

Mientras tanto Pizarro (1996), refiriéndose a la uniformidad en los emisores indica que en teoría todos los emisores de una misma marca y modelo deberían dar el mismo caudal cuando actúan a la misma presión y temperatura, pero en la práctica no ocurre así. Las variables de fabricación (tipo de material, temperatura, desgaste de maquinaria, etc.) afectan las dimensiones del emisor y su caudal.

Una variable continua es la que puede tener un valor y su inmediato superior o inferior, oscila por tanto en intervalos infinitesimales. Un ejemplo de variable continua es el caudal que se obtiene al aplicar la misma presión a distintos emisores del mismo modelo, es decir, considerando como únicos factores de variación los de tipo constructivo.

La dispersión que en ese caso se produce entre los distintos valores de caudal se puede medir de varias formas, siendo la más usada la desviación típica.

La desviación típica se define como la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones respecto a la media:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (q_i - q_a)^2}{n}}$$

Dónde:

- σ : Desviación típica.
- q_i : Caudal del emisor.
- q_a : Caudal medio.
- n : Numero de emisores.

Sin embargo, la desviación típica tiene el inconveniente de ser una medida de la dispersión absoluta, y a nuestros efectos interesa más expresar de alguna forma la dispersión relativa. Merriam y Keller (1978) introdujeron un coeficiente de variación de fabricación (CV), como medida de la dispersión estadística en el proceso de fabricación de los emisores. Este CV es un valor adimensional estimado, que se define como el cociente entre la desviación típica y el valor medio:

$$CV = \frac{\sigma}{q_a}$$

Dónde:

- CV : Coeficiente de variación de fabricación.
- σ : Desviación Típica.
- q_a : Caudal medio (l/h).

En la tecnología de los riegos localizados de alta frecuencia, al referir el CV a los emisores se suelen ampliar su nombre, llamándolo coeficiente de variación de fabricación. Algunos autores lo expresan como porcentaje.

Existen varias clasificaciones de emisor en función del CV. Para valorar la uniformidad de una muestra de emisores (López, R. 1992), se estableció, según la primera edición de la norma ISO 9261 1991, dos categorías de emisores que se muestran en el cuadro N° 4.

Tabla 4: Clasificación de emisores ISO 9261 para CV

Categoría	Desviación del caudal respecto al nominal	CV
A	5 %	< 0.05
B	10 %	0.05 - 0.10

Fuente: López (1992)

Para la segunda edición de esta misma norma ISO 9261 2004, la cual anula y sustituye a la de esta primera edición 9261 1991, se estableció solamente que el coeficiente de variación de la muestra ensayada no debe exceder del 7%.

Paralelamente existen otras clasificaciones como la norma ASAE EP405.1 2003, basada en la US soil Conservation Service, la cual clasifica los emisores de acuerdo con los valores de CV, la cual se muestra en el cuadro N° 5.

Tabla 5: Clasificación para la CV según normas ASAE EP 405.1

CV (%)	Clasificación
< 5	Excelentes
5 - 7	Normales
7 - 11	Marginales
11 - 15	Deficientes
> 15	Inaceptables

Fuente: López (1992)

Pizarro, (1996), realizó una clasificación de los goteros de acuerdo al coeficiente de variación de fabricación y lo clasifica de acuerdo a al cuadro N° 6:

Tabla 6: Clasificación de los goteros según el coeficiente de variación

Clasificación	Goteros (CV)
Muy bueno	< 0.05
Bueno	0.04 - 0.1
Regular	0.10 - 0.15
Malo	> 0.15

Fuente: Pizarro (1996)

2.3.3 Coeficiente de uniformidad

Este término de coeficiente de uniformidad fue introducido por MERRIAN y KELLER en 1978, y la metodología empleada es la siguiente

A. Coeficiente de uniformidad de caudales

Para la determinación del coeficiente de uniformidad de caudales podemos definirlo como se muestra en la ecuación siguiente, además la uniformidad de aplicación de agua usualmente es expresada en porcentaje, donde: 100% representa una uniformidad perfecta.

Fórmula:

$$CUq = \frac{Q_{25\%} * 100}{Q_m}$$

Donde:

CUq : Coeficiente de uniformidad de riego del módulo evaluado en el campo en %

Q_{25%} : Media del 25% de valores más bajos de los volúmenes de agua recibida por las plantas de todas las medidas realizadas en el campo

Q_m : Es la medida de todos los volúmenes de agua recogidos de la prueba.

Tabla 7: Clasificación de uniformidad de descarga de los goteros según el C.U

Clasificación	Coef. De Uniformidad (%)
Excelente	> 92%
Bueno	87% - 92%
Aceptable	80% - 87%
Pobre	70% - 80%
Inaceptable	< 70%

Fuente: Rodrigo (1986)

2.3.4 Sensibilidad a las obstrucciones

La sensibilidad al taponamiento varía con las características del emisor (Ravina et al., 1992) y con los aspectos físicos, químicos y biológicos que presente el agua aplicada (Adin y Sacks, 1991; Ayers y Westcot, 1985)

En un trabajo de investigación Oliveira et al., (2009), mencionan que la formación de películas biológicas, resultantes de la interacción entre bacterias formadoras de mucílago y

sólidos suspendidos, puede ser considerada como el principal factor de taponamiento parcial y total de goteros de las líneas de riego. Estudios realizados por Taylor et al., (1995), evidenciaron que las interacciones entre factores físicos, químicos y biológicos fueron responsables por el 90% de los goteros taponados.

Fuentes Yagüe (2003) afirma, “la sensibilidad a las obstrucciones depende de las características del emisor (mínimo diámetro de paso, recorrido más o menos sinuoso del agua y velocidad de circulación del agua), de la calidad del agua y de las condiciones de filtrado”.

De acuerdo al tamaño o diámetro de paso de los emisores, se ha establecido la siguiente clasificación en relación a la sensibilidad de estos a las obstrucciones (Cuadro N° 8).

Tabla 8: Sensibilidad a las obstrucciones de acuerdo al diámetro mínimo de paso

Goteros y tuberías emisoras	
Diámetro mínimo (mm)	Sensibilidad
≤ 0.7	Alta
0.7 - 1.5	Media
≥ 1.5	Baja

Fuente: Fuentes (2003)

Además Fuentes Yagüe (2003) afirma que a pesar que el emisor posea una baja sensibilidad a las obstrucciones, estas pueden provenir de un filtrado inadecuado o de un incorrecto manejo de la instalación. En general, se recomienda que el sistema de filtrado no deje pasar partículas sólidas, cuyo diámetro sea superior a 1/10 del diámetro de la sección mínima en goteros.

2.4 Fertirriego

Uno de los complementos del riego localizado es la fertirrigación, cuya práctica se ha desarrollado paralelamente con el riego por goteo o técnicas similares (Domínguez 1996). La fertirrigación permite el aporte de todos los nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo en las cantidades y proporciones deseadas (Sanz 2005) y sin que tenga que pasar un tiempo más o menos largo, para disolverse y alcanzar la profundidad de las raíces (Moya 2002). De esta forma, el objetivo de aplicar la dosis correcta de nutrientes es mucho más fácil de

alcanzar con aportaciones fraccionadas que con una única aplicación (Melgar 2005). La fertilización a través de los sistemas de riego localizado permite economizar un 30-60% de fertilizante respecto de los sistemas tradicionales, facilita el ajuste de las necesidades y aumenta la capacidad de reacción ante problemas de nutrición (Gómez 1990); también genera otros beneficios como la anticipación de la fase productiva y la reducción de las pérdidas por lixiviación (Pizarro 1987)

2.4.1 Ventajas y desventajas del fertirriego

Para Martínez (1998) las ventajas y desventajas que presenta la instalación de un sistema de fertirriego son las siguientes:

- **Ventajas :**

- ✓ Mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes. Una mayor cantidad de fertilizante es utilizado por la planta en relación al total del fertilizante aplicado. Existe una mejor distribución y uniformidad, mejor penetración en el suelo y menores pérdidas por volatilización debido a que penetra en el suelo disuelto en el agua de riego.
- ✓ Adaptación del programa de fertilización a diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Las aplicaciones de fertilizante pueden hacerse al ritmo que el cultivo lo necesita en las fases de crecimiento vegetativo, floración, cuajado y postcosecha. Los fertilizantes pueden ser aplicados a través de mecanismos automáticos que permiten un alto control del agua y de los fertilizantes.
- ✓ Uso de suelos marginales. Suelos pedregosos o muy arenosos que se caracterizan por una baja fertilidad natural, pueden ser cultivados sin problema y obtenerse de ellos altas producciones.
- ✓ Ahorro de trabajo y comodidad. Se requiere menor mano de obra en la aplicación de fertilizantes y la aplicación es independiente de la hora del día y estado de ánimo del trabajador.
- ✓ Reducción de la compactación del suelo. No se utiliza maquinaria agrícola, por lo tanto se reduce la compactación que el exceso de tráfico provoca al suelo.
- ✓ Reducción del daño mecánico al cultivo. Existe una baja probabilidad de daño mecánico al cultivo tales como poda de raíces, rotura de hojas o quiebre de ramillas.

- ✓ Posibilidad de utilizar fertilizantes líquidos y gaseosos. La fertilización tradicional requiere de productos formulados en forma sólida para facilitar su manejo. Hay productos como amoníaco anhidro (NH_3) que se comercializa en forma de gas. El amoníaco reacciona en forma instantánea con el agua formando el ion amonio (NH_4^+) que es retenido por el complejo de intercambio. También es posible utilizar soluciones líquidas formuladas especialmente para diferentes fases de desarrollo del cultivo.
- **Desventajas:** La mayoría de los inconvenientes asociados a la fertirrigación no se deben al método en sí, sino más bien a un manejo incorrecto o al desconocimiento que existe acerca de los aspectos de la nutrición de las plantas. Los principales inconvenientes son:
 - ✓ Obturaciones. Obturaciones por precipitados causados por incompatibilidad de los distintos fertilizantes entre sí o con el agua de riego o bien debidas a una dilución insuficiente.
 - ✓ Dosificación. Las aplicaciones de fertilizantes y otros productos deben ser bien dosificadas para no producir daño al cultivo. Un exceso de productos químicos puede inducir toxicidad afectando los futuros rendimientos.
 - ✓ Se requiere que el operador posea un nivel de educación equivalente a enseñanza media completa. Esto facilitará la capacitación, la comprensión de manuales de operación y de las instrucciones dadas por profesionales asesores.
 - ✓ se requiere de supervisión superior permanente y rigurosa con el objetivo de maximizar la eficiencia del uso de fertilizantes y el buen funcionamiento de los equipos.

Cabe mencionar que uno de los mayores inconvenientes en la instalación de un sistema de fertirriego es el alto costo que se requiere para llevarlo a cabo.

2.4.2 Métodos de fertirrigación

Dentro del fertirriego existen dos metodologías de fertirrigación las cuales son: la fertirrigación cuantitativa y la fertirrigación proporcional.

Fertirrigación cuantitativa:

Oltra (2012) afirma que este modelo está basado en calcular las necesidades nutritivas en función de distintos parámetros: Número de plantas, edad, superficie foliar, tipo de suelo, área, consumo de nutrientes, etc. Una vez calculados los requerimientos, se introducen en el sistema de riego para aportarlos.

Por otro lado Guy (2017) dice que este tipo de fertirrigación es comúnmente utilizada para aplicar los fertilizantes a los suelos. En este método de fertirrigación, el productor decide en primer lugar la cantidad de fertilizantes que debe ser aplicada para cada área (por ejemplo kg / ha, lbs / acre). Esta cantidad de fertilizantes es entregada a través del agua de riego.

Imas (2003) indica sobre la fertirrigación cuantitativa:

- La concentración del fertilizante va variando durante su aplicación.
- Los nutrientes son aplicados en una cantidad calculada en cada parcela, por ejemplo: 20 litros a la parcela A, 40 litros en la parcela B.

Fertirrigación proporcional

Oltra (2012) afirma que es un modelo más utilizado en cultivos sin suelo e hidropónico. Consiste en inyectar una cantidad determinada de fertilizantes por un volumen de agua determinado. Por ejemplo: gramos por litro ó litro por metro cúbico. Este ejemplo se refiere a concentración de fertilizantes en agua; en hidropónico suelen utilizarse unidades de concentración tales como: ppm/l, mmol/l o meq/l (partes por millón y litro, milimoles por litro o miliequivalentes por litro).

Por otro lado Guy (2017) dice que este tipo de fertirrigación es utilizada sobre todo en medios sin suelos y en suelos arenosos. En este método de fertirrigación se inyecta una cantidad definida de solución fertilizantes en cada unidad de agua que fluye a través del sistema de riego (por ejemplo, l/m³, lbs / gal).

Imas (2013) indica sobre la fertirrigación proporcional:

- Entrega una tasa constante de nutrientes en el flujo del agua de riego.
- La tasa de inyección es proporcional a la tasa de descarga del agua, por ejemplo 4 litros de solución en 1000 litros de agua.

En el gráfico siguiente podemos apreciar la diferencia entre los dos métodos de fertirrigación en la relación a la cantidad de fertilizante y el tiempo

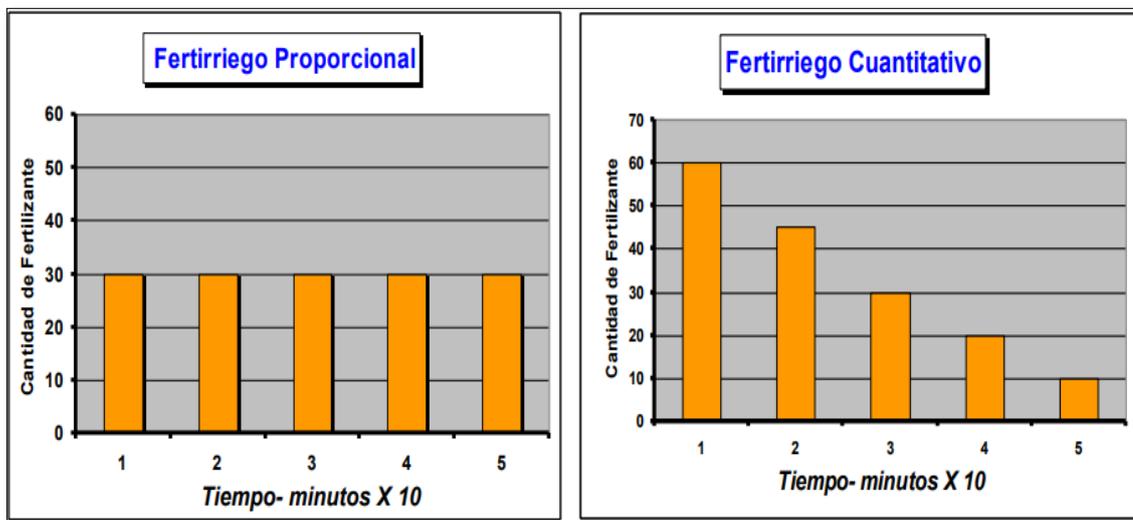


Figura 4: Métodos de fertirriego

Fuente: Lutenberg (2015)

2.4.3 Sistemas de inyección de fertilizantes

Osorio (2009) indica que existen diferentes tipos de dispositivos para la incorporación de abonos al agua, entre ellos se puede hacer la diferencia, entre aquellos donde la mezcla es aspirada o succionada desde un tanque de fertilización; aquellos donde la mezcla se inyecta a presión y por último, aquellos en que la mezcla se incorpora por arrastre.

Los sistemas más evolucionados nos indica Ortiz (2010) se basan en la medición de factores ambientales o del medio en el que se desarrolla el cultivo para determinar la frecuencia y duración del riego. Por otra parte, se basan en la aplicación de soluciones nutritivas completas, cuya composición varía según el cultivo, estado de desarrollo, ciclo de cultivo e incluso condiciones ambientales.

Entre los equipos de inyección más utilizados en la actualidad se encuentran los siguientes:

A. Tanque de abonado

Osorio (2009) manifiesta que el tanque de abonado son dispositivos cuya principal característica es la de poseer un depósito en donde se pone la solución concentrada de abono que quiere incorporarse y, una vez cerrado, se alcanza en su interior la misma presión que

en la red de riego. Por ello, el tanque deber ser metálico o de plástico reforzado. Se colocan en paralelo con relación a la conducción principal.

En ésta se instalan dos tomas de enganche rápido separadas por una válvula para producir una diferencia de presión entre ellas. Estos tanques son sencillos y de buen funcionamiento, si bien presentan el inconveniente de que no mantiene una aplicación uniforme, ya que la concentración de abono va disminuyendo con el riego hasta el final del mismo. Esto hace que deba recomendarse consumir una carga del tanque por unidad operacional de riego.

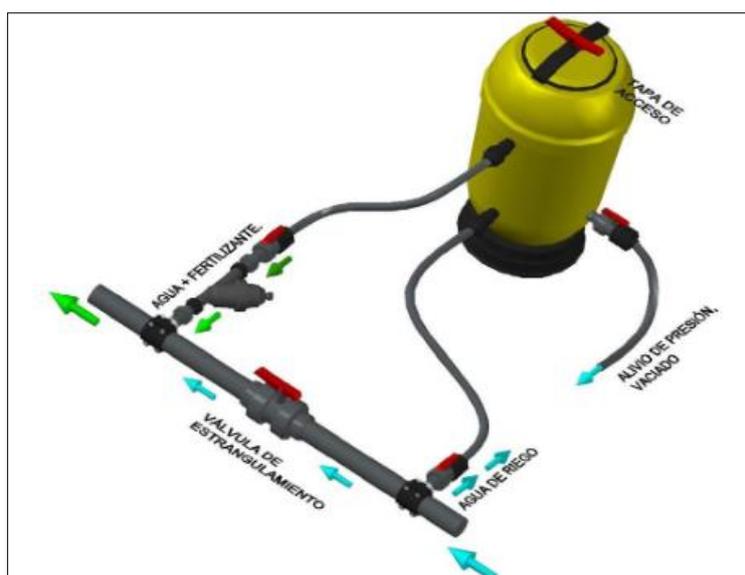


Figura 5: Tanque de fertilización o abonado
Fuente: Mradm (2009)

B. Venturi

El Venturi es uno de los sistemas de inyección mas utilizados por ser la simpleza de su instalación y de las características y accesorios que se necesitan para su funcionamiento, Kafkafi (2012) indica que es una unidad que hace uso del principio de succión de Venturi al emplear la presión inducida por el flujo de agua para chupar la solución fertilizante del tanque hacia la línea de riego. Una contracción cónica del tubo induce un aumento de la velocidad del flujo de agua y una disminución de la presión a un valor extremadamente bajo, causando la succión de la solución fertilizante (a través del filtro de malla) desde un tubo en el tanque alimentador hacia el sistema de riego. Por medio del ajuste de una válvula se puede controlar la diferencia de velocidades en los dos extremos.

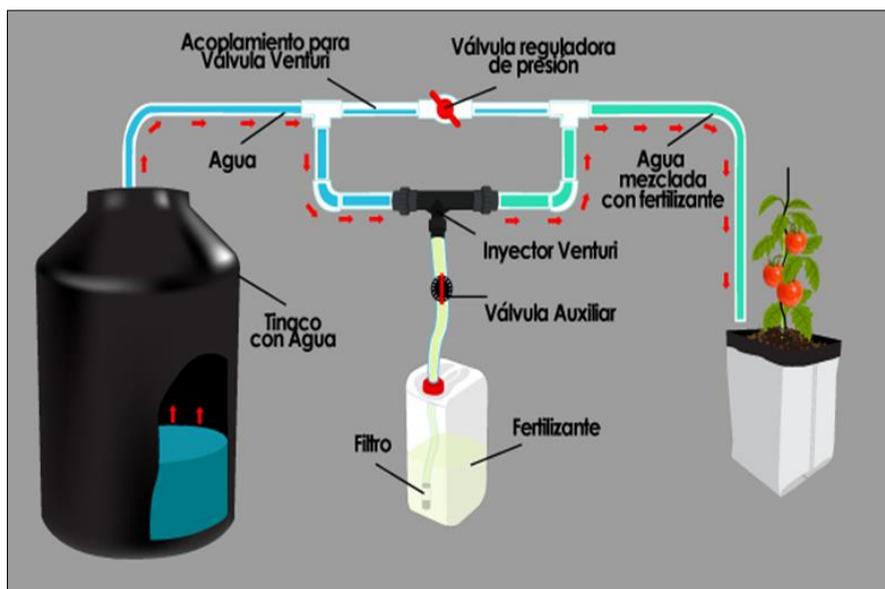


Figura 6: Sistema de inyección Venturi

Fuente: Hydroenv (2018)

C. Bombas dosificadoras

Correa (2004), hace una descripción de este tipo de inyectoras en su trabajo de especialización de ingeniería química de una manera concisa y técnica que a continuación se muestra.

Es el sistema más preciso de los hasta ahora expuestos. Las bombas se pueden clasificar en función del tipo de energía que aportan. Las que tienen mayor interés son las del tipo volumétrico y la roto dinámica o cinéticas. Como inyectoras de productos químicos, las más generalizadas, son las del tipo volumétrico, aportan energía fundamentalmente en forma de presión. De estas las más comunes son las de desplazamiento positivo, ya sean de pistón o de diafragma.

En síntesis, dispone de un cilindro en cuyo interior se desplaza un pistón con movimiento alternativo. La cámara o cilindro dispone de una entrada y una salida, ambas con sendas válvulas anti retorno. El caudal se puede variar, bien variando el recorrido del elemento impulsor -volumen efectivo del cilindro-, bien variando la velocidad del ciclo de ida y vuelta —velocidad del elemento impulsor-. En algunas ocasiones se utilizan para la inyección de productos químicos a la red bombas centrífugas, ya sean de arrastre magnético para potencias pequeñas, o de cuerpo y rodets de acero inoxidable en sistema de inyección con control automático de conductividad y pH. El accionamiento de las bombas puede ser

mediante motor eléctrico, normalmente alimentado con corriente alterna, o mediante accionamiento hidráulico, aprovechando la propia energía de la red de riego.

C.1 Bombas dosificadoras eléctricas

Las bombas de accionamiento eléctrico suelen ser volumétricas, de desplazamiento positivo de pistón o diafragma. Dado que los motores eléctricos de accionamiento son, en la mayoría de los casos, alimentados por corriente alterna, el procedimiento más sencillo para regular el caudal inyectado es variar el recorrido del elemento impulsor o volumen de la cámara. Para ello la mayoría disponen de un dispositivo de regulación del mismo, ya sea manual —tornillo micrométrico- o automático.

El caudal inyectado suele ser preciso, pudiendo regularse la inyección entre 10 y el 100% del caudal máximo. Se fabrican para caudales desde 50 a varios miles de lph. El inyector de accionamiento eléctrico es el sistema más preciso y el más extendido en instalaciones que cubren superficies de riego de cierta entidad, cuando se requiere un mínimo grado de precisión (viveros, cultivos bajo invernaderos, hidropónicos, etc.). es el sistema más adecuado cuando se prevé la automatización de la fertirrigación y el riego. A diferencia de otros sistemas, el caudal inyectado a la red no depende de la condiciones de presión o caudal en ésta, por lo que la inyección no es proporcional.

C.2 Bombas dosificadoras hidráulicas.

Las bombas inyectoras de accionamiento hidráulico son de desplazamiento positivo de membrana o de pistón que aprovechan la energía hidráulica de la propia red para su accionamiento. Normalmente se instalan en "by-pass" con la conducción principal, siendo el caudal inyectado proporcional a la presión disponible a la entrada. Por tanto, variaciones de presión en la red implicaran variaciones en el caudal inyectado. Su utilización esta bastante extendida, siendo adecuada en instalaciones de superficies medias en las que no se dispone de energía eléctrica. Si bien es posible la regulación del caudal, no es tan precisa como en las bombas eléctricas. Requieren de una presión mínima en la red para funcionar correctamente. En la mayoría de los modelos es alrededor de 0.194 Mpa, si bien existe algún modelo que permite trabajar cuando la presión es inferior. Los caudales inyectados son variables, según modelos y la presión. En términos generales éstos varían entre 20 y 300 lph, existiendo modelos de hasta 3,000 lph, no usuales en fertirrigacion.



Figura 7: Bomba dosificadora eléctrica
Fuente: Hydroenv

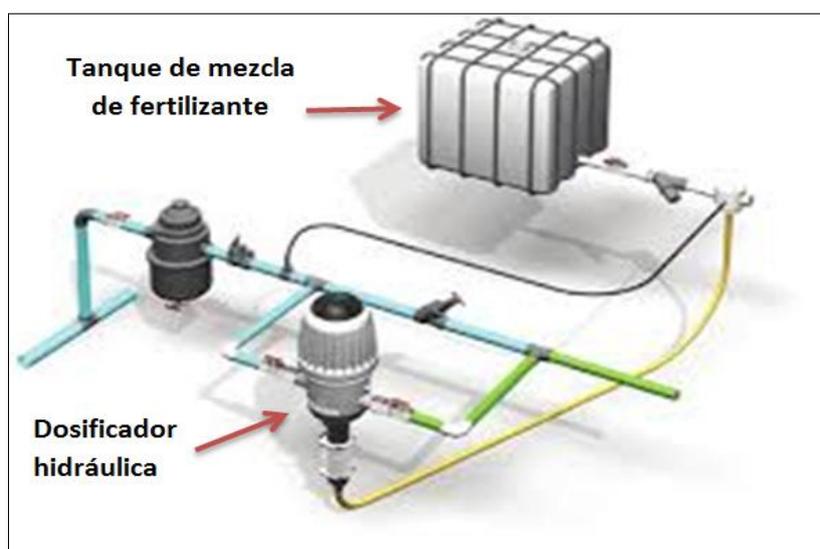


Figura 8: Bomba dosificadora hidráulica
Fuente: Tefen.

2.2.4 Bomba de pistones

Quispe (2008) nos indica que las bombas de pistón funcionan según el principio de que un pistón, moviéndose alternativamente dentro de un orificio, aspirará fluido al retraerse y lo expulsará en su carrera hacia adelante. Hay dos tipos de bombas: la de pistones radiales y la de pistones axiales, ambos están disponibles con desplazamiento fijo o variable.

A. Bomba de pistones radiales

En esta bomba el bloque de cilindros gira sobre un pivote estacionario y dentro de un anillo circular o rotor. A medida que va girando, la fuerza centrífuga, la presión hidráulica o alguna forma de acción mecánica, obliga a los pistones a seguir la superficie interna del anillo, que es excéntrico con relación al bloque de cilindros. Al tiempo que los pistones se desplazan alternativamente en sus cilindros, los orificios localizados en el anillo de distribución les permiten aspirar fluido cuando se mueven hacia fuera y descargarlo cuando se mueven hacia adentro. El desplazamiento de la bomba viene determinado por el tamaño y número de pistones y naturalmente, por la longitud de su carrera

B. Bomba de pistones axiales

En esta bomba el conjunto de los cilindros y el eje de accionamiento tienen la misma línea central y los pistones se mueven alternativamente en sentido paralelo al eje. El eje de accionamiento hace girar el barrilete, conteniendo los pistones, que están ajustados en sus alojamientos y conectados mediante patines y una placa de soporte, de forma que los patines están apoyados sobre una placa circular inclinada (placa de presión). A medida que el barrilete gira, los patines siguen la inclinación de la placa, haciendo que los pistones tengan un movimiento alternativo. Los orificios, en la placa de distribución, están dispuestos de tal forma que los pistones pasan por la entrada cuando empiezan a salir de sus alojamientos y por la salida cuando se les obliga a entrar. Para regular el caudal, solo hay que presionar el bloque basculante que contiene a la placa circular por medio de un tornillo empujador, de esa manera el ángulo de la placa circular variará para aumentar o disminuir la carrera de los pistones. De igual manera que las bombas de paletas esta tiene la función de proporcionar caudal para producir movimiento a los cilindros hidráulicos y así poder desplazar la bandeja con el mineral

2.4.5 Factores que influyen en el fertirriego

Los factores que influyen en el fertirriego son diversos desde el clima donde se encuentra el cultivo a fertilizar, el suelo, el agua a utilizar, los fertilizantes a usar, el cultivo a trabajar y el método de riego, pero dentro de estos factores los que más influyen son el suelo y el agua que se utilizaran en el fertirriego ya que de estos depende la dosificación de fertilizante a utilizar para la nutrición del cultivo; Sánchez (2000) nos especifica como afecta estos dos factores en el fertirriego.

A. El suelo y el fertirriego

A.1 La Textura: La textura es considerada como la propiedad física primaria de los suelos, debido a que influye directamente en otras propiedades físicas como: estructura, densidad, porosidad y sobre todo capacidad de almacenamiento, disponibilidad y fracción aprovechable de agua para los cultivos.

Tabla 9: Características hidrodinámicas de los suelos en función de su textura

Grupo de Textura	Capacidad de campo		Punto de marchitez permanente		Agua disponible	
	Agua/ 30 cm de profundidad					
	%	cm	%	cm	%	cm
Arenoso	6.8	3.1	1.7	0.8	5.1	2.3
Fco. Arenoso	11.3	5.1	3.4	1.1	7.9	3.6
Franco	18.1	8.1	6.8	3.1	11.3	5.1
Fco. Arcilloso	21.5	9.7	10.2	4.6	11.3	5.1
Arcillasos	22.6	10.2	14.7	6.6	7.9	3.6

Fuente: Sánchez (2000)

En suelos arenoso, es más ventajosa la aplicación del fertilizante nitrogenado que en suelos arcillosos, debido a que se controla la profundidad de humedecimiento. Asimismo, el fósforo en suelos arenosos se remueve a mayor distancia que en suelos arcillosos; en suelos arenosos los riegos deben ser frecuentes y ligeros, mientras que en los suelos arcillosos, los riegos son menos frecuentes y pesados.

A.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Es una propiedad química que designa los procesos de adsorción y liberación de cationes del complejo de cambio (arcillo – húmico) y está influenciada por: cantidad y tipo de arcilla, cantidad de humus y el pH (o reacción del suelo).

Tabla 10: Relación entre la textura y la capacidad de intercambio catiónico de los suelos

Textura	CIC (meq/100g)	Categoría
Arena	< 5	Muy baja
Franco arenoso	5 - 10	Baja
Franco	10 - 15	Media
Franco arcilloso	15 - 25	Alta
Arcilloso	> 25	Muy alta

Fuente: Sánchez (2000)

En suelos con alta capacidad de intercambio catiónico (franco arcillosos, arcillosos o con alto contenido de materia orgánica), los nutrientes y los pesticidas en general pueden perder su efectividad por efecto de este intercambio. En los suelos arenosos, la fertilización tienen efecto directo sobre el desarrollo de los cultivos debido a que no están tan sujetos a procesos de adsorción (fijación)

A.3 Salinidad: Los fertilizantes son sales que, agregadas con el agua de riego, forman una solución salina que se aplica al suelo. Esta tiene efectos benéficos si las sales son fertilizantes y se dosifican sin exceder los límites de calidad de agua para los cultivos; esto debido a que existe una relación entre la salinidad del agua de riego, de la solución del suelo y del agua de drenaje.

$$C.E.ss = 3 C.E. ar$$

$$C.E.es = 1.5 C.E. ar$$

$$C.E.ss = 2 C.E es$$

Donde:

C.E. ar = Conductividad Eléctrica – agua de riego

C.E. ss = Conductividad Eléctrica – solución suelo

C.E. es = Conductividad Eléctrica – del extracto

Tabla 11: Tolerancia de algunos cultivos a la salinidad del extracto de saturación del suelo

Cultivos	Tolerantes	Moderadamente tolerantes	Sensibles
	8 < C.E.es < 12	4 < C.E.es < 8	C.E.es < 3.2
	dS/cm	dS/m	dS/m
Comunes	Cebada	Centeno	Maíz
	Remolacha	Trigo	Arroz
	Azucarera	Avena	Limo
	Nabo	Mijo	Girasol
	Algodón	Sorgo	Higuerilla
			Soya
	5 < C.E.es < 8	3 < C.E.es < 5	C.E.es < 3
Hortícolas	Betarraga	Tomate	Pimiento
	Esparrago	Brócoli	Zanahoria
	Espinaca	Col	Cebolla
		Coliflor	Alverja
		Lechuga	Melón
		Maíz dulce	Calabaza
		Papa	Pepino
		Camote	Rábano
			Apio
		6 < C.E.es < 12	3 < C.E.es < 6
Cultivos forrajeros	Pasto salado	Trébol dulce	Avena (heno)
	Pasto Bermuda	Pasto ingles	Dáctilo
	Pasto Rhodes	Pasto Dallis Sudan	Gramma azul
		Alfalfa	Trébol grande
		Centeno (Para heno)	Bromo suave
			Trébol blanco holandés
			Trébol híbrido
		Trébol	

Fuente: Sánchez (2010)

A.4. El pH de la Solución Suelo: El pH (o reacción) de la solución suelo influye en la capacidad de las plantas de absorber nutrientes; en general, puede considerarse entre 5.0 y 7.5 como valores extremos. Sin embargo, cada cultivo tiene un rango específico para su mejor desarrollo. La mayoría de las plantas absorben los nutrientes en un alto porcentaje a valores de pH entre 6.0 y 6.8. El pH del suelo puede originar desórdenes nutritivos, debido a que la concentración de estos iones puede aumentar o disminuir.

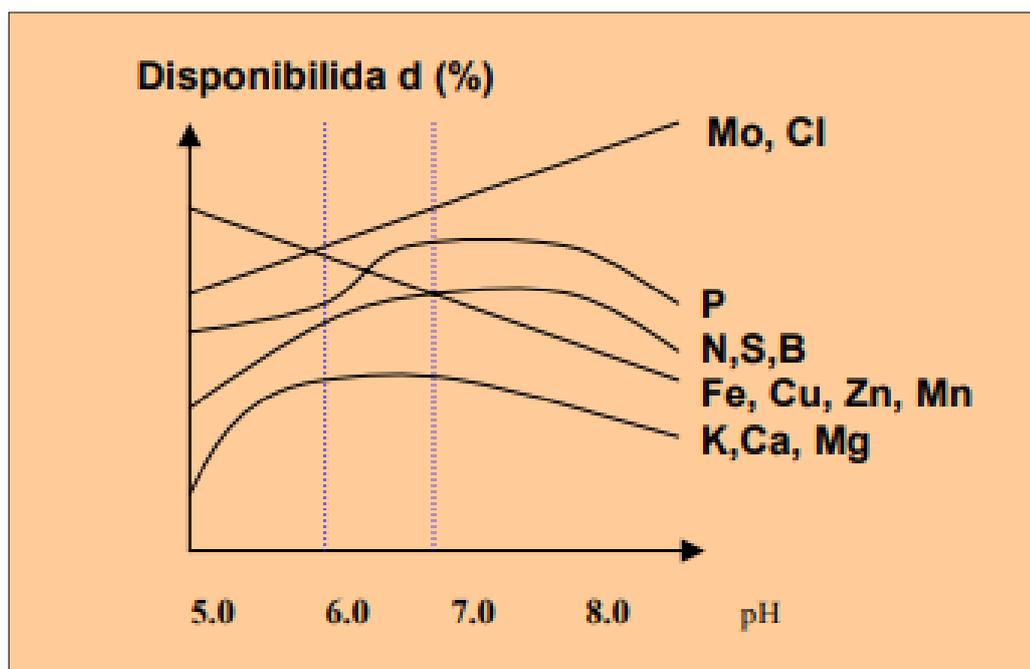


Figura 9: Influencia del pH sobre la disponibilidad de los nutrientes

Fuente: Sánchez (2000)

A.5 Fertilidad del Suelo: El manejo correcto de la fertirrigación comienza con un correcto conocimiento del suelo. Algunos suelos contienen cantidades sustanciales de macronutrientes y están bien provistos de micronutrientes. Para estimar la capacidad de almacenamiento de nutrientes de un suelo son necesarios los siguientes parámetros.

- ✓ Profundidad del sistema radicular: La cantidad de nutrientes disponibles en el suelo es estimada hasta la profundidad de suelo en que las raíces son activas
- ✓ Suelo ocupado por las raíces (%): Fracción de suelo ocupada por las raíces.

Masa de suelo = área (m²) x prof. de raíz (m) x d.a. (t/m³)

- ✓ Capacidad de almacenamiento del suelo QN: La determinación del nivel de nutrientes permiten que las deficiencias sean detectadas por el análisis y corregidas mediante la fertirrigación

$$QN = \text{Peso suelo (t/ha)} \times \text{nutrientes disponibles (g/t)}$$

B. El agua de riego y el fertirriego

Independiente de la fuente (superficial o subterránea), la calidad del agua de riego es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego para los cultivos, para cuya determinación generalmente se toman las características químicas.

La calidad del agua depende de sus características físicas y químicas, y también de los problemas potenciales que pueden generar a los cultivos, a los suelos y al sistema de riego, dando lugar al uso condicionado del agua de riego, dependiendo del cultivo y del suelo específico que se trate.

B.1 Características Físicas: Se consideran las sustancias que llevan en suspensión como: tierra (arena, limo, arcilla) y materia orgánica. Los materiales sólidos de mayor densidad que el agua se elimina por decantación y los materiales orgánicos con la filtración

Problema Potencial	Unidades	Grado de Restricción de Uso		
		Ninguno	Ligero a Moderado	Severo
Salinidad (afecta la disponibilidad de agua al cultivo) C.E. ar* TSD	DS/m mg/l	< 0.7 < 450	0.7 – 3.0 450 – 2000	> 3.00 > 2000
Infiltración (afecta la tasa de infiltración del agua en el suelo) SAR = 0 – 3 y C.E. ar = 3 – 6 = 6 – 9 = 12 – 20 = 20 – 40		> 7 > 1.2 > 1.9 > 2.9 > 5.0	0.7 – 0.2 1.2 – 0.3 1.9 – 0.5 2.9 – 1.3 5.0 – 2.9	< 0.2 < 0.3 < 0.5 < 1.3 < 2.9
Toxicidad Ión Específico (afecta la sensibilidad del cultivo) Sodio (Na+) Cloro (Cl-) Boro (B)	SAR Meq/l Mg/l	< 3 < 4 < 0.7	3 – 9 4 – 10 0.7 – 3.0	> 9 > 10 > 3.0
Efectos Misceláneos (afecta la susceptibilidad del cultivo) Nitrógeno (N-NO ₃ ⁻) Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) PH	mg/l meq/l	< 5 < 1.5	5 – 30 1.5 – 8.5	>30 >8.5
		Rango Normal 6.5 – 8.4		

* mmhos/cm = dS/m

Figura 10: Guía para la interpretación del agua en el riego

Fuente: Ayres and Westcot (1985)

B.2 Características Químicas:

- ✓ El pH del agua de riego: Indica la acidez o alcalinidad del agua de riego el pH mayor que 8.0, es una limitante en el fertirriego, ya que hay peligro que se presenten precipitados de calcio y magnesio o de contribuir a que se incremente el pH del suelo a niveles en que los nutrientes no puedan aprovecharse.
- ✓ Contenido de Sales: El contenido total de sales trae como peligro la acumulación de sales solubles en el suelo, que puede generar problemas de presión osmótica, es decir producen dificultades de absorción de agua por las plantas. La dureza del agua es otro factor que esta relacionada con la presencia de iones de calcio y magnesio; es la suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresada en miligramos de carbonato de calcio por litro (mg CaCO₃/l) o partes por millón de carbonato de calcio (ppm CaCO₃). Finalmente el contenido de iones tóxicos afectan la susceptibilidad de un cultivo. Afectan el área foliar y disminuyen la capacidad fotosintética de la planta. Dentro de los iones más comunes tenemos el Sodio, Cloro y Boro.

2.4.6 Fertilizantes utilizados en fertirrigacion

Los fertilizantes utilizados hoy en día para fertirriego son líquidos por su alta capacidad de solubilidad frente a los fertilizantes tradicionales (sólidos), pese a los dos tipos tener un alto grado de solubilidad que asciende a más del 98%, se diferencia en que en el primero el trabajo de elaborar la solución madre no requiere de tanto trabajo con respecto a formar la solución madre con fertilizantes sólidos; Ferreyra *et al.*, (2005) indica que para utilizar un fertilizante a través del sistema de riego es necesario conocer la composición de los productos y la solubilidad de cada uno de ellos. De acuerdo a normas internacionales, el nombre de cada compuesto va seguido de un paréntesis con tres números. El primero indica el contenido de nitrógeno en porcentaje (%), el segundo indica el contenido de fósforo en la forma de P₂O₅ (%) y el tercero el contenido de potasio en la forma de K₂O (%).

Como ejemplo podemos describir uno de los fertilizantes más utilizados dentro del sector agrícola como es la UREA [46, 0, 0], por lo tanto vemos que este fertilizante no contiene ni fósforo ni potasio (figura 2.11)

UREA	[46 , 0 , 0]
Nombre del producto	
Cantidad de Nitrogeno (%)	
Cantidad de fosforo (%)	
Cantidad de potasio (%)	

Figura 11: Forma de describir a los fertilizantes

Ferreira *et al.*, describe según lo establecido líneas arriba a los fertilizantes mas utilizados en el mercado, con sus respectivas características más importantes:

- **Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ [15.5 - 0 - 0]**. Aunque prácticamente abandonado en los programas de fertilización tradicional debido al alto costo de la unidad de nitrógeno, este producto es utilizado en fertirrigación por su aporte de calcio cuando este elemento es necesario
- **Nitrato de potasio (Salitre potásico) (KNO_2) [15-0-14]**. El salitre potásico posee un 15% de nitrógeno y un 14% de potasa. Este fertilizante no se disuelve completamente, dejando impurezas no solubles en el fondo del recipiente
- **Urea $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ [46-0-0]**. La urea se comercializa como fertilizante granulado con un 46% de nitrógeno, es de alta solubilidad y fácil de manejar, lo que la hace un producto muy utilizado en fertirrigación. No saliniza el agua, por lo que resulta apropiado en el caso de aguas y suelos salinos. La urea baja la temperatura del agua en el proceso de mezcla y disolución. Existe en forma perlada y en forma cristalina. Ambas pueden ser utilizadas en fertirrigación. La primera posee un 1% más de Biuret. La segunda es más soluble y contiene menos impurezas, por lo que resulta de mayor costo.
- **Ácido fosfórico (H_3P_0_4) [0-51-0] verde [0-54-0] blanco**. El H_3P_0_4 contiene entre un 51 y 54% de P_2O_5 . Aquel que posee un contenido de 51% es de color verde, debido a las impurezas que le otorgan ese color. El de 54% es de color blanco. La mezcla de agua en ácido fosfórico libera calor, el cual se disipa en corto tiempo. El ácido fosfórico blanco es utilizado preferentemente en la preparación de soluciones nutritivas en sistemas de riego localizado, pero su uso se ve limitado por su disponibilidad y precio.

- **Fosfato diamónico ((NH₄)₂HPO₄) [16-48-0].** Con una concentración alta de nitrógeno y P₂O₅, tiene una reacción ligeramente alcalina, por lo tanto es necesario adicionar ácido nítrico para bajar el pH. La dosis adecuada es de 0.9 litros de ácido por kilo de fosfato diamónico.
- **Nitrato de potasio (KNO₃) [13-0- 44].** El nitrato de potasio es de alto costo pero otorga beneficios al agricultor por ser un producto que contiene nitrógeno y potasio en forma simultánea. Esta es la segunda fuente de potasio en importancia después del cloruro de potasio (KCl); es muy utilizada debido a que no contiene iones cloruros.
- **Sulfato de potasio (K₂SO₄) [0-0- 50].** El K₂SO₄ es una fuente en potasio y azufre. No es un producto popular en fertilización debido a su relativa baja solubilidad en comparación al cloruro de potasio y nitrato de potasio. La solubilidad en agua es de 120 gramos/litro
- **Ácido sulfúrico (H₂SO₄) [0-0-0].** El ácido sulfúrico no es un fertilizante, por eso su ley es 0-0-0 (no contiene nitrógeno, fósforo ni potasio). Se encuentra en forma líquida con una densidad de 1.83 kg/l cuando está concentrado. El ácido sulfúrico es un líquido claro y transparente, que no tiene olor. Se utiliza para reducir el pH del agua de riego. Cuando se mezcla con agua libera una apreciable cantidad de calor. El ácido sulfúrico es un compuesto químico extremadamente peligroso y se requiere mucho cuidado en su manipulación, transporte y almacenaje. Los tambores de almacenaje deben ser herméticos para evitar filtraciones o evitar el contacto del líquido en alguna fuente de agua. Se utiliza para bajar el pH y realizar lavados químicos de la red de riego para evitar taponamientos.

A. Solubilidad de los fertilizantes:

Ferreira *et al.* (2005) indica que La solubilidad es la capacidad de disolución de algún producto en el agua. En fertirrigación se pueden combinar dos o más fertilizantes, sin embargo puede volverse menos soluble la mezcla final. Los productos de baja solubilidad o menos solubles no deben ser utilizados, ya que producirán problemas de taponamientos de los emisores, desuniformidad de los sistemas de riego y, por lo tanto, problemas productivos al no cumplir con los requerimientos de demanda del cultivo.

Cabe mencionar que la temperatura juega un rol importante en el tema de la solubilidad de los fertilizantes la mayoría de sales en el mercado aumenta su solubilidad con la temperatura con muy pocas excepciones como el hidróxido de calcio entre otros compuestos cálcicos que aumentan su solubilidad al disminuir la temperatura.

Tabla 12: Solubilidad de principales fertilizantes a distintas temperaturas

Fertilizante	Reacción	Solubilidad			
		0°C	10° C	20° C	30° C
Urea	Básica	670	850	1050	1350
Nitrato de amonio	Acida	1180	1500	1920	2420
Sulfato amónico	Acida	710	730	754	780
Urea fosfato	Acida			620	
Fosfato monoamónico	Acida	220	280	365	458
Fosfato monoamónico	Acida	159	183	226	277
Sulfato de potasio	Acida	74	93	111	131
Nitrato potásico	Básica	133	209	316	458
Cloruro potásico				330	
Sulfato de magnesio	Acida	223	278	335	396
Nitrato de magnesio	Acida	665	710	760	800
Nitrato de calcio	Básica	1020	1150	1290	1530
Sulfato de cinc	Acida	420	470	540	610
Sulfato de manganeso	Acida	532	600	645	664
Acido bórico	Acida			51	67
Bórax		12	18	27	39
Sulfato de cobre	Acida	143	174	207	250

Fuente: Ferrer (2009)

B Compatibilidad de los fertilizantes

Hirzel (s/f) manifiesta que los fertilizantes son sales, que en contacto con el agua se disocian formando iones (aniones y cationes); diferentes iones pueden interactuar en la solución y precipitar (formando compuestos insolubles), con el consiguiente riesgo de no estar disponibles para las raíces o con alto riesgo de taponear emisores, disminuyendo consecuentemente la eficiencia de aplicación de los nutrientes.

Al respecto, cuando se mezclan fuentes de fertilizantes simples, el primer aspecto que debe considerarse es que los ingredientes de la mezcla sean químicamente compatibles.

FERTILIZANTES	Urea	Nitrato de Amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de Calcio	Nitrato de magnesio	Fosfato monoamónico	Fosfato monopotásico	Nitrato de potasio	Sulfato de potasio	Cloruro de potasio	Ácido fosfórico	Ácido nítrico	Ácido sulfúrico	Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn	Quelatos
Nitrato de Amonio	c														
Sulfato de amonio	I	c													
Nitrato de Calcio	c	c	I												
Nitrato de magnesio	c	c	c	c											
Fosfato monoamónico	c	c	c	I	I										
Fosfato monopotásico	c	c	c	I	I	c									
Nitrato de potasio	c	c	R	c	c	c	c								
Sulfato de potasio	c	c	R	I	I	c	c	c							
Cloruro de potasio	c	c	c	I	c	c	c	c	R						
Ácido fosfórico	c	c	c	I	I	c	c	c	c	c					
Ácido nítrico	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c				
Ácido sulfúrico	c	c	c	I	I	c	c	c	R	c	c	c			
Sulfatos Fe, Cu, Mn, Zn	c	c	c	I	I	I	c	c	R	c	c	c	c		
Quelatos	c	c	c	R	R	R	c	c	c	c	R	I	c	c	
Sulfato de Magnesio	c	c	c	I	I	I	c	c	R	c	c	c	c	c	c

C: Compatible, R: Se reduce la solubilidad, I: Incompatible.

Figura 12: Compatibilidad de los fertilizantes solubles utilizados en fertirriego
Fuente: Hirzel (s/f)

C Manejo de pH y Conductividad eléctrica (C.E)

Tanto el PH como la C.E son los parámetros básicos que se deben manejar dentro del fertirriego, ya que por medios de estos dos podemos diagnosticar las características tanto de acidez, alcalinidad y concentración de sales respectivamente de nuestro suelo, cultivo y del agua de riego; el SIAR (s/f) en su boletín N° 11 manifiestan los siguiente sobre el manejo de estos dos parámetros dentro del fertirriego:

C.1 Manejo del pH: El pH es un parámetro que indica la acidez o basicidad de una solución. Se considera el pH 7 como neutro. El valor de pH óptimo de la solución nutritiva para cualquier tipo de cultivo varía entre 5,5 y 6,5, pues a estos valores existe una mayor asimilación de nutrientes por las raíces, se consigue una óptima dilución y estabilidad de la solución nutritiva y se evitan obturaciones por precipitados. Valores demasiado altos de pH (>7,5) disminuyen la disponibilidad del fósforo, hierro y zinc para las plantas, además se pueden forman precipitados de carbonatos y ortofosfatos de calcio y magnesio en las tuberías y emisores. Valores demasiado bajos de pH (<5,5) pueden aumentar las concentraciones de aluminio y manganeso hasta niveles tóxicos.

Normalmente el agua de riego tiene un pH superior a 6,5. Este pH se puede bajar incorporando algún ácido. Los ácidos más utilizados en soluciones nutritivas son el ácido nítrico y el ácido fosfórico. El ácido nítrico se emplea a 56-59 % de riqueza (aporta 12,4-13,1% de nitrógeno) y el ácido fosfórico se utiliza a 55-75 % de riqueza (aporta 40-54% de P₂O₅). Una cantidad de 0,5 litros/1000 litros de agua suele ser suficiente para mantener un pH ligeramente ácido. En caso de que el agua tenga un pH mayor de 7,5 se incrementaría la dosis hasta 1-2 litros/1000 litros de agua

C.2 Manejo de la conductividad eléctrica (C.E.): La conductividad eléctrica es una medida de la resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica. En una disolución la conductividad es mayor cuanto mayor sea su concentración en sales. Así, la C.E. en fertirrigación se utiliza para dosificar la cantidad de sales fertilizantes que se aportan con el riego.

La unidad más frecuente en la que se puede encontrar la C.E. es el deciSiemens/metro (dS/m).

Cuando las características del agua de riego y del suelo supongan un riesgo de salinización, se ha de tener en cuenta el índice de sal de los abonos que se van a utilizar. Este índice indica, en función del contenido en sales del fertilizante, el aumento de presión osmótica que produce el abono en la solución del suelo.

III. MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo el trabajo de investigación se necesitó de análisis referenciales de agua, de suelo, así como materiales y equipos físicos, que se describirán a continuación

3.1 Materiales y equipos

3.1.1 Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) específicamente en el campo experimental de la facultad de ingeniería agrícola, ubicada:

País : Perú
Región : Lima
Provincia : Lima
Distrito : La Molina
Lugar : UNALM

El distrito de la Molina esta a una altitud de 241 m. s. n. m.; geográficamente se encuentra a los 12°04'43" latitud Sur y 76°56'43" longitud Oeste.

3.1.2 Características técnicas de la parcela de estudio

Ancho : 23m
Largo : 24m
Área : 552 m²
Topografía : Plano
Punto de agua : Tubería



Figura 13: Ubicación geográfica del área destinada a las parcelas experimentales

Fuente: Google Earth (2016)

3.1.3 Características climáticas de la zona experimental

La toma de datos se llevó a cabo en los meses de: junio – setiembre, del año 2018, los datos meteorológicos obtenidos en la estación meteorológica de recursos hídricos UNALM en los meses que duró la investigación, fueron los siguientes:

Tabla 13: Datos meteorológicos mensuales

Mes	Horas de sol	Temperatura (C°)		Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	PP (mm)
		Max.	Min.			
Junio	6.03	19.94	15.98	88.48	1.56	0
Julio	5.9	19.21	15.44	88.12	1.56	0
Agosto	6.7	18.47	14.33	90.85	1.55	0.02
Setiembre	8.53	18.32	14.08	91.95	1.64	0.03

Fuente: Estación meteorológica de recursos hídricos. UNALM.

3.1.4 Análisis de agua

El agua de donde se captó para el uso durante la experimentación fue de reservorio que cuenta la facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM, la cual tiene las siguientes características:

Tabla 14: Análisis físico químico del agua

Características	Unidad	Agua
C.E	dS/m	0.49
pH	-	7.24
Calcio	meq/l	3.42
Magnesio	meq/l	0.52
Sodio	meq/l	0.85
Potasio	meq/l	0.1
SUMA DE CATIONES		4.89
Cloruro	meq/l	0.84
Sulfato	meq/l	2.36
Bicarbonato	meq/l	1.62
Nitratos	meq/l	0
Carbonatos	meq/l	0
SUMA DE ANIONES		4.83
SAR		0.6
CLASIFICACION		C2 - C1
Boro	ppm	0.31
Turbidez	NTU	5.78
Carbonatos	mgCaCO3/L	0
Solidos suspendidos	mg/L	5.84
DBO5	mgO2/L	52.35
DBQ	mgO2/L	30
Dureza toral	mgCaCO3/L	196.65

Fuente: Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego UNALM

- pH del agua: Presenta un pH de 7.44 siendo esta ligeramente alcalino.
- Conductividad eléctrica (C.E): La conductividad eléctrica del agua tiene una medida de 0.49 dS/m el cual es considerado de buena calidad para la agricultura y especialmente adecuado para el trabajo en fertirriego.

3.1.5 Análisis del suelo

El análisis del suelo se llevo a cabo días antes de la instalación de la parcela experimental, cuyos resultados y análisis de ello se muestran a continuación.

Tabla 15: Resultado de análisis de suelos

Características	Unidad	Medida
C.E	Mmhos/cm	2.7
pH	—	7.26
7	%	1.71
M.O	%	1.64
P2O5	ppm	17.9
K2 O5	pmm	106
Textura	—	Franco - limoso

Fuente: Laboratorio de agua y suelos FIA - UNALM

C. E : Conductividad eléctrica

pH : Acidez del suelo (potencial de hidrogeno)

CO3Ca : Carbonato de calcio

P2O5 : Cation fosfórico

K2O5 : Cation potásico

Los resultados del análisis son :

- Conductividad eléctrica (C.E.): La conductividad eléctrica de 2.70mmhos/cm es considerada ligeramente salino: por lo tanto se debe tener cuidado en aplicar fertilizante tanto para temas de prueba como para llevar a cabo la plantación de algún cultivo.
- Acidez del suelo (pH): El pH del suelo es ligeramente alcalino, al no estar dentro de lo normal se debe utilizar fertilizantes con moderación para no alterar más el suelo.
- Materia orgánica (M.O): La materia orgánica se considera alta esto debido a que en el predio se vino desarrollando la producción de diversos cultivos como la papa, maíz, etc., y por ello se ha estado abonando constantemente el suelo.
- Textura: Según el resultado del análisis nos da a conocer que es un suelo: Franco, esta característica nos indica que el campo en análisis es recomendable para el buen desarrollo vegetativo y reproductivo de los cultivos que se adapten a la zona así como también es un suelo de buena retención de fertilizantes administrados al campo.

3.1.6 Equipos y accesorios

En lo que duro la experimentación se utilizó tanto equipos personales como equipos del laboratorio de la FIA – UNALM y los accesorios fueron diversos desde tuberías, mangueras de polietileno hasta sobres de papel para la recolección de datos, a continuación se detallará con precisión los equipos y accesorios con los que se llevo a cabo la experimentación.

A. Equipos:

- **Bomba estacionaria de fumigación foliar:** El equipo utilizado es una motobomba estacionaria que trabaja en base a pistones adquiriendo el trabajo de estos pistones de un motor sea eléctrico o a diesel mediante una faja o correa. Esta bomba se utiliza en la agricultura para la labor de fumigación foliar, por la alta presión que posee para pulverizar los insumos a implementar a la planta, a continuación en el cuadro N° 18 y en la figura N° 13 se mostrara las características principales.

Tabla 16: Características técnicas de la bomba

Detalle	Descripcion
Marca	Lucatti
Modelo	Lu - 26/ 3 pistones
Motor	Diesel / 2 tiempos
Potencia de motor	3HP
Caudal	5 l/min - 18 l/min
Presion	5 - 20 bar

Fuente: Manual de uso de bomba Lucatti



Figura 14: Bomba fumigadora estacionaria

- **Motor a combustión diesel:** Motor estacionario de 3.5 HP, de la marca SUPERBAO, a continuación en la imagen N° 15 se mostrara los detalles más importantes del motor.

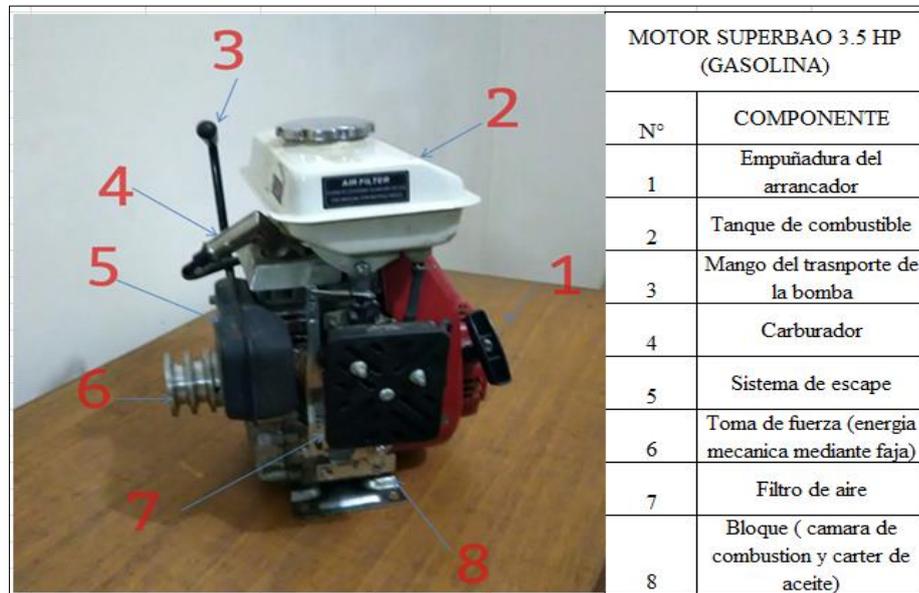


Figura 15: Motor diesel de 3.5 HP utilizado en el proyecto

- **Medidor de pH: WTW pH 3210 Set 10:** El medidor de pH de precisión compacto de pH 3210 le permite realizar el pH Mediciones rápidas y fiables. El pH 3210 proporciona el Máximo grado de confort de funcionamiento, fiabilidad y medición. Certeza para

todas las aplicaciones. Los procedimientos de calibración probados y el control automático de estabilidad. La función (AR) apoya su trabajo con el medidor de pH.

- **Medidor de conductividad eléctrica:** El medidor de conductividad de precisión compacto Cond 3210 le permite Realice mediciones de conductividad de forma rápida y fiable. El Cond 3210 proporciona el máximo grado de confort de operación, Confiabilidad y certeza de medición para todas las aplicaciones. Los procedimientos probados para determinar o ajustar la constante celular. Apoya tu trabajo con el medidor de conductividad
- **Bomba de succión al vacío :** El succionador para la determinación del PH y C. E del suelo es un equipo que consta de una compresora eléctrica el cual succiona el liquido de la pasta realizada del suelo en análisis con agua destilada

B. Accesorios:

- Tubería con gotero integrado de alto espesor Azud Premier pc

Tabla 17: Características técnicas del goteros Azud premier pc

Goteros Azud premier PC	Descarga (l/h)	Exponente del emisor	Coefficiente de flujo (k)
Linea roja	2.3	0	1.6
Otras características:			
Tipo	Autocompensante integrado.		
Rango de regulacion	0.5 - 4 bar		
Espesor	1 mm		
Distanciamiento de goteros	0.3 cm		
Recomendado	Cultivos intensivos, arboreos.		
Terreno	Ondulados.		

Fuente: Catalogo de accesorios de riego Azud.

- Goteros de botón Naandanjain J- Turbo keyplus

Tabla 18: Características técnicas del gotero Naandanjain J – Turbo Keyplus

Color de tapa e insertos	Descarga (l/h)	Exponente del emisor	Coefficiente de flujo (k)
Amarillo	2	0.48	2
Otras características:			
Tipo	No compensantes		
Rango de regulacion	1 - 3 bar		
Grado de filtracion	130 micrones (120 mesh)		
Diametro de perforacion	2.9 mm		
Recomendado	Hortalizas, frutales, huertos, viveros.		
Terreno	Terrenos escarpados.		

Fuente: Catalogo de goteros Naandanjain

- Tubería con gotero integrado de bajo espesor Azud Sprint

Tabla 19: Características técnicas del gotero Azud Sprint

Gotero Azud Sprint	Descarga (l/h)	Exponente del emisor	Coefficiente de flujo (k)
Linea blanca	1.6	0.54	0.33
Otras características:			
Tipo	No compensantes integrado		
Rango de regulacion	0.25 - 2 bar		
Espesor	0.65 mm		
Distanciamiento de goteros	0.25 cm		
Recomendado	Cultivos estacionales		
Terreno	Terrenos escarpados.		

Fuente: Catalogo de accesorios de riego Azud.

- **Tanque de mezcla:** El tanque de mezcla que se usaron fueron de 20 litros y 200 litros.
- **Probetas:** Las probetas que se utilizaron tanto en el laboratorio como en la recolección de datos en el campo fueron probetas graduadas de plasticos.
 - ✓ Probetas de 250 ml
 - ✓ Probetas de 100 ml

- **Recipiente de plástico:** La recolección de datos tanto en el laboratorio como en el campo para determinar la uniformidad y la concentración de fertilizante se dio en envases de PVC de 100 ml por su fácil manipulación y por el costo de estas.
- **Fertilizantes:** Se utilizó la aplicación más común en todo tipo de cultivo el cual es el NPK (Nitrato, Fosforo y Potasio), para lo cual se trabajó con los siguientes fertilizantes
 - ✓ Nitrato de amonio (NH_4NO_3) : Estabilizado 33 – 3
 - N: 33%
 - ✓ Fosfato Monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$):
 - N: 12%
 - P_2O_5 : 61%
 - ✓ Nitrato de potasio (KNO_3):
 - N: 13.5%
 - K_2O_5 : 45%
- **Accesorios de riego :**
 - ✓ Tuberías: Tuberías de 1 ½” PVC - SP - Clase 7.5 x 6m
 - ✓ Válvulas: Válvulas de bola Sanking - PVC - 1 ½” - SP
 - ✓ Válvulas de acople rápido
 - ✓ Bayonetas o llave para válvula de acople
 - ✓ Filtros de aire: Filtro de aire de 1”
 - ✓ Wincha, cinta teflón, pegamento de PVC OAT, cal, rollo de rafia, sobres de papel

3.2. Metodología:

3.2.1 Diseño e instalación de la parcela experimental acoplado una bomba fumigadora como equipo de fertirriego.

A. Dimensionado y diseño de las subunidades de la parcela experimental

El dimensionado de las subunidades se dio mediante los siguientes pasos:

- Reconocimiento del área

El campo donde se llevó a cabo la experimentación es un espacio donde siempre se utilizó para la producción de diversos cultivos como papa, camote, maíz, frejol, etc.; para fines de experimentación y de comercialización por lo cual es una parcela que topográficamente está bien nivelada o para el estudio de este caso esta en perfectas condiciones ya que no influenciara en la toma de datos y resultados.

- Dimensionado de la parcela

El diseño de la parcela se realizó tomando en cuenta la metodología de Merrian y keller (fig.34) , esta metodología se usa para la evaluación del coeficiente de uniformidad (C.U), en este caso específico se instaló en cada subunidad de riego 7 porta laterales con un total de 40 goteros por porta lateral.

- Se diseñó la entrada del fertilizante en los portlaterales a una distancia de 30cm del primer emisor, utilizando para ello un collarín junto con una válvula de acople rápido.

B. Instalación de la parcela experimental

La instalación se realizó considerando el dimensionado siguiendo los siguientes pasos:

- **Tractoreo y limpieza de la parcela**

Se pasó el tractor a la parcela para soltar la tierra, para luego con la misma rastra nivelar el terreno, por último manualmente con la ayuda de rastrillo y pico se rompió los terrones de tierra que quedaron y se sacó la hierba que la rastra del tractor no pudo extraer.



Figura 16: Tractoreo y limpieza de parcela

- **Trazo y replanteo en la parcela**

Una vez nivelado el terreno y con el dimensionado en el plano se ubico las partes por donde pasaría la tubería matriz, la válvula general, los arcos de riego y los laterales de riego, luego se replanteo con cal y la ayuda de un cordel para la delimitación.



Figura 17: Replanteo de la parcela experimental

- **Excavación de zanjas**

Una vez ya replanteado el terreno se realizo con la ayuda de pico y pala la excavación de las zanjas para la tubería matriz, arcos de riego y laterales riego, respetando siempre la delimitación realizada con la cal previamente.



Figura 18: Excavación de zanjas

- **Instalación de tuberías , válvulas y arcos de riego**

Una vez señalado mediante el replanteo las partes donde irán las tuberías, válvulas y arcos se procedió a la instalación de la parcela experimental para lo cual se respetaron cada uno de los procesos como tendido de tuberías, presentación de accesorios para luego empezar a pegar todos y cada uno de los accesorios con el OAT, en cada uno de los tres arcos se puso un filtro de aire, una válvula de bola y un punto de toma de presión, en los porta laterales de cada subunidad de riego se hizo 7 agujeros de 16mm para instalar las mangueras.



Figura 19: Instalación de arcos de riego

- **Instalación de válvula de acople para la inyección de fertilizante.**

En cada uno de los porta laterales se dejó perforado un agujero de 3/4" para colocar la válvula de acople, se respetó una distancia de 30 cm del arco de riego al primer agujero que da salida a la manguera de riego (fig.23).



Figura 20: Instalación de válvula de acople para fertirrigación

- **Instalación de los emisores de riego en las sub unidades**

Una vez instalada la tubería matriz, arcos de riego y realizado la perforación de 7 agujeros de 16mm de diámetro en cada subunidad de riego, se instalo los tres tipos de goteros para lo cual en cada uno de los porta laterales se coloco conectores iniciales, mangueras ciegas y válvulas ramales para cada uno de los agujeros de los 3 porta laterales , en válvulas ramales se conecto 2 tipos de manguera y una cinta de riego, el primer tipo de manguera de la marca Azud modelo premier tenia goteros autocompensantes insertados en la misma manguera que estaban ubicados cada 30cm, se considero un total de 40 goteros, el segundo tipo de manguera fue una manguera ciega de 16mm instalando un total de 40 goteros de botón marca naandanjain cada 50cm y por ultimo la cinta de riego fue una cinta con goteros incorporados cada 25cm no compensantes marca Azud, que por ramal tenían un total de 40 goteros, realizado el tendido de mangueras se conecto al final de cada una de ellas una llave para evitar la salida de agua.



Figura 21: Instalación de accesorios

C. Acondicionamiento de la bomba y motor como equipo de fertirrigacion

Para la instalación de la bomba estacionaria de fumigación foliar (bomba de análisis) como equipo de inyección de fertirriego en las subunidades se llevo a cabo los siguientes pasos:

- **Acoplamiento de la bomba y el motor**

La bomba y el motor se acoplaron mediante un marco que se muestra en la Fig. 22, este marco consta de un juego de pernos de anclaje el cual permite que tanto bomba y motor formen un mismo cuerpo, al momento de acoplar se alineo verticalmente bien la dirección del eje transmisor de fuerza del motor (Fig.15) con la polea de la bomba (Fig.14) que acciona los pistones mediante una faja de caucho, una vez alineado se ajusto con una llave inglesa los pernos de anclaje para su normal manipulación y desplazamiento de la bomba y motor.

- **Instalación de la carreta de desplazamiento al equipo de inyección**

Una vez obtenido el equipo de inyección este se acoplo a una carreta (Fig. 22), se tomo en cuenta que la carreta cumpla con encajar con las dimensiones de la bomba (35cm de largo, 30cm de ancho, 45 cm de alto) , sobre todo con el transmisor de energía entre el motor y la bomba, el cual consta de una faja que transmite energía entre el eje de fuerza del motor y la polea de la bomba, una vez observado y probado que la faja de transmisión de energía no rose con la carreta se mando a acoplar mediante pernos y alambres al marco del equipo de inyección.

- **Instalación de manguera de inyección de fertilizante**

Se mando a hacer una manguera de polímero de cloruro de vinilo de 8.5mm con dos capas de refuerzo que resisten hasta 176kgf/cm² con una distancia de 3m de largo (Fig. 32) llevando en la punta una llave o bayoneta que abrirá la válvula de acople instalado en cada subunidad de riego de análisis.

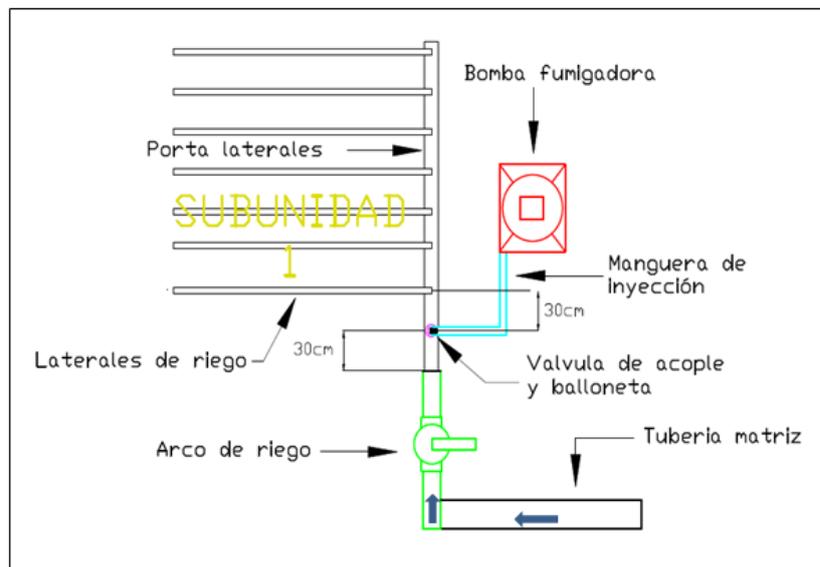


Figura 22: Equipo de inyección armado

- **Instalación de válvula de acople para la inyección de fertilizante en los arcos de riego.**

Como parte del acondicionamiento de la bomba y motor para su uso como equipo de inyección se tuvo que instalar en las subunidades de riego exactamente en los porta laterales a 30cm después del arco de riego una válvula de acople el cual se activa con la bayoneta instalada en la manguera de inyección.

Figura 23: Esquema de la bomba de fumigación como equipo de fertirriego en las subunidades



- **Evaluación de presión de la bomba fumigadora en las subunidades**

Una vez obtenido el equipo de inyección ya establecido se hizo pruebas de la presión de la bomba con respecto al caudal de inyección y presión de trabajo de la bomba para lo cual se trabajo de la siguiente manera:

Se realizo esta prueba con la intención de definir la presión a trabajar del equipo, cuando inyecte fertilizante a los tres subunidades de riego, para lo cual se hizo una evaluación de presión vs volumen para determinar el tiempo en el cual el equipo logre inyectar 20 litros de fertilizante, haciendo trabajar al equipo a 2 bar, 3 bar y 4 bar y haciendo trabajar a los arcos de riego de las subunidades a las las siguientes presiones: 0.5, 0.75, 1, 1.25; esto con la finalidad de poder evaluar como se comporta el equipo de inyección planteado y poder determinar la presión de trabajo del equipo en las subunidades de riego, basándose en los datos técnicos de la bomba inyectora

el cual nos indica que la bomba puede expulsar hasta 10 litros en un rango de tiempo de 0.75 minutos a 1 minuto trabajando a una presión de 2 bar a 4 bar, con la evaluación se buscara llegar a estos valores para no salirse de las especificaciones técnicas de la bomba.

D. Método de fertirriego y los fertilizantes a utilizar

- Análisis del agua y suelo

Se mando a realizar el análisis del agua y suelo con los que se suministra la parcela de experimentación al laboratorios de suelos de la FIA y facultad de agronomía UNALM y , para tener datos del pH y C.E del agua y suelo, para tener criterio al momento de la elección del método de fertirriego, lo fertilizantes a utilizar y la cantidad ha aplicar.

- Cultivo a utilizar en el estudio.

El fin principal del estudio es evaluar el C.U de tres subunidades de riego cada una con un distinto tipo de gotero cuando se emplea fertilizante a cada subunidad de riego con una bomba fumigadora como equipo de inyección de fertilizante y analizar cual es la uniformidad de la concentración del fertilizante empleado en las tres subunidades de riego mediante las propiedades físicas y químicas del suelo: pH y C.E respectivamente, para esta evaluación no es prioridad o necesario hacerlo con algún tipo de cultivo , por ello el estudio se realizo con cultivo cero o sin cultivo.

- Método de fertirrigacion y fertilizantes a utilizar

Para la elección del método de fertirriego se tuvo que elegir entre los dos tipo de fetirriego el cual es el proporcional y cuantitativo, en el primer método intervienen distintos parámetros como numero de plantas, edad, superficie foliar, tipo de suelo, área de consumo de nutrientes; el segundo método se usa mayormente para la producción de cultivos sin suelos o hidropónicos, donde se inyecta una cantidad determinada de fertilizante por un volumen determinado de agua, visto que la experimentación se hizo en cultivos cero o parcela sin cultivo se trabajo con el método de fertirrigacion proporcional, utilizando para la recolección de datos los tres tipos de fertilizantes básicos en fertirriego (NPK), los cuales fueron:

- ✓ Nitrato de amonio (NH_4NO_3)
- ✓ Fosfato monoamonico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)
- ✓ Nitrato de potasio (KNO_3)

Utilizando para la toda las muestras 1.0g x litro de agua de cada uno de los fertilizantes, siempre inyectando la preparación de los tres juntos en la solución madre.

- **Tiempo de fertirrigacion**

Para el análisis tanto el de C.U caudal se empleo un tanque de 20l y en un tiempo promedio de 2 min, para la determinación del CU presión se empleo un tanque de 50 litros en un tiempo aproximado de 5 min.

3.2.2 Evaluación del CU de las subunidades a diferentes presiones y la uniformidad de la concentración de fertilizante

A. Evaluación del CUsubunidad

Para la determinación del coeficiente de uniformidad (C.U) de las tres subunidades en estudio se instalo 7 laterales de riego en cada subunidad, en cada lateral una cantidad de 40 goteros, haciendo un total de 280 goteros, en la subunidad 1 los goteros tenían un distanciamiento de 0.3m, en la subunidad 2 un distanciamiento de 0.5m y en el tercera subunidad un distanciamiento de 0.25m.

Para llevar a cabo la evaluación del coeficiente de uniformidad (Cu), se utilizó la metodología establecida por Merrian y Keller (1978) el cual se presenta un esquema de los goteros a analizar por parcela en análisis el cual se muestra en la Fig. 24.

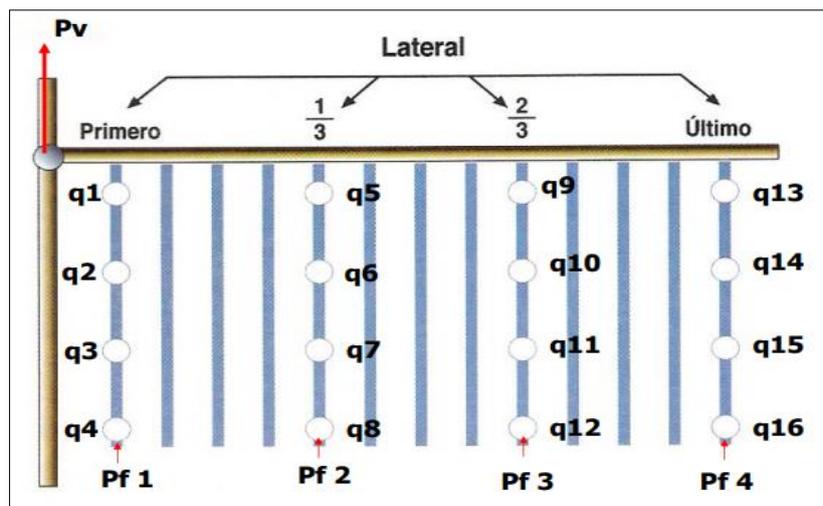


Figura 24: Esquema de toma de datos según Merrian y Keller

Fuente: PROPAP (2016)

De acuerdo a la metodología indicada, en la parcela de experimentación se llevo a cabo el muestreo en las tres subunidades, para lo cual se trabajo con los laterales: 1, 3, 5,7 y los goteros 1, 14, 27 y 40 de cada lateral en análisis; trabajando todas las subunidades a las presiones de 0.5bar, 0.75bar, 1bar, 1.25bar.

Para la evaluación del coeficiente de uniformidad de las subunidades se hizo pruebas para que llenen bien las mangueras, dejando abierto las mangueras un tiempo de 10 minutos antes de empezar con la recolección de datos, esto se realizo en cada una de las subunidades antes de la recolección de datos, una vez llenado las mangueras se apagó el arco de riego que se va analizar y se puso los envases debajo de los goteros en análisis en cada uno de las subunidades, una vez puesto los envases se prende el arco de riego de la subunidad en análisis y se dejo aperturado un minuto, luego se procede ha apagar el arco de riego y se retira los envases de los goteros, luego se pasa el contenido de los envases a una probeta graduada en mililitros, estos datos se pasa a una hoja en Excel para el posterior procedimiento.



Figura 25: Evaluación del C.U de las subunidades sin ningún equipo de inyección

A.2 Evaluación del CU riego en las subunidades usando la bomba fumigadora como equipo de inyección de fertilizante

Para la evaluación del coeficiente de uniformidad de las subunidades de riego usando el equipo de inyector de fertilizante se hizo las mismas pruebas que se realizo anteriormente para hallar el C.U de riego sin equipo inyector, salvo que para la toma de datos se utilizo mas personal de ayuda ya que se debía colocar y retirar los envases de manera conjunta una

vez apagado el equipo de inyección, para ello una sola persona se encargo de la manipulación del equipo inyector; la solución que se preparo fue una solución básica de fertirriego el cual es el NPK (nitrógeno, fosforo y potasio) empleando de cada uno 20g para los 20 litros donde se preparo la solución madre, el tiempo de análisis fue de 2 minutos contabilizado a partir del encendido del equipo inyector, respetando la presión de trabajo del equipo de inyección que se evaluó anteriormente, los datos obtenidos se paso a una Excel y se llevo a tiempo de trabajo a un minuto para realizar posteriormente las comparaciones del coeficiente de uniformidad sin equipo inyector y con equipo inyector; para la toma de presiones en este caso se procedió de igual manera como se tomo el dato de presiones anteriormente, con la diferencia que para la recolección de datos de presión se tuvo el equipo inyector de presión prendido e inyectando fertilizante al campo, para lo cual se preparo la solución en un tanque de 50 litros, para así poder agilizar la toma de presión de gotero en gotero, una vez obtenido los resultados se paso a una hoja Excel para los cálculos posteriores.



Figura 26: Evaluación del C.U en las subunidades usando el equipo de inyección

A.3. Ecuación utilizada:

- **Coeficiente de uniformidad de caudal**

$$CU_q = \frac{Q_{25\%}}{Q_m}$$

Donde:

Q_{25} : Media de los valores del 25% mas bajo

Q_m : Caudal medio de los goteros

$$Q_{25\%<} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n}{n}$$

Donde:

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$: 25% de caudales menores emitidos.

n : N° de datos tomados para hallar el 25% (adimensional)

$$Q_m = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n}{n}$$

Donde:

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$: Caudal de muestra total obtenida

n : N° de datos total (adimensional)

B. Evaluación de la uniformidad de concentración de fertilizante en las subunidades

Para la determinación de la concentración de fertilizante que emiten los goteros en el agua y el suelo se realizó la lectura del pH y la conductividad eléctrica (C.E) usando para el análisis del pH y C.E en el agua las mismas características en referencia a la presión de trabajo tanto del arco como de la bomba fumigadora utilizados en la evaluación del CU subunidad, para el análisis del pH y la C.E de las muestras de suelos de las subunidades se trabajó con la misma presión de trabajo de la bomba fumigadora pero para la presión del arco se utilizó la presión que obtuvo el mayor porcentaje de C.U para cada una de las subunidades.

B.1 Evaluación de la uniformidad de la concentración de fertilizante en las muestras de agua de las subunidades.

Para la toma de datos en este punto se realizó la prueba de coeficiente de uniformidad de cada una de las parcelas de análisis considerando 2 minutos de análisis una vez encendido la bomba fumigadora en análisis, luego se recolectó los 16 envases donde se juntó el volumen de los goteros evaluados y se tomó la lectura del pH y la conductividad eléctrica, pasando estos datos a una hoja Excel para los cálculos posteriores.



Figura 26: Evaluación del pH y C.E en el agua usando el equipo de inyección de fertilizante

B.2 Evaluación de la uniformidad de la concentración de fertilizante en las muestras de suelo de las subunidades.

Para la determinación de la concentración de fertilizante en las subunidades se evaluó las muestras de suelo bajo la metodología de Merriam y Keller por ende serán los mismos 16 goteros de análisis por cada subunidad de riego, pero para poder ver como se comportan los goteros en el suelo usando la bomba fumigadora se realizo muestras en los 16 goteros realizando para ello el análisis de bulbo húmedo para un tiempo de 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos, hallando así el Radio (R) y profundidad (P), además de una muestra de suelo por cada tiempo, muestra que será llevado al laboratorio para la determinación del pH y la C.E, luego de ello se anota los resultados en una hoja de Excel para los posteriores cálculos.



Figura 27: Análisis de la muestra de suelo tomado en el campo

Cabe mencionar que la recolección de datos del bulbo húmedo se llevo a cabo en varios días, ya que al trabajar con el agua para un tiempo determinado se tiene que esperar que seque el suelo para la toma de datos del tiempo siguiente, por lo cual se tomo los datos en un mismo día para el tiempo de 20 minutos de las tres subunidades de riego, una vez recolectados los datos que consistía en tomar el radio (R) y la profundidad (P) del bulbo húmedo generado en el suelo por cada gotero en análisis y sacar una muestra de suelo de la parte central del bulbo húmedo ya que ahí es donde también se sacara la muestra de suelo cuando se use el equipo inyector de fertilizante; luego de ello se espero de 4 días hasta que seque bien el suelo para tomar los datos para un tiempo de 40 minutos, una vez tomado los datos se espero un tiempo de 7 (Una semana) días hasta encontrar el suelo seco para finalmente tomar los datos para un tiempo de análisis de 60 minutos de riego, cabe recalcar que la recolección de datos se realizo a una misma hora para cada uno de los casos (bulbo en el tiempo 20min, 40 min, 60min) y todas las muestras de suelo se llevo al instante al laboratorio para que sean secados al horno que tomo un tiempo de 24 horas , una vez que se realizo el secado de las 16 muestras se paso a preparar la pasta (mezcla de la muestra de suelo con agua destilada), para ser llevado a la bomba de vacío para así poder determinar el pH y la Conductividad eléctrica (C.E), del suelo sin usar ningún tipo de fertilizante.



Figura 28: Evaluación del pH y C.E del suelo sin uso del equipo de fertirriego

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultado del diseño e instalación de la parcela experimental acondicionando una bomba fumigadora como equipo de inyección de fertilizante

4.1.1 Resultado de diseño e instalación de la parcela experimental

La instalación se llevó a cabo basado en la metodología de Kerrián y Meller, a continuación se muestra en el cuadro N° 22 características técnicas de la parcela experimental, así como una imagen de la parcela ya instalada (Fig.30), el plano final de la parcela experimental se muestra en el anexo N° 8.

Tabla 20: Subunidades de la parcela experimental

Sub unidad	Area (m ²)	N° laterales	N° goteros	Tipo de goteros
1	150	7	280	Azud Premier pc - 2.3 l/h - k = 2.3 - x = 0 - AC
2	100	7	280	Naandanjain J Turbo key plus - 2 l/h - k = 2 - x = 0.48 - NC
3	75	7	280	Azud Sprint - 1.6 l/h - k = 0.49 - x = 0.51 - NC



Figura 29: Parcela experimental instalada lista para la toma de datos

4.1.2 Resultados del acondicionamiento de la bomba y motor como equipo de fertirrigación y su uso en las subunidades de experimentación

A. Acoplamiento de la bomba y el motor en análisis

La bomba y el motor se acoplaron mediante un marco de metal, una vez acoplados formaron un solo cuerpo el cual a partir de ahí en adelante se consideró el equipo de inyección de análisis, para el desplazamiento se unió a una carreta, para la inyección de fertilizante se mandó a realizar una manguera con una bayoneta que apertura la válvula de acople que se instaló en cada uno de los laterales de riego, quedando así lista para el uso en la experimentación.

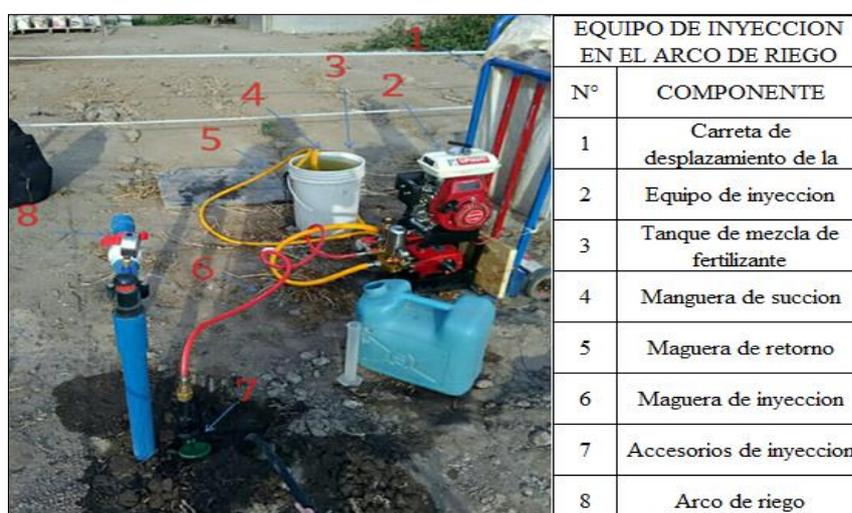


Figura 30: Acoplamiento final de la bomba y motor como equipo inyector

C. Resultado de la evaluación del equipo inyector en las subunidades de riego

Según el análisis que se realizó el cual se puede ver en el anexo 7 se obtuvo las siguientes presiones de trabajo de la bomba en cada una de las subunidades:

Tabla 21: Presión de trabajo de la bomba fumigadora en cada subunidad

Presion bomba (bar)	Sub unidad		
	1	2	3
5	—	—	✓
10	✓	✓	—
15	—	—	—

Fuente: Elaboración propia

4.2 Resultado de la evaluación del coeficiente de uniformidad y concentración de fertilizante en los goteros de análisis

SUB UNIDAD 1

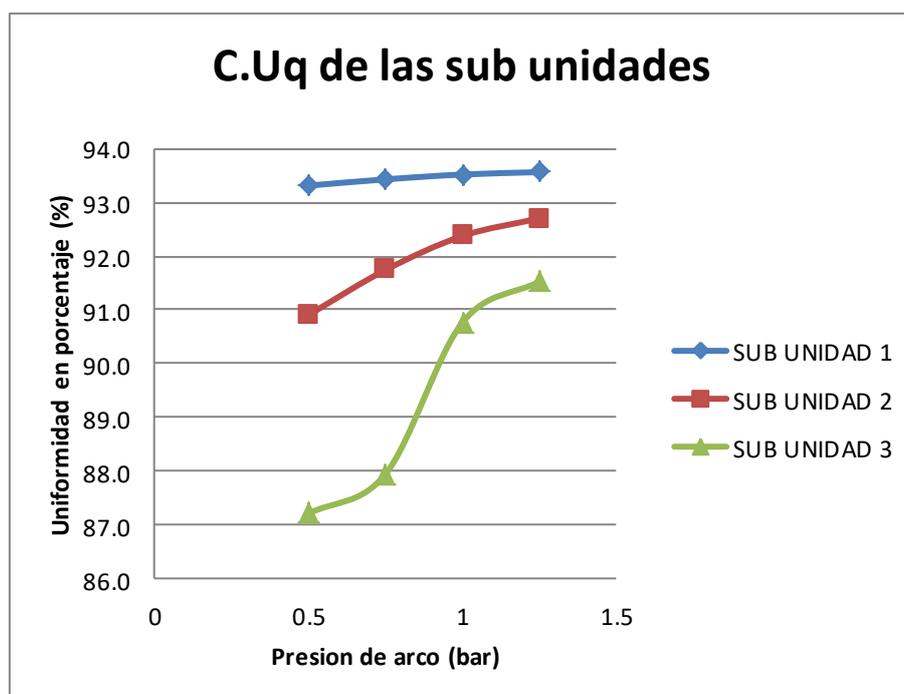
Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	93.3
0.75	93.4
1	93.5
1.25	93.6

SUB UNIDAD 2

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	90.9
0.75	91.7
1	92.4
1.25	92.7

SUB UNIDAD 3

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	87.2
0.75	88.0
1	90.8
1.25	91.5



4.2.1 Resultado de la evaluación del CU caudales usando la bomba fumigadora

SUB UNIDAD 1

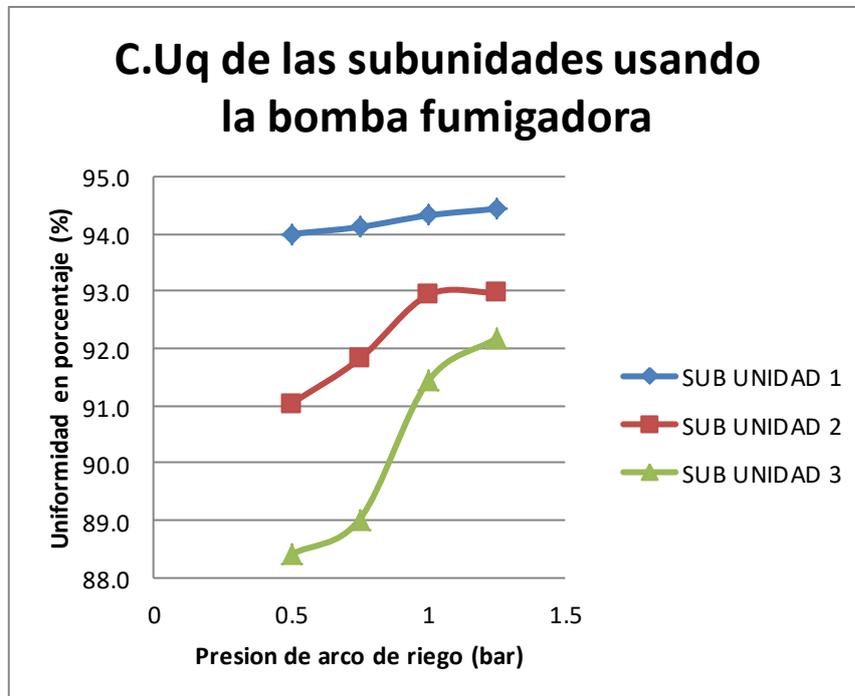
Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	94.0
0.75	94.1
1	94.3
1.25	94.4

SUB UNIDAD 2

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	91.0
0.75	91.8
1	92.9
1.25	93.0

SUB UNIDAD 3

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	88.4
0.75	89.0
1	91.4
1.25	92.2



4.2.2 Resultado de la uniformidad de la concentración de fertilizante en el agua en las subunidades.

A. Resultado de la evaluación del pH en las muestras de agua de las subunidades

SUB UNIDAD 1

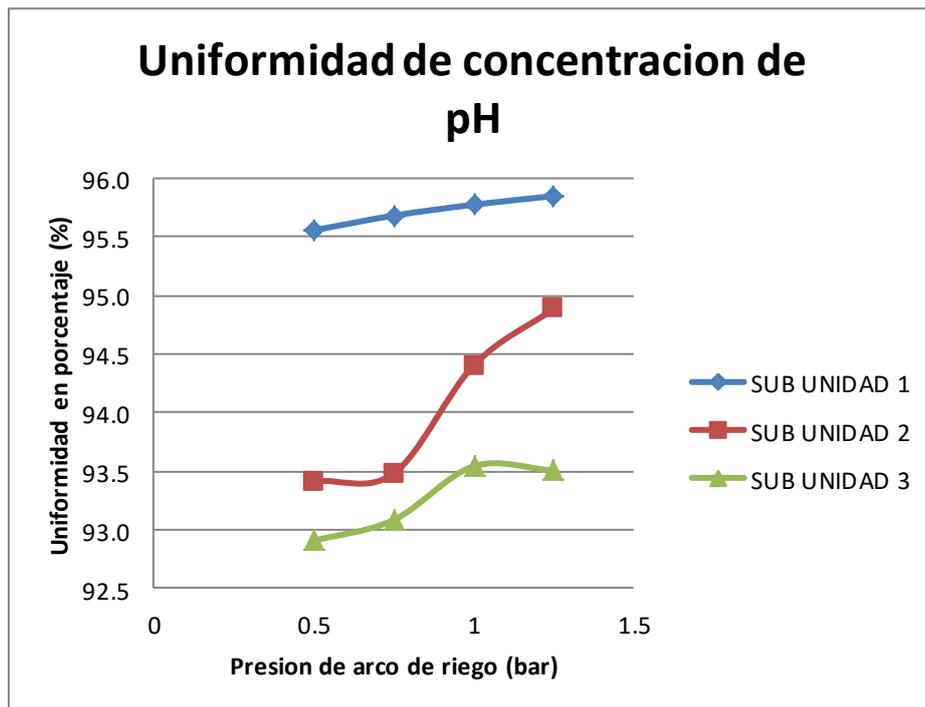
Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	95.6
0.75	95.7
1	95.8
1.25	95.8

SUB UNIDAD 2

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	93.4
0.75	93.5
1	94.4
1.25	94.9

SUB UNIDAD 3

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	92.9
0.75	93.1
1	93.5
1.25	93.5



B. Resultado de la evaluación de la C.E en las muestras de agua en las sub unidades

SUB UNIDAD 1

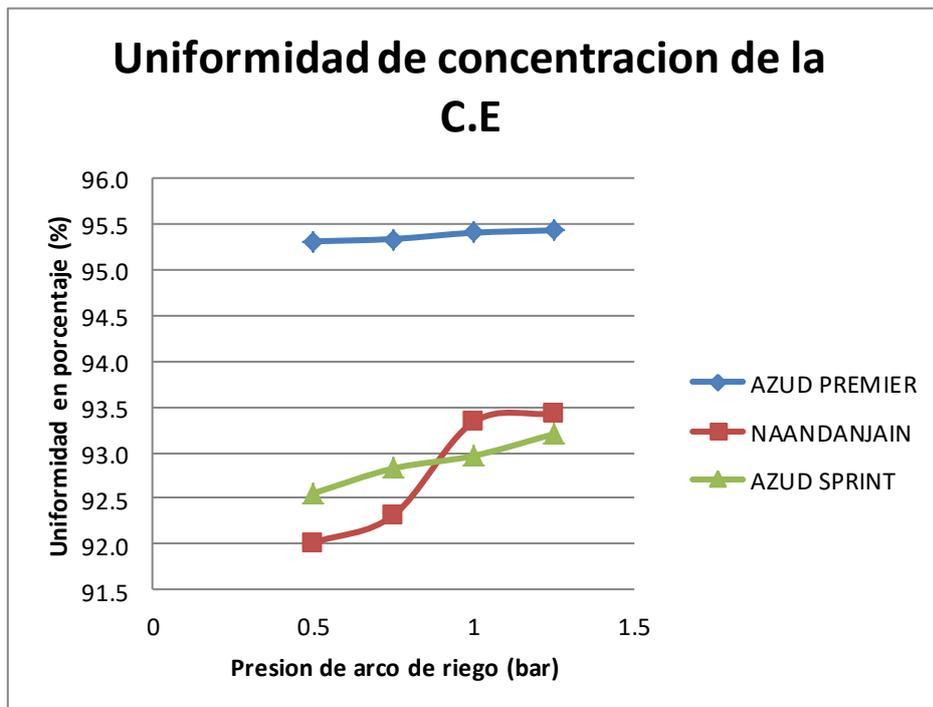
Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	95.3
0.75	95.3
1	95.4
1.25	95.4

SUB UNIDAD 2

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	92.0
0.75	92.3
1	93.3
1.25	93.4

SUB UNIDAD 3

Presion de arco de riego (bar)	Coficiente de uniformidad (%)
0.5	92.6
0.75	92.8
1	93.0
1.25	93.2



4.2.4 Otros resultado de la uniformidad de la concentración de fertilizante en el suelo

SUB UNIDAD 1

Tiempo de analisis (min)	Uniformidad radio (R)	Uniformidad profundidad (P)	Uniformidad de PH	Uniformidad radio C.E
20	95.8	95.6	98.9	97.3
40	95.2	95.1	98.4	97.3
60	94.9	94.5	97.6	96.9

SUB UNIDAD 2

Tiempo de analisis (min)	Uniformidad radio (R)	Uniformidad profundidad (P)	Uniformidad de PH	Uniformidad radio C.E
20	94.9	95.7	97.7	96.6
40	94.6	95.1	97.7	96.2
60	94.3	94.8	97.4	95.7

SUB UNIDAD 3

Tiempo de analisis (min)	Uniformidad radio (R)	Uniformidad profundidad (P)	Uniformidad de PH	Uniformidad radio C.E
20	94.8	94.9	96.9	96.1
40	94.6	94.6	96.5	95.4
60	93.9	94.3	96.5	94.6

4.3. Discusión de resultados

Como el principal factor para la obtención de los resultados obtenidos en la concentración de los fertilizantes para los tres tipos de emisores en análisis es el método con el cual se efectuó la mezcla de fertilizantes en la solución, el cual se llevo a cabo de manera manual, es decir al agregar los fertilizantes al tanque de mezcla se llevo a cabo la mezcla con un mazo de madera un tiempo aproximado de 5 minutos para así lograr la mayor solubilidad posible de los fertilizantes, esto considerando que en el trabajo experimental se utilizo poco fertilizante 25g de fertilizante de cada uno de los tres fertilizante utilizados (NPK) por cada 20 litros de agua que ocupaba el tanque de mezcla, para fines reales se utiliza herramientas mas sofisticadas como las paletas de mezcla el cual ayudan a que los fertilizantes lleguen a solubilizar al 100%.

V. CONCLUSIONES

1. El diseño e instalación del sistema de riego por goteo fue el óptimo para que el sistema opere con la bomba de fumigación foliar como equipo de fertirriego. Todos los accesorios que se instalaron (Válvula volumétricas, válvulas de aire, válvulas de acople rápido, bayonetas o llaves para la válvula de acople, puntos de toma de presión), permitieron controlar y supervisar el funcionamiento de las tres subunidades de riego. Según el registro de los manómetros no hubo fallas en el sistema, lo cual corrobora el buen diseño e instalación del sistema de riego.
2. Los valores del CU de riego de las subunidades fueron mas altos cuando intervino la bomba fumigadora como equipo de fertirreigo; la uniformidad de la concentración de fertilizante hallados mediante las propiedades químicas y físicas de las muestras de agua (pH y C.E) se obtuvo valores por encima de 92% y 94% respectivamente lo cual es un buen indicador de la buena distribución del fertilizante que realizo la bomba en estudio.

Según los resultados del CU de riego usando la bomba fumigadora como equipo de fertirriego se obtuvo un mínimo de CU de 88.4% y un máximo de 94% con lo cual analizando esos resultados con la clasificación de uniformidad de descarga de los goteros según el CU (Rodrigo 1986) se observa que el CU de las subunidades trabajando con la bomba en análisis se encuentra en el rango aceptable (80% - 87%) y excelente (>92%).

VI. RECOMENDACIONES

1. Dado los resultados se recomienda el uso del equipo de fertirriego planteado (bomba fumigadora) para el uso en parcelas de pequeñas o mediana extensión para inyectar fertilizante en sus cultivos o para el uso de este como equipo de limpieza para goteros obstruidos ya que se puede utilizar en el mismo arco de riego o porta laterales.
2. Continuar con la evaluación de este equipo en base a los resultados para trabajos de investigación sobre el tema de fertirriego con algún tipo de cultivo y en campos con sub unidades mayores de 1/2 ha a 1 ha.
3. Realizar una evaluación comparativa técnico - económica entre este equipo de fertirriego (bomba fumigadora) con otros equipos de fertirriego como el Venturi para tener datos sobre la eficiencia de este equipo frente a otros.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adin, A. y Sacks, M. (1991). Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 117(6), 813-826.

Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. 2002. FAO.9p.

AYRES, R.S and D.W. WESTCOT. (1985). Water quality for agriculture. FAO. *Irrigation and Drainage Paper*. 29 Rev. 1. 174 pp.

Aristegui, J. 2014. Nueva norma de tuberías y accesorios para Microirrigacion. Consultado 21 jul. 2018. Disponible en <http://www.aristegui.info/nueva-norma-de-tuberias-y-accesorios-para-microirrigacion/>

Arviza V. J. 1996. Riego localizado. Valencia, España. Universidad Politécnica De Valencia, servicio de publicaciones. 468p.

Azud. 2012. Catalogo de sistemas de riego. Tarifa Price list. Murcia. España. 28p.

Bomba dosificadora eléctrica. (en línea, sitio web). Consultado 25oct. 2018. Disponible en <http://www.diprax.es/productos-complementarios/bombas-dosificadoras/>

Bomba dosificadora hidráulica. (en línea, sitio web). Consultado 25oct. 2018. Disponible en http://tefentech.com/wp-content/uploads/2017/02/tefen_catalog_mixrite_140514_SPANISH_.pdf

Duran, R. F. 2012. Técnicas de riego. Bogotá, Colombia. Grupo latino editores. 348p.

Correa, BG. 2004. Automatización de sistemas de riego e inyección de nutrimentos. Tesis Esp. Coahuilla, México, CIQA. 75p.

Domínguez, 1996. Tratado de fertilización, Mundiprensa.

Ferreira, R., Selles, V., Ahumada, R., Maldonado, P., Gil, P. & Barrera, C. 2005. Manejo del riego localizado y fertirrigación. Boletín INIA N° 126.

Ferrer, P.J. 2009. Evaluación de distintos abonos sólidos y líquidos usados frecuentemente en fertirrigación. Vida RURAL. 22 – 26.

Fuentes Y. J. L. 1999. Técnicas de riego: sistemas de riego en la agricultura. México, D.F., México. Ediciones Mundi – Prensa. 472p.

Gómez, J., 1990. Programación y manejo del riego y abonado en frutales. ITEA, 86V (3), pp.155–166.

Guy, S. 2017. Fertirrigación (en línea). Estados Unidos. Consultado 21 jul. 2018. Disponible en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/fertigation>

Hirzel, C. s/f. Principios básicos de fertirrigación. Boletín INIA, N° 190. INIA Quilampú. Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Chile.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile). 1988. Manual de fertirrigación. Martínez, B. Huasco, Chile. 80p.

Imas, P. 2003. Fertirriego. Oran, Salta. ICL Fertilizers. 67pg. Informe técnico.

Kafkafi, U; Tarchitzky, J. 2012. Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo de agua. Paris. Francia. IFA. 151p

Lopez, Hernández, Pérez, González, 1992. Riego Localizado. Ediciones Mundi – Prensa. p.19 – 37.

Lutenberg, O. 2015. Principios de fertirriego. Israel. Mashav. 74p.

Mario Llota. 2015. Manual de capacitación: riego por goteo. 1ª ed. edición especial. Argentina. UCAR. 22p.

Melgar, R., 2005. Nuevos productos de fertilizantes. Resumen de los principales conceptos e información presentada en el Taller Internacional de Fertilizantes de Eficiencia Mejorada. IFA. Alemania. [Www.fertilizar.org](http://www.fertilizar.org). Available at: www.fertilizar.org.ar/vertext.php?id_nota=134.

Mendoza, M. A. 2013. Riego por goteo. Ediciones CENTA. El Salvador. 91p

Moya, J., 2002. Riego localizado y fertirrigacion 3ª ed., Madrid: Mundiprensa.

Moya, T. J. A. 2009. Riego localizado y fertirrigacion. 4ta. Edición. Madrid, España. Ediciones Mundi - Prensa. 574p.

Mradm. (2009). Montaje de abonadera de tanque. Murcia, España. Consultado 14 de abr. 2018. Disponible en <https://mundoriego.es/montaje-de-abonadora-de-tanque/>

Naandajain. 2015. Catalogo de riego por goteo. Israel. 51p

Oliveira, R., Alves, A., Zapata, O. L., Rodríguez, J.A., Vinicius, C., Astoni, D. (2009). Taponamiento de goteros y del filtro de discos con agua residual sanitaria de una laguna de maduración. Facultad Nacional de Agronomía, 62(1), 4957-4966

Oltra, C. 2012. Métodos de fertirrigacion. (en línea, sitio web). Consultado 23 oct. 2018. Disponible en <https://www.fertirrigacion.com/que-es-la-fertirrigacion/>

Orea, G. et al., 2004. Mejora de la eficiencia de uso del N en función de la frecuencia de aplicación del inhibidor de la nitrificación DMPP en cítricos. Fruticultura profesional, Nutrifitos. Symposium Ibérico de nutrición mineral de las plantas, pp.427–430.

Ortiz EM., Zapata WF., Sarmiento O. (2010). Diseño de un sistema microcontrolado para la dosificación e inyección de fertilizantes en campo. Revista Politecnica ISSN 1900 – 2351, Año 6, Numero 10.

Pedras, C. M. G.; Pereira, L. S. A. Simulation model for design and evaluation of micro – irrigation systems. Journal of Irrigation and Drainage. ASCE, New York, v. 129, n.4, p.227 – 236, 2003.

Pizarro, F., 1987. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión y exudación, Madrid: Mundiprensa.

PortalFruticola.. (2016). ¿Qué es el cabezal de riego?. Consultado 12 de ago. 2018. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/12/08/que-es-un-cabezal-de-riego-manejo-del-riego-localizado-y-fertirrigacion/>

PROSAP. 2016. Protocolo para la evaluación de equipos de riego por goteo. Ministerio de agricultura y pesca. Argentina. 5p

Quispe, A. (2008). Diseño del sistema de transmisión de potencia hidráulica de un alimentador de minerales de 150 HP (Tesis de pregrado). UNI. Lima.

Ravina, I., Paz, E., Sofer, Z., Marcu, A., Schischa, A., Yechialy, G.Z., Lev, Y. (1997). Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. *Agricultural Water Management*, 33(2-3), 127-137

Rodrigo, L.; Hernández, J.; Perez, A. y González, J. 1997. Riego localizado. 2da edición. Editorial Mundi – Prensa. Madrid – España. 405p.

Sánchez, J. 2000. Fertirrigacion: Principios, Factores, aplicación. Lima. Perú. Apukai – Comex. 26p.

Sanz, 2005. Abonado de fondo o fertirrigacion. ¿Incompatibles o complementarios? *Horticultura, Extra*, pp.67–70.

SIAR. 2005. Fertirrigacion. Hoja informativa. CREA. Castilla – La Mancha. España.

Sistema Venturi. (en línea, sitio web). Consultado 24 oct. 2018. Disponible en https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=427

Taylor, H.D., Bastos, R., Pearson, H., Mara, D. (1995). Drip irrigation with waste stabilisation pond effluents: Solving the problem of emitter fouling. *Water Science Technology*, 31(12), 417-424. ^

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: ANALISIS FISICO – QUIMICO DEL AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 - Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 006953

ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : ASTRID CIFUENTES
PROYECTO : Requerimiento Hidrico de Cesped americano
PROCEDENCIA : Unalm
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 24 Junio del 2016

Nº LABORATORIO	6953
Nº DE CAMPO	Agua
CE dS/m	0.68
pH	7.31
Calcio meq/l	4.68
Magnesio meq/l	0.76
Sodio meq/l	0.83
Potasio meq/l	0.17
SUMA DE CATIONES	6.42
Cloruro meq/l	1.17
Sulfato meq/l	3.28
Bicarbonato meq/l	2.17
Nitratos meq/l	0.02
Carbonatos meq/l	0.00
SUMA DE ANIONES	6.62
SAR	0.50
CLASIFICACION	C2-S1
Boro ppm	0.26

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

[Firma]
 Ing. Nore Arévalo Flores
 JEFE DE LABORATORIO



ANEXO 2 ANALISIS FISICO QUIMICO DEL SUELO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Suicidante: **FERNANDO PAZ ZAGACETA**
 Departamento: **LIMA**
 Distrito: **LA MOLINA**
 Referencia: **H.R. 58335-082SC-17**

Provincia: **LIMA**
 Puesto:
 Fecha: **09/07/17**

Fact: 505

Lab	Número de Muestra	Claves	pH (1:1) dSlm	CE (1:1) dSlm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Cenizas Totales	C.C. Ca ⁺⁺	Cationes Cambiables					S ⁺⁺ bases	S ⁺⁺ ac	S ⁺⁺ %			
									Arilla	Limo	Areola			Fr	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺				Am ⁺⁺	H ⁺	SR De
5444			7.26	2.70	1.71	1.84	17.9	108	47	28	25	Fr	16.00	13.27	1.73	0.70	0.30	0.00	16.00	16.00	100			

A = Arena, A.F. = Arena Fina, F.A. = Fango Agradable, F. = Fango, F.L. = Fango Lirado, L. = Limo, F.-N.A. = Fango Arcilloarenoso, F.-N. = Fango Arcilloso
 S.A. = Fango Arcilloso, A.V. = Arcillo Arenoso, M.L. = Arcillo Limoso, M. = Arcillo



Sady García Benítez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 3: INFORMACION TECNICA DEL GOTERO AZUD PREMIER PC

Modelo AZUD PREMIER PC	AZUD PREMIER PC 16						AZUD PREMIER PC 20					
	1L	1.6L	2L	2.3L	3L	3.5L	1L	1.6L	2L	2.3L	3L	3.5L
Caudal nominal l/h gph	1.0 0.26	1.6 0.42	2.0 0.53	2.3 0.61	3.0 0.79	3.5 0.92	1.0 0.26	1.6 0.42	2.0 0.53	2.3 0.61	3.0 0.79	3.5 0.92
Diámetro interior mm in	13.7 0.54						17.2 0.68					
Espesor nominal mm mil	0.9 35		1.0 39			1.1 43	1.0 39			1.2 47		
Presión máxima bar psi	4.0 58		4.0 58			4.0 58	4.0 58			4.0 58		

ISO 9261

AZUD PREMIER PC	Ecuación característica AZUD PREMIER $q = K \cdot h^a$		Presión de trabajo
Modelos	q (l/h) - h (mca)	q (gph) - h (psi)	bar psi
AZUD PREMIER PC 1L	$q = 1.00 \cdot h^a$	$q = 0.26 \cdot h^a$	0.5 - 4.0 7 - 58 psi
AZUD PREMIER PC 1.6L	$q = 1.60 \cdot h^a$	$q = 0.42 \cdot h^a$	0.5 - 4.0 7 - 58 psi
AZUD PREMIER PC 2L	$q = 2.00 \cdot h^a$	$q = 0.53 \cdot h^a$	0.5 - 4.0 7 - 58 psi
AZUD PREMIER PC 2.3L	$q = 2.30 \cdot h^a$	$q = 0.61 \cdot h^a$	0.5 - 4.0 7 - 58 psi
AZUD PREMIER PC 3L	$q = 3.00 \cdot h^a$	$q = 0.79 \cdot h^a$	0.5 - 4.0 7 - 58 psi
AZUD PREMIER PC 3.5L	$q = 3.50 \cdot h^a$	$q = 0.92 \cdot h^a$	0.5 - 4.0 7 - 58 psi

AZUD PREMIER PC

Diámetro nominal		Espesor de pared		Longitud estándar de bobina		Bobinas por contenedor 20 pies	Bobinas por contenedor HC 40 pies
(mm)	(in)	(mm)	(mil)	(m)	(pies)		
16	0.630	0.90	35	500	20	147	384
16	0.630	1.00	39	500	20	147	384
16	0.630	1.10	43	500	20	147	384
20	0.787	1.00	39	300	12	189	480
20	0.787	1.20	47	300	12	168	432

AZUD PREMIER PC

Modelo	Longitud de ramal*											
	Separación de emisores*											
	0.20 m 8"	0.25 m 10"	0.30 m 12"	0.33 m 13"	0.40 m 16"	0.50 m 20"	0.60 m 24"	0.75 m 30"	1.00 m 39"	1.25 m 49"	1.50 m 59"	
	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	(m) (pies)	
16	1L	120 394	147 482	175 574	190 623	220 722	270 886	315 1033	380 1247	485 1591	580 1903	650 2133
	1.6L	85 279	105 344	125 410	137 449	160 525	200 656	230 755	280 919	350 1148	420 1378	480 1575
	2L	74 243	92 300	108 354	118 388	141 462	171 561	200 657	241 790	306 1004	365 1197	419 1376
	2.3L	67 220	83 272	98 322	107 351	127 417	155 509	182 597	220 722	279 915	330 1083	380 1247
	3L	57 187	70 230	83 272	91 299	107 351	131 430	154 505	185 607	237 778	280 919	322 1056
	3.5L	52 171	63 207	75 246	81 266	97 318	118 387	140 459	168 551	211 692	250 820	290 951
20	1L	230 755	275 902	320 1050	350 1148	400 1312	480 1575	550 1804	650 2133	800 2625	900 2953	1050 3445
	1.6L	165 541	200 656	235 771	253 830	295 968	350 1148	400 1312	475 1558	575 1886	675 2215	780 2559
	2L	145 475	175 574	203 665	219 719	258 841	305 1001	351 1151	414 1358	510 1673	600 1989	678 2225
	2.3L	130 427	155 509	180 591	195 640	230 755	275 902	315 1033	375 1230	465 1526	550 1804	620 2034
	3L	110 361	133 436	155 509	168 551	196 643	234 768	270 886	318 1043	393 1289	461 1512	520 1706
	3.5L	98 322	117 384	138 453	150 492	175 574	210 689	240 787	285 935	355 1165	415 1382	475 1558

* Pendiente: 0%

* Presión entrada: 3 bar/44 psi

Se recomienda realizar el diseño de la instalación, con longitudes de ramal inferiores a 800 metros / 2.625 pies.

Para más longitudes de ramal, consulte nuestro programa de cálculo hidráulico AZIS en www.azud.com.

ANEXO 4: INFORMACION TECNICA DEL GOTERO NAANDANJAIN J. TURBO KEY PLUS



APLICACIONES

- Recomendado para huertos, cultivos frutales, plantaciones, viveros y áreas verdes

ESTRUCTURA Y CARACTERISTICAS

- El gotero puede ser abierto para facilitar su limpieza
- Fabricado con plástico virgen para lograr una performance estable
- Pasaje turbulento del flujo con una sección amplia y cruzada que asegura la resistencia al taponamiento
- Salidas extendidas que facilitan el uso de un tubo de extensión de PE o de vinilo
- Entrada angosta en forma de cruz actúa como filtro
- Coeficiente de variación de fábrica CV <= 3% asegura una alta uniformidad de emisión en campo (EU)
- Tapas de colores que facilitan la identificación del caudal

DATOS TECNICOS

- CV <= 3%
- Rango de regulación de presión: 0.5 – 2.5 bar
- Grado de filtración requerido: 100 micrones (150 mesh)
- Diámetro de perforación requerido: 2.9 mm

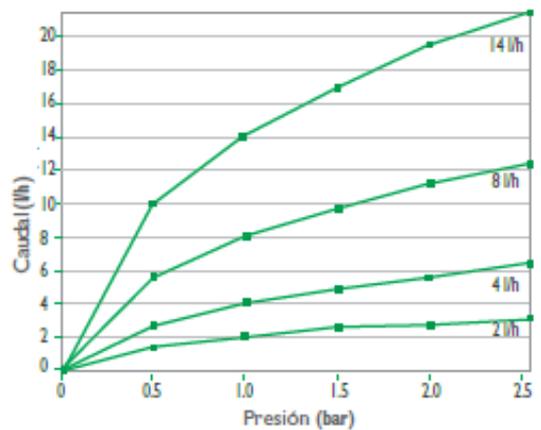
DATOS TECNICOS Y CODIGO DE COLOR

Color de tapa e insertos	Descarga* (l/h)	Exponente del emisor(x)	Coefficiente de flujo(k)
Amarillo	2	0.48	2.0
Negro	4	0.48	4.0
Azul	8	0.48	8.0
Verde	14	0.48	14.0

* A una presión operativa de 1 bar

CAUDAL VS. PRESION

Presión (bar)	Caudal (l/h)			
	2 (l/h)	4 (l/h)	8 (l/h)	14 (l/h)
0.5	1.4	2.9	5.7	10.0
1.0	2.0	4.0	8.0	14.0
1.5	2.4	4.9	9.7	17.0
2.0	2.8	5.6	11.2	19.5
2.5	3.1	6.2	12.4	21.7
3.0	3.4	6.8	13.6	23.7
3.5	3.6	7.3	14.6	25.5



ANEXO 5: INFORMACION TECNICA DEL GOTERO AZUD SPRINT

Seasonal Dripline Tubería estacional		AZUD SPRINT							
		160				220			
		0.7L	1L	1.6L	2.1L	0.7L	1L	1.6L	2.1L
Nominal Flow Caudal nominal	1/h - 1 bar gph - 14.5 psi	0.70	1	1.6	2.1	0.70	1	1.6	2.1
Flow Caudal	1/h - 0.7 bar gph - 10 psi	0.18	0.26	0.42	0.55	0.18	0.26	0.42	0.55
Inner Diameter Diámetro Interior	mm "	16				22.2			
		0.63				0.88			

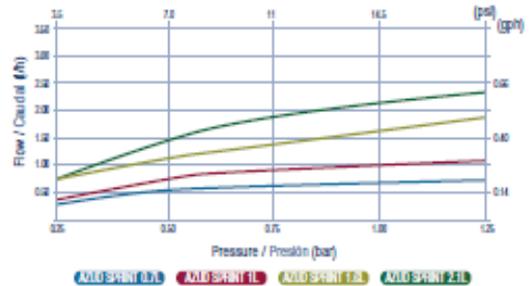
ISO 9261

AZUD SPRINT		Flow / Caudal							
Pressure Presión	bar psi	0.7L		1L		1.6L		2.1L	
		1/h	gph	1/h	gph	1/h	gph	1/h	gph
0.50	7.25	0.51	0.13	0.70	0.18	1.10	0.30	1.50	0.40
0.75	10.88	0.61	0.16	0.90	0.24	1.40	0.37	1.83	0.48
1.00	14.50	0.70	0.18	1.00	0.26	1.60	0.42	2.10	0.55
1.25	18.13	0.78	0.21	1.10	0.29	1.80	0.50	2.34	0.62

Models Modelos	Discharge Equation / Ecuación característica AZUD SPRINT $q = K \cdot h^X$	
	q (l/h) - h (mca)	
AZUD SPRINT 0.7L	$q = 0.24 \cdot h^{2.47}$	
AZUD SPRINT 1L	$q = 0.35 \cdot h^{2.45}$	
AZUD SPRINT 1.6L	$q = 0.49 \cdot h^{2.51}$	
AZUD SPRINT 2.1L	$q = 0.70 \cdot h^{2.68}$	

Thickness Espesor		Maximum pressure Presión máxima	
0.15 mm	6 mil	1.0 bar	14.5 psi
0.20 mm	8 mil	1.4 bar	20 psi
0.25 mm	10 mil	1.4 bar	20 psi
0.30 mm	12 mil	1.6 bar	23 psi

Disc filtration recommended \leq 130 micron
Se recomienda filtración por discos \leq 130 micron



AZUD SPRINT		Model Modelo	Δ 0%	Dripline length / Longitud de rama** Spacing between emitters / Separación de emisores**															
160	220			0.15 m	0.20 m	0.25 m	0.30 m	0.40 m	0.50 m	0.60 m	0.75 m								
				(m) 6"	(m) 8"	(m) 10"	(m) 12"	(m) 16"	(m) 20"	(m) 24"	(m) 30"								
160	0.7L	5	86	282	106	348	124	407	141	462	170	558	197	646	223	731	256	840	
		10	110	361	136	446	159	522	180	590	220	722	255	836	288	945	333	1092	
		15	126	413	155	508	182	597	206	676	251	823	292	958	330	1082	381	1250	
		1L	5	66	216	81	266	94	308	108	338	131	430	150	492	170	558	196	643
			10	85	279	103	338	121	397	138	440	168	551	195	640	221	725	255	836
			15	97	318	120	394	140	459	160	509	195	640	227	745	256	840	297	974
	1.6L	5	46	152	56	184	66	216	75	243	92	302	107	351	121	397	139	456	
		10	59	194	73	239	86	282	98	312	119	390	139	456	157	515	182	587	
		15	69	226	85	279	100	328	114	364	138	453	161	528	183	600	211	692	
	2.1L	5	40	131	49	161	58	190	66	216	80	262	93	305	106	348	122	400	
		10	52	171	64	210	75	246	86	282	104	341	122	400	138	453	160	525	
		15	60	197	74	243	86	282	99	325	120	394	140	459	159	522	184	604	
220	0.7L	5	146	479	181	594	213	699	242	794	296	971	345	1132	390	1279	453	1486	
		10	186	610	232	761	273	895	311	1020	381	1250	444	1456	500	1640	580	1837	
		15	212	695	264	866	311	1020	355	1164	435	1427	500	1640	570	1870	680	2165	
		1L	5	110	361	137	449	161	526	184	604	225	738	262	859	297	974	345	1132
			10	142	466	176	577	208	682	237	777	290	951	339	1112	384	1260	447	1466
			15	164	538	204	689	240	787	274	899	337	1105	393	1289	445	1460	512	1679
	1.6L	5	78	258	97	318	114	374	131	430	160	525	187	614	212	696	246	807	
		10	100	328	125	410	148	486	169	554	207	679	242	794	274	899	319	1047	
		15	117	384	145	476	172	564	196	643	240	787	281	922	318	1043	370	1214	
	2.1L	5	67	220	84	276	99	325	113	371	138	453	162	531	183	600	213	699	
		10	87	285	109	358	129	423	147	482	180	590	211	692	240	787	278	912	
		15	100	328	125	410	148	485	168	551	207	679	242	794	275	902	319	1046	

** Slope / Pendiente: 0%

** Inlet pressure / Presión entrada: 1 bar / 14.5 psi

ANEXO 6: MARCO FOTOGRAFICO DE EQUIPO, ACCESORIOS Y LABORES REALIZADAS

EQUIPOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS



Conductivimetro Cond3210



pH-metro digital WTW



Bomba de vacío



Gotero Premier pc



Gotero Azud Sprint



Goteros Naandanjain J-TurboKeyplus



Evaluación del pH y la C.E del suelo usando el equipo inyector de fertilizante



Análisis de la muestra en el laboratorio FIA - UNALM

ANEXO 7: DATOS DE LA EVALUACION DE LA BOMBA FUMIGADORA EN LAS SUBUNIDADES

Resultado de presiones de trabajo del equipo inyector frente a goteros Naandanjain

Presión equipo (Bar)	TIEMPO DE INYECCION DE 20 LITRO DE FERTILIZANTE (Min)			
	Presión de trabajo d los arcos de riego (Bar)			
	0.5	0.75	1	1.25
5	1.6	1.8	2.1	2.2
10	1.4	1.7	1.8	2
15	1.3	1.5	1.8	2

Fuente: Elaboración propia

Resultado de presión de trabajo del equipo inyector frente a los goteros Azud Premier pc

Presión equipo (Bar)	TIEMPO DE INYECCION DE 20 LITRO DE FERTILIZANTE (Min)			
	Presión de trabajo d los arcos de riego			
	0.5	0.75	1	1.25
5	1.4	1.7	1.8	2.1
10	1.4	1.5	1.7	1.9
15	1.2	1.4	1.6	1.8

Fuente: Elaboración propia

Resultado de presión de trabajo del equipo inyector frente a goteros Azud Sprint

Presión equipo (Bar)	TIEMPO DE INYECCION DE 20 LITRO DE FERTILIZANTE (Min)			
	Presión de trabajo d los arcos de riego			
	0.5	0.75	1	1.25
5	1.3	1.5	1.7	2
10	1.2	1.4	1.6	1.8
15	1.1	1.3	1.5	1.7

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 8: DATOS DE LA EVALUACION DEL CUq EN LAS SUBUNIDADES

DATOS SIN EL EQUIPO DE FERTIRRIEGO (BOMBA FUMIGADORA)

Gotero Azud Premier pc x 2.3 l/h x k=0.61 x X=0.0 x AC

x = 0

1.- Presion arco : 0.5 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orde n	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.16	2.22	2.22	2.28	1	2.28
	G14	2.1	2.16	1.86	2.1	2	2.22
	G27	1.98	2.04	2.16	2.04	3	2.22
	G40	1.98	1.98	1.92	1.98	4	2.16
						5	2.16
						6	2.16
Suma general de todos los caudales :		33.18				7	2.1
Promedio general de todos los caudales :		2.1				8	2.1
Suma de los cuatro caudales menores :		7.74				9	2.04
Promedio de los cuatro caudales menores:		1.935				10	2.04
						11	1.98
						12	1.98
						13	1.98
						14	1.98
						15	1.92
						16	1.86

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	93.3 %
------------------------	--------

2.- Presion arco : 0.75 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orde n	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.34	2.16	2.22	2.22	1	2.34
	G14	2.28	2.22	2.28	2.1	2	2.28
	G27	2.04	1.98	2.28	2.16	3	2.28
	G40	2.04	2.1	2.22	2.04	4	2.28
						5	2.22
						6	2.22
Suma general de todos los caudales :		34.68				7	2.22
Promedio general de todos los caudales :		2.2				8	2.22
Suma de los cuatro caudales menores :		8.1				9	2.16
Promedio de los cuatro caudales menores:		2.025				10	2.16
						11	2.1
						12	2.1
						13	2.04
						14	2.04
						15	2.04
						16	1.98

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	93.4 %
------------------------	--------

3.- Presion arco : 1.0 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orde n	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.28	1.92	2.28	2.34	1	2.34
	G14	2.22	2.28	2.28	2.1	2	2.28
	G27	2.22	2.22	2.22	2.22	3	2.28
	G40	2.04	2.16	2.22	2.16	4	2.28
						5	2.28
						6	2.22
Suma general de todos los caudales :		35.16				7	2.22
Promedio general de todos los caudales :		2.2				8	2.22
Suma de los cuatro caudales menores :		8.22				9	2.22
Promedio de los cuatro caudales menores:		2.055				10	2.22
						11	2.22
						12	2.16
						13	2.16
						14	2.1
						15	2.04
						16	1.92

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	93.5 %
------------------------	--------

4.- Presion arco : 1.25 bar

T = 1 minuto

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orde n	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.28	1.98	2.34	2.28	1	2.34
	G14	2.34	2.28	2.22	2.22	2	2.34
	G27	2.1	2.34	2.34	2.1	3	2.34
	G40	2.1	2.1	2.16	2.22	4	2.34
						5	2.28
						6	2.28
Suma general de todos los caudales :		35.4				7	2.28
Promedio general de todos los caudales :		2.2				8	2.22
Suma de los cuatro caudales menores :		8.28				9	2.22
Promedio de los cuatro caudales menores:		2.07				10	2.22
						11	2.16
						12	2.1
						13	2.1
						14	2.1
						15	2.1
						16	1.98

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	93.6 %
------------------------	--------

Toma de datos de C.U caudales usando el equipo de inyección

1.- Presion arco : 0.5 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.28	2.22	2.28	2.34	1	2.34
	G14	2.28	2.16	2.22	2.28	2	2.28
	G27	2.22	2.1	2.22	2.1	3	2.28
	G40	2.1	1.98	2.04	2.16	4	2.28
						5	2.28
						6	2.22
Suma general de todos los caudales :		34.98				7	2.22
Promedio general de todos los caudales :		2.2				8	2.22
Suma de los cuatro caudales menores :		8.22				9	2.22
Promedio de los cuatro caudales menores:		2.055				10	2.16
						11	2.16
						12	2.1
						13	2.1
						14	2.1
						15	2.04
						16	1.98

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	94.0 %
------------------------	--------

2.- Presion arco : 0.75 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.16	2.1	2.34	2.22	1	2.34
	G14	2.16	1.92	2.16	2.16	2	2.28
	G27	2.22	2.04	2.16	2.28	3	2.28
	G40	2.1	2.16	2.28	2.22	4	2.22
						5	2.22
						6	2.22
Suma general de todos los caudales :		34.68				7	2.16
Promedio general de todos los caudales :		2.2				8	2.16
Suma de los cuatro caudales menores :		8.16				9	2.16
Promedio de los cuatro caudales menores:		2.04				10	2.16
						11	2.16
						12	2.16
						13	2.1
						14	2.1
						15	2.04
						16	1.92

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	94.1 %
------------------------	--------

3.- Presion arco : 1.0 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.28	2.28	2.28	2.22	1	2.28
	G14	2.22	2.28	2.28	2.04	2	2.28
	G27	2.16	2.28	2.1	1.98	3	2.28
	G40	2.1	2.1	2.16	2.1	4	2.28
						5	2.28
						6	2.28
Suma general de todos los caudales :						7	2.22
Promedio general de todos los caudales :						8	2.22
Suma de los cuatro caudales menores :						9	2.16
Promedio de los cuatro caudales menores:						10	2.16
						11	2.1
						12	2.1
						13	2.1
						14	2.1
						15	2.04
						16	1.98

Suma general de todos los caudales :	34.86
Promedio general de todos los caudales :	2.2
Suma de los cuatro caudales menores :	8.22
Promedio de los cuatro caudales menores:	2.055

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	94.3 %
------------------------	--------

4.- Presion arco : 1.25 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.34	2.28	2.28	2.34	1	2.34
	G14	2.34	2.28	2.22	2.28	2	2.34
	G27	2.1	2.1	2.22	2.22	3	2.34
	G40	2.04	2.22	2.16	2.16	4	2.28
						5	2.28
						6	2.28
Suma general de todos los caudales :						7	2.28
Promedio general de todos los caudales :						8	2.22
Suma de los cuatro caudales menores :						9	2.22
Promedio de los cuatro caudales menores:						10	2.22
						11	2.22
						12	2.16
						13	2.16
						14	2.1
						15	2.1
						16	2.04

Suma general de todos los caudales :	35.58
Promedio general de todos los caudales :	2.2
Suma de los cuatro caudales menores :	8.4
Promedio de los cuatro caudales menores:	2.1

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	94.4 %
------------------------	--------

EVALUACION DEL C.U CAUDALES SIN EQUIPO DE INYECCION

Gotero Naandanjain J-Turbo Key plus x 2.0 l/h x k=2 x X=0.48 x NC x = 0.48

1.- Presion arco : 0.5 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.26	1.02	0.96	1.14	1	1.26
	G14	1.08	1.2	1.08	1.08	2	1.2
	G27	0.96	1.08	1.08	1.08	3	1.14
	G40	0.96	1.02	1.08	1.08	4	1.08
						5	1.08
						6	1.08
Suma general de todos los caudales :		17.16				7	1.08
Promedio general de todos los caudales :		1.1				8	1.08
Suma de los cuatro caudales menores :		3.9				9	1.08
Promedio de los cuatro caudales menores:		0.975				10	1.08
						11	1.08
						12	1.02
						13	1.02
						14	0.96
						15	0.96
						16	0.96

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	90.9 %
------------------------	--------

2.- Presion arco : 0.75 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.56	1.8	1.86	1.8	1	1.86
	G14	1.56	1.5	1.44	1.56	2	1.8
	G27	1.56	1.5	1.62	1.74	3	1.8
	G40	1.62	1.74	1.74	1.56	4	1.74
						5	1.74
						6	1.74
Suma general de todos los caudales :		26.16				7	1.62
Promedio general de todos los caudales :		1.6				8	1.62
Suma de los cuatro caudales menores :		6				9	1.56
Promedio de los cuatro caudales menores:		1.5				10	1.56
						11	1.56
						12	1.56
						13	1.56
						14	1.5
						15	1.5
						16	1.44

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	91.7 %
------------------------	--------

3.- Presion arco : 1.0 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	1.86	1.98	1.8	1.74	1	1.98	
	G14	1.8	1.62	1.92	1.74	2	1.92	
	G27	1.8	1.8	1.8	1.56	3	1.86	
	G40	1.68	1.68	1.74	1.8	4	1.8	
							5	1.8
							6	1.8
Suma general de todos los caudales :							7	1.8
Promedio general de todos los caudales :							8	1.8
Suma de los cuatro caudales menores :							9	1.8
Promedio de los cuatro caudales menores:							10	1.74
							11	1.74
							12	1.74
							13	1.68
							14	1.68
							15	1.62
							16	1.56

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	92.4 %
------------------------	--------

4.- Presion arco : 1.25 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	2.16	2.16	2.1	2.16	1	2.16	
	G14	2.1	2.1	2.1	1.92	2	2.16	
	G27	1.98	1.92	2.1	2.04	3	2.16	
	G40	1.8	2.16	1.98	2.1	4	2.16	
							5	2.1
							6	2.1
Suma general de todos los caudales :							7	2.1
Promedio general de todos los caudales :							8	2.1
Suma de los cuatro caudales menores :							9	2.1
Promedio de los cuatro caudales menores:							10	2.1
							11	2.04
							12	1.98
							13	1.98
							14	1.92
							15	1.92
							16	1.8

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	92.7 %
------------------------	--------

EVALUACION DEL C.U CAUDALES USANDO EL EQUIPO DE INYECCION DE FERTILIZANTE

Gotero Naandanjain J-Turbo Key plus x 2.0 l/h x k=2 x X=0.48 x NC

1.- Presion arco : 0.5 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	1.26	1.02	1.02	1.02	1	1.32	
	G14	1.08	1.08	1.08	1.08	2	1.26	
	G27	0.96	1.02	1.02	1.02	3	1.26	
	G40	0.96	1.2	1.26	1.32	4	1.2	
							5	1.08
							6	1.08
Suma general de todos los caudales :						17.4	7	1.08
Promedio general de todos los caudales :						1.1	8	1.08
Suma de los cuatro caudales menores :						3.96	9	1.02
Promedio de los cuatro caudales menores:						0.99	10	1.02
							11	1.02
							12	1.02
							13	1.02
							14	1.02
							15	0.96
							16	0.96

$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$	
Coef. De Uniformidad :	91.0 %

2.- Presion arco : 0.75 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	1.56	1.8	1.8	1.56	1	1.8	
	G14	1.5	1.5	1.62	1.56	2	1.8	
	G27	1.8	1.62	1.62	1.74	3	1.8	
	G40	1.74	1.74	1.74	1.5	4	1.74	
							5	1.74
							6	1.74
Suma general de todos los caudales :						26.4	7	1.74
Promedio general de todos los caudales :						1.7	8	1.62
Suma de los cuatro caudales menores :						6.06	9	1.62
Promedio de los cuatro caudales menores:						1.515	10	1.62
							11	1.56
							12	1.56
							13	1.56
							14	1.5
							15	1.5
							16	1.5

$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$	
Coef. De Uniformidad :	91.8 %

3.- Presion arco : 1.0 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.86	1.98	1.86	1.8	1	1.98
	G14	1.8	1.68	1.98	1.74	2	1.98
	G27	1.86	1.74	1.98	1.98	3	1.98
	G40	1.86	1.98	1.74	1.86	4	1.98
						5	1.98
						6	1.86
Suma general de todos los caudales :						7	1.86
Promedio general de todos los caudales :						8	1.86
Suma de los cuatro caudales menores :						9	1.86
Promedio de los cuatro caudales menores:						10	1.86
						11	1.8
<i>coef. Uniformidad = $\frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$</i>						12	1.8
						13	1.74
						14	1.74
						15	1.74
						16	1.68

Coef. De Uniformidad :	92.9 %
------------------------	--------

4.- Presion arco : 1.25 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	2.16	2.16	2.1	2.16	1	2.16
	G14	2.1	2.1	1.8	1.92	2	2.16
	G27	2.16	2.16	2.1	2.16	3	2.16
	G40	2.04	2.16	2.04	1.98	4	2.16
						5	2.16
						6	2.16
Suma general de todos los caudales :						7	2.16
Promedio general de todos los caudales :						8	2.1
Suma de los cuatro caudales menores :						9	2.1
Promedio de los cuatro caudales menores:						10	2.1
						11	2.1
<i>coef. Uniformidad = $\frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$</i>						12	2.04
						13	2.04
						14	1.98
						15	1.92
						16	1.8

Coef. De Uniformidad :	93.0 %
------------------------	--------

EVALUACION DEL C.U CAUDALES SIN EQUIPO DE INYECCION

Gotero Azud Sprint x 1.6 l/h x k=0.49 x X=0.51 x NC

x = 0.51

1.- Presion arco : 0.5 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	1.02	1.08	0.96	1.02	1	1.14	
	G14	0.78	0.9	0.96	1.14	2	1.14	
	G27	1.08	1.14	1.08	0.84	3	1.08	
	G40	0.96	1.02	0.96	1.02	4	1.08	
							5	1.08
							6	1.02
							7	1.02
							8	1.02
							9	1.02
							10	0.96
							11	0.96
							12	0.96
							13	0.96
							14	0.9
							15	0.84
							16	0.78

Suma general de todos los caudales :	15.96
Promedio general de todos los caudales :	1.0
Suma de los cuatro caudales menores :	3.48
Promedio de los cuatro caudales menores:	0.87

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	87.2 %
------------------------	--------

2.- Presion arco : 0.75 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	1.2	1.2	1.38	1.38	1	1.44	
	G14	1.2	1.44	1.32	1.32	2	1.38	
	G27	1.14	1.2	1.38	1.32	3	1.38	
	G40	0.9	1.2	1.2	1.14	4	1.38	
							5	1.32
							6	1.32
							7	1.32
							8	1.2
							9	1.2
							10	1.2
							11	1.2
							12	1.2
							13	1.2
							14	1.14
							15	1.14
							16	0.9

Suma general de todos los caudales :	19.92
Promedio general de todos los caudales :	1.2
Suma de los cuatro caudales menores :	4.38
Promedio de los cuatro caudales menores:	1.095

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	88.0 %
------------------------	--------

3.- Presion arco : 1.0 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.38	1.62	1.38	1.5	1	1.62
	G14	1.38	1.5	1.2	1.44	2	1.62
	G27	1.44	1.5	1.38	1.62	3	1.5
	G40	1.38	1.32	1.44	1.26	4	1.5
						5	1.5
						6	1.44
Suma general de todos los caudales :		22.74				7	1.44
Promedio general de todos los caudales :		1.4				8	1.44
Suma de los cuatro caudales menores :		5.16				9	1.38
Promedio de los cuatro caudales menores:		1.29				10	1.38
						11	1.38
						12	1.38
						13	1.38
						14	1.32
						15	1.26
						16	1.2

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	90.8 %
------------------------	--------

4.- Presion arco : 1.25 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.92	1.92	1.92	1.92	1	1.92
	G14	1.8	1.62	1.8	1.62	2	1.92
	G27	1.68	1.86	1.8	1.86	3	1.92
	G40	1.74	1.62	1.62	1.62	4	1.92
						5	1.86
						6	1.86
Suma general de todos los caudales :		28.32				7	1.8
Promedio general de todos los caudales :		1.8				8	1.8
Suma de los cuatro caudales menores :		6.48				9	1.8
Promedio de los cuatro caudales menores:		1.62				10	1.74
						11	1.68
						12	1.62
						13	1.62
						14	1.62
						15	1.62
						16	1.62

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	91.5 %
------------------------	--------

EVALUACION DEL C.U CAUDALES USANDO EL EQUIPO DE INYECCION DE FERTILIZANTE

Gotero Azud Sprint x 1.6 l/h x k=0.49 x X=0.51 x NC

1.- Presion arco : 0.5 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.08	1.14	1.26	0.96	1	1.26
	G14	0.9	1.14	1.26	1.14	2	1.26
	G27	0.9	0.96	0.96	1.08	3	1.14
	G40	0.96	0.96	0.96	0.9	4	1.14
						5	1.14
						6	1.08
Suma general de todos los caudales :		16.56				7	1.08
Promedio general de todos los caudales :		1.0				8	0.96
Suma de los cuatro caudales menores :		3.66				9	0.96
Promedio de los cuatro caudales menores:		0.915				10	0.96
						11	0.96
						12	0.96
						13	0.96
						14	0.9
						15	0.9
						16	0.9

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	88.4 %
------------------------	--------

2.- Presion arco : 0.75 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.38	1.38	1.38	1.32	1	1.38
	G14	1.32	1.2	1.38	1.2	2	1.38
	G27	1.32	1.08	1.38	1.14	3	1.38
	G40	1.26	1.2	1.14	1.14	4	1.38
						5	1.38
						6	1.32
Suma general de todos los caudales :		20.22				7	1.32
Promedio general de todos los caudales :		1.3				8	1.32
Suma de los cuatro caudales menores :		4.5				9	1.26
Promedio de los cuatro caudales menores:		1.125				10	1.2
						11	1.2
						12	1.2
						13	1.14
						14	1.14
						15	1.14
						16	1.08

$$\text{coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Coef. De Uniformidad :	89.0 %
------------------------	--------

3.- Presion arco : 1.0 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.56	1.62	1.56	1.56	1	1.62
	G14	1.44	1.44	1.5	1.62	2	1.62
	G27	1.38	1.38	1.32	1.38	3	1.56
	G40	1.38	1.38	1.26	1.32	4	1.56
					5	1.56	
					6	1.5	
Suma general de todos los caudales :		23.1				7	1.44
Promedio general de todos los caudales :		1.4				8	1.44
Suma de los cuatro caudales menores :		5.28				9	1.38
Promedio de los cuatro caudales menores:		1.32				10	1.38
						11	1.38
<i>coef. Uniformidad = $\frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$</i>						12	1.38
						13	1.38
						14	1.32
Coef. De Uniformidad :		91.4 %				15	1.32
						16	1.26

4.- Presion arco : 1.25 bar

Q (l/h)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de caudales de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	1.8	1.98	1.98	1.86	1	1.98
	G14	1.86	1.74	1.74	1.92	2	1.98
	G27	1.74	1.74	1.74	1.68	3	1.92
	G40	1.74	1.68	1.68	1.5	4	1.86
					5	1.86	
					6	1.8	
Suma general de todos los caudales :		28.38				7	1.74
Promedio general de todos los caudales :		1.8				8	1.74
Suma de los cuatro caudales menores :		6.54				9	1.74
Promedio de los cuatro caudales menores:		1.635				10	1.74
						11	1.74
<i>coef. Uniformidad = $\frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$</i>						12	1.74
						13	1.68
						14	1.68
Coef. De Uniformidad :		92.2 %				15	1.68
						16	1.5

RESULTADO DE LA CONCETRACION DE FERTILIZANTES EN EL AGUA (PH y C.E)

Gotero Azud Premier pc x 2.3 l/h x k=0.61 x X=0.0 x AC

1.- Presion arco : 0.5 bar

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de pH de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	7.866	7.836	7.865	7.866	1	7.881	
	G14	7.541	7.881	7.844	7.232	2	7.866	
	G27	7.804	7.832	7.499	7.215	3	7.866	
	G40	7.855	7.832	7.832	7.634	4	7.865	
							5	7.855
							6	7.844
							7	7.836
							8	7.832
							9	7.832
							10	7.832
							11	7.804
							12	7.634
							13	7.541
							14	7.499
							15	7.232
							16	7.215

Suma general de todos los PH :	123.434
Promedio general de todos los PH :	7.7
Suma de los cuatro PH menores :	29.487
Promedio de los cuatro PH menores:	7.37175

$$C.U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad :	95.6 %
------------------------	--------

2.- Presion arco : 0.75 bar

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	7.866	7.887	7.846	7.846	1	7.887	
	G14	7.864	7.547	7.855	7.654	2	7.866	
	G27	7.555	7.855	6.987	7.255	3	7.864	
	G40	7.548	7.558	7.665	7.450	4	7.855	
							5	7.855
							6	7.846
							7	7.846
							8	7.665
							9	7.654
							10	7.558
							11	7.555
							12	7.548
							13	7.547
							14	7.450
							15	7.255
							16	6.987

Suma general de todos los PH :	122.236
Promedio general de todos los PH :	7.640
Suma de los cuatro PH menores :	29.239
Promedio de los cuatro PH menores:	7.310

$$C.U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad :	95.7 %
------------------------	--------

3.- Presion arco : 1.0 bar

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.895	7.865	7.865	7.865	1	7.894645
	G14	7.850	7.839	7.844	7.856	2	7.86542
	G27	7.842	7.839	7.654	7.787	3	7.8654
	G40	7.230	7.230	7.540	7.850	4	7.865324
						5	7.8564
						6	7.85
Suma general de todos los PH :		123.852				7	7.85
Promedio general de todos los PH :		7.7				8	7.844
Suma de los cuatro PH menores :		29.6542				9	7.842
Promedio de los cuatro PH menores:		7.41355				10	7.839
						11	7.839
						12	7.7865
						13	7.6542
						14	7.54
						15	7.23
						16	7.23

$$C.U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad : 95.8 %

4.- Presion arco : 1.25 bar

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.895	7.866	7.865	7.844	1	7.896
	G14	7.517	7.865	7.546	7.755	2	7.895
	G27	7.564	7.896	7.565	7.546	3	7.866
	G40	7.556	7.500	7.200	7.015	4	7.865
						5	7.865
						6	7.844
Suma general de todos los PH :		121.993				7	7.755
Promedio general de todos los PH :		7.625				8	7.565
Suma de los cuatro PH menores :		29.232				9	7.564
Promedio de los cuatro PH menores:		7.308				10	7.556
						11	7.546
						12	7.546
						13	7.517
						14	7.500
						15	7.200
						16	7.015

$$C.U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad : 95.8 %

**RESULTADO DE LA CONCETRACION DE FERTILIZANTES EN EL AGUA
(PH y C.E)**

Gotero Naandanjain J-Turbo Key plus x 2.0 l/h x k=2 x X=0.

1.- Presion arco : 0.5 bar

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	852	841	805	840	1	880
	G14	865	840	850	855	2	865
	G27	860	841	880	745	3	860
	G40	860	840	828	820	4	860
						5	855
						6	852
Suma general de todos los :		13422				7	850
Promedio general de todas las C.E :		838.9				8	841
Suma de las cuatro C.E menoress :		3198				9	841
Promedio de las cuatro C.E menores:		799.5				10	840
						11	840
						12	840
						13	828
						14	820
						15	805
						16	745

Coef. De Uniformidad :	95.3 %
------------------------	--------

$$C.U_{CE} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

2.- Presion arco : 0.75 bar

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	831	844	675	840	1	868
	G14	830	868	845	849	2	850
	G27	844	850	850	840	3	850
	G40	840	840	840	840	4	849
						5	845
						6	844
Suma general de todos los :		13326				7	844
Promedio general de todas las C.E :		832.9				8	840
Suma de las cuatro C.E menoress :		3176				9	840
Promedio de las cuatro C.E menores:		794				10	840
						11	840
						12	840
						13	840
						14	831
						15	830
						16	675

Coef. De Uniformidad :	95.3 %
------------------------	--------

$$C.U_{CE} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

3.- Presion arco : 1.0 bar

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	844	855	865	865	1	888
	G14	888	868	845	865	2	868
	G27	846	855	855	800	3	865
	G40	830	810	810	800	4	865
						5	865
						6	855
Suma general de todos los :		13501				7	855
Promedio general de todas las C.E :		843.8				8	855
Suma de las cuatro C.E menoress :		3220				9	846
Promedio de las cuatro C.E menores:		805				10	845
						11	844
						12	830
						13	810
						14	810
						15	800
						16	800

Coef. De Uniformidad :	95.4 %
------------------------	--------

$$C.U_{CE} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

4.- Presion arco : 1.25 bar

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	887	866	888	862	1	888
	G14	886	868	845	845	2	887
	G27	856	855	855	800	3	886
	G40	860	825	810	815	4	868
						5	866
						6	862
Suma general de todos los :		13623				7	860
Promedio general de todas las C.E :		851.4				8	856
Suma de las cuatro C.E menoress :		3250				9	855
Promedio de las cuatro C.E menores:		812.5				10	855
						11	845
						12	845
						13	825
						14	815
						15	810
						16	800

Coef. De Uniformidad :	95.4 %
------------------------	--------

$$C.U_{CE} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

RESULTADO DE LA CONCETRACION DE FERTILIZANTES EN EL AGUA (PH y C.E)

Gotero Naandanjain J-Turbo Key plus x 2.0 l/h x k=2 x X=0.48 x NC

1.- Presion arco : 0.5 bar

T = 2.5 minuto

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de pH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.823	7.839	7.778	7.849	1	7.997
	G14	7.85	7.997	6.984	7.853	2	7.853
	G27	7.652	7.521	7.01	6.859	3	7.85
	G40	7.521	7.521	7.712	7.458	4	7.849
						5	7.839
						6	7.823
Suma general de todos los PH :		121.227				7	7.778
Promedio general de todos los PH :		7.6				8	7.712
Suma de los cuatro PH menores :		28.311				9	7.652
Promedio de los cuatro PH menores:		7.07775				10	7.521
						11	7.521
						12	7.521
						13	7.458
						14	7.01
						15	6.984
						16	6.859

Coef. De Uniformidad :	93.4 %
------------------------	--------

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

2.- Presion arco : 0.75 bar

T = 2.5 minuto

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.835	7.839	7.778	7.849	1	7.977
	G14	7.85	7.839	7.844	7.853	2	7.976
	G27	7.842	6.254	7.845	7.977	3	7.901
	G40	7.976	7.901	7.452	7.321	4	7.853
						5	7.85
						6	7.849
Suma general de todos los PH :		123.255				7	7.845
Promedio general de todos los PH :		7.7				8	7.844
Suma de los cuatro PH menores :		28.805				9	7.842
Promedio de los cuatro PH menores:		7.20125				10	7.839
						11	7.839
						12	7.835
						13	7.778
						14	7.452
						15	7.321
						16	6.254

Coef. De Uniformidad :	93.5 %
------------------------	--------

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

3.- Presion arco : 1.0 bar

T = 2.5 minuto

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.837	7.839	7.84	7.845	1	7.976
	G14	7.85	7.839	7.844	7.853	2	7.901
	G27	7.842	6.354	7.845	7.885	3	7.885
	G40	7.976	7.901	7.6	7.358	4	7.853
					5	7.85	
					6	7.845	
Suma general de todos los PH :					7	123.508	7.845
Promedio general de todos los PH :					8	7.7	7.844
Suma de los cuatro PH menores :					9	29.149	7.842
Promedio de los cuatro PH menores:					10	7.28725	7.84
					11		7.839
					12		7.839
					13		7.837
					14		7.6
					15		7.358
					16		6.354

Coef. De Uniformidad :	94.4 %
------------------------	--------

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

4.- Presion arco : 1.25 bar

T = 2.5 minuto

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.84	7.841	7.841	7.844	1	7.976
	G14	7.85	7.839	7.844	7.853	2	7.908
	G27	7.11	7.904	7.451	7.905	3	7.905
	G40	7.976	7.901	6.99	7.908	4	7.904
					5	7.901	
					6	7.853	
Suma general de todos los PH :					7	123.897	7.85
Promedio general de todos los PH :					8	7.7	7.844
Suma de los cuatro PH menores :					9	29.39	7.844
Promedio de los cuatro PH menores:					10	7.3475	7.841
					11		7.841
					12		7.84
					13		7.839
					14		7.451
					15		7.11
					16		6.99

Coef. De Uniformidad :	94.9 %
------------------------	--------

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

RESULTADO DE LA CONCETRACION DE FERTILIZANTES EN EL AGUA (PH y C.E)

Gotero Naandanjain J-Turbo Key plus x 2.0 l/h x k=2 x X=0.48 x NC

1.- Presion arco : 0.5 bar

T = 1 minuto

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	851	841	866	837	1	971
	G14	971	871	871	874	2	874
	G27	860	841	850	632	3	871
	G40	850	860	840	800	4	871
						5	866
						6	860
Suma general de todos los :		13515				7	860
Promedio general de todas las C.E :		844.7				8	851
Suma de las cuatro C.E menoress :		3109				9	850
Promedio de las cuatro C.E menores:		777.25				10	850
						11	841
						12	841
						13	840
						14	837
						15	800
						16	632

Coef. De Uniformidad :	92.0 %
------------------------	--------

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

2.- Presion arco : 0.75 bar

T = 1 minuto

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	831	844	832	840	1	912
	G14	902	868	845	865	2	902
	G27	860	912	855	645	3	868
	G40	860	866	809	820	4	866
						5	865
						6	860
Suma general de todos los :		13454				7	860
Promedio general de todas las C.E :		840.9				8	855
Suma de las cuatro C.E menoress :		3105				9	845
Promedio de las cuatro C.E menores:		776.25				10	844
						11	840
						12	832
						13	831
						14	820
						15	809
						16	645

Coef. De Uniformidad :	92.3 %
------------------------	--------

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

3.- Presion arco : 1.0 bar

T = 1 minuto

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	844	855	811	870	1	888
	G14	888	868	845	865	2	870
	G27	840	840	840	700	3	868
	G40	800	820	800	800	4	865
						5	855
						6	845
Suma general de todos los :		13286				7	844
Promedio general de todas las C.E :		830.4				8	840
Suma de las cuatro C.E menores :		3100				9	840
Promedio de las cuatro C.E menores:		775				10	840
						11	820
						12	811
						13	800
						14	800
						15	800
						16	700

Coef. De Uniformidad :	93.3 %
------------------------	--------

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

4.- Presion arco : 1.25 bar

T = 1 minuto

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	855	866	645	862	1	886
	G14	886	868	845	823	2	868
	G27	844	840	840	820	3	866
	G40	840	820	820	820	4	862
						5	855
						6	845
Suma general de todos los :		13294				7	844
Promedio general de todas las C.E :		830.9				8	840
Suma de las cuatro C.E menores :		3105				9	840
Promedio de las cuatro C.E menores:		776.25				10	840
						11	823
						12	820
						13	820
						14	820
						15	820
						16	645

Coef. De Uniformidad :	93.4 %
------------------------	--------

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

RESULTADO DE LA CONCETRACION DE FERTILIZANTES EN EL AGUA (PH y C.E)

Gotero Azud Sprint x 1.6 l/h x k=0.49 x X=0.51 x NC

1.- Presion arco : 0.5 bar

T = 2.5 minutoS

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de pH de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	7.825	7.955	6.555	8.021	1	8.02145	
	G14	7.890	7.986	7.222	7.965	2	7.98646	
	G27	7.934	7.934	7.500	7.856	3	7.965421	
	G40	7.865	7.865	7.856	7.450	4	7.9546	
							5	7.934
							6	7.934
Suma general de todos los PH :							7	7.89
Promedio general de todos los PH :							8	7.865
Suma de los cuatro PH menores :							9	7.865
Promedio de los cuatro PH menores:							10	7.856
							11	7.856
							12	7.825
							13	7.5
							14	7.45
							15	7.221548
							16	6.555

Suma general de todos los PH :	123.679
Promedio general de todos los PH :	7.730
Suma de los cuatro PH menores :	28.727
Promedio de los cuatro PH menores:	7.182

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad :	92.9 %
------------------------	--------

2.- Presion arco : 0.75 bar

T = 2.5 minutoS

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor	
		L1	L3	L5	L7			
Gotero (G)	G1	7.984	7.946	8.002	7.986	1	8.002	
	G14	7.925	7.000	7.984	7.564	2	7.9856	
	G27	7.960	7.980	7.984	7.895	3	7.984	
	G40	7.920	7.231	7.300	7.321	4	7.984	
							5	7.984
							6	7.98
Suma general de todos los PH :							7	7.96
Promedio general de todos los PH :							8	7.9464
Suma de los cuatro PH menores :							9	7.925
Promedio de los cuatro PH menores:							10	7.92
							11	7.895
							12	7.564
							13	7.321
							14	7.3
							15	7.231
							16	7

Suma general de todos los PH :	123.982
Promedio general de todos los PH :	7.7
Suma de los cuatro PH menores :	28.852
Promedio de los cuatro PH menores:	7.213

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad :	93.1 %
------------------------	--------

3.- Presion arco : 1.0 bar

T = 2.5 minutos

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.925	7.985	7.865	7.950	1	8.133
	G14	8.133	8.133	8.133	7.521	2	8.133
	G27	7.939	7.856	7.939	7.939	3	8.133
	G40	7.654	7.365	7.265	6.984	4	7.985
						5	7.95
						6	7.939
Suma general de todos los PH :		124.5877				7	7.939
Promedio general de todos los PH :		7.8				8	7.939
Suma de los cuatro PH menores :		29.1354				9	7.9254
Promedio de los cuatro PH menores:		7.28385				10	7.8654
						11	7.8564
						12	7.6541
						13	7.521
						14	7.3654
						15	7.265
						16	6.984

Coef. De Uniformidad :	93.5 %
------------------------	--------

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

4.- Presion arco : 1.25 bar

T = 2.5 minutos

PH

		Lateral (L)				N° orden	Orden de PH de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	7.998	8.025	8.032	7.986	1	8.032
	G14	7.981	7.902	7.865	7.865	2	8.025
	G27	7.895	7.865	7.946	7.946	3	7.998
	G40	7.101	7.322	7.452	7.201	4	7.986
						5	7.981
						6	7.946
Suma general de todos los PH :		124.382				7	7.946
Promedio general de todos los PH :		7.8				8	7.902
Suma de los cuatro PH menores :		29.076				9	7.895
Promedio de los cuatro PH menores:		7.269				10	7.865
						11	7.865
						12	7.865
						13	7.452
						14	7.322
						15	7.201
						16	7.101

Coef. De Uniformidad :	93.5 %
------------------------	--------

$$C. U_{PH} = \frac{PH \text{ prom. 4 PH menores}}{PH \text{ prom. general}} * 100$$

**RESULTADO DE LA CONCETRACION DE FERTILIZANTES EN EL AGUA
(PH y C.E)**

Gotero Azud Sprint x 1.6 l/h x k=0.49 x X=0.51 x NC

1.- Presion arco : 0.5 bar

T = 2.5 minutos

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	831	842	840	833	1	842
	G14	838	841	841	838	2	841
	G27	831	820	840	820	3	841
	G40	820	805	740	650	4	840
						5	840
						6	838
Suma general de todos los :		13030				7	838
Promedio general de todas las C.E :		814.4				8	833
Suma de las cuatro C.E menoress :		3015				9	831
Promedio de las cuatro C.E menores:		753.75				10	831
						11	820
						12	820
						13	820
						14	805
						15	740
						16	650

Coef. De Uniformidad :	92.6 %
------------------------	--------

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

2.- Presion arco : 0.75 bar

T = 2.5 minutos

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	835	805	808	807	1	841
	G14	840	700	841	841	2	841
	G27	740	740	801	801	3	840
	G40	800	828	788	780	4	835
						5	828
						6	808
Suma general de todos los :		12755				7	807
Promedio general de todas las C.E :		797.2				8	805
Suma de las cuatro C.E menoress :		2960				9	801
Promedio de las cuatro C.E menores:		740				10	801
						11	800
						12	788
						13	780
						14	740
						15	740
						16	700

Coef. De Uniformidad :	92.8 %
------------------------	--------

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 C.E menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

3.- Presion arco : 1.0 bar

T = 2.5 minutos

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	828	832	831	828	1	887
	G14	841	846	851	851	2	887
	G27	887	887	655	832	3	851
	G40	808	801	801	809	4	851
						5	846
						6	841
Suma general de todos los :						7	832
Promedio general de todas las C.E :						8	832
Suma de las cuatro C.E menoress :						9	831
Promedio de las cuatro C.E menores:						10	828
						11	828
						12	809
						13	808
						14	801
						15	801
						16	655

Suma general de todos los :	13188
Promedio general de todas las C.E :	824.3
Suma de las cuatro C.E menoress :	3065
Promedio de las cuatro C.E menores:	766.25

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 } C.E \text{ menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad :	93.0 %
------------------------	--------

4.- Presion arco : 1.25 bar

T = 2.5 minutos

C.E (us/cm)

		Lateral (L)				N° orden	Orden de C.E de mayor a menor
		L1	L3	L5	L7		
Gotero (G)	G1	838	825	825	831	1	850
	G14	688	801	821	809	2	842
	G27	842	826	819	812	3	840
	G40	730	840	850	800	4	838
						5	831
						6	826
Suma general de todos los :						7	825
Promedio general de todas las C.E :						8	825
Suma de las cuatro C.E menoress :						9	821
Promedio de las cuatro C.E menores:						10	819
						11	812
						12	809
						13	801
						14	800
						15	730
						16	688

Suma general de todos los :	12957
Promedio general de todas las C.E :	809.8
Suma de las cuatro C.E menoress :	3019
Promedio de las cuatro C.E menores:	754.75

$$C.U_{C.E} = \frac{C.E \text{ prom. 4 } C.E \text{ menores}}{C.E \text{ prom. general}} * 100$$

Coef. De Uniformidad :	93.2 %
------------------------	--------

ANEXO 9: MATERIALES PARA LA INSTALACION DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Accesorios usados en la instalación de la parcela demostrativa

Accesorios	Unidad	Cantidad	Descripción
Tubería matriz	m	25	PVC x 5m x 1.5" x C7.5
Tubería porta laterales	m	25	PVC x 5m x 1.5" x C 5
Válvula de aire	Unid.	3	Valv. Aire x 1 " x RM
Válvula de agua	Unid.	4	Sanking x válvula de bola x 1.5"
Codos de 90°	Unid.	11	PVC x 1.5" x C10
Tee	Unid.	6	PVC x 1.5" x C11
Collarines	Unid.	4	Hdpe x 1.5"
Conectores iniciales	Unid.	21	Azud x 16mm x hdpe
Válvulas ramales	Unid.	21	Azud x 16 mm
Manguera ciega	m	32	Azud x hdpe x 16 mm x C3

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10: PLANO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

