

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE
REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO
EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCÁVELICA - 2016**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

MARTÍN ALLCCA HUAMÁN MATÍAS

AYACUCHO – PERÚ

2016

**COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE
REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO
EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCÁVELICA - 2016**

Aprobado por:

Dr. JORGE E. PASTOR WATANABE

Presidente del Jurado

Ing. HERBERT NÚÑEZ ALFARO

Asesor de Tesis

Ing. LEONIDAS A. ARIAS BALTAZAR

Miembro del Jurado

Ing. EFRAÍN CHUCHÓN PRADO

Miembro del Jurado

Dr. ANTONIO JERÍ CHÁVEZ

Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, sabiduría y las fuerzas para superar los obstáculos.

Con mucho cariño a mi padre Juan Allcahuamán Evanán, sé que desde el cielo me bendice y a mi madre María Carmen Matías Huancahuari, quienes me encaminaron a un espíritu de superación, a ellos el presente logro.

A mis hermanos Edelmira, Priscila, Wilber, Juan, María y Candelaria por el apoyo incondicional que me brindaron en mi búsqueda de nuevos horizontes.

A mi esposa Nancy Chávez por su apoyo incondicional y mi hija Stefany Coralíe, por ser mi principal motivación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser Alma Mater de mi formación profesional, por haberme acogido, formado y brindado las facilidades.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por brindar los conocimientos necesarios en mi formación profesional, a los Docentes quienes con sacrificio hicieron posible de impartir sus conocimientos y experiencias, a ellos mi eterno reconocimiento.

A mi asesor y amigo Ing. Herbert Núñez Alfaro, gracias por los consejos y guía.

A la empresa Agroinversiones Wary SAC por brindarme las facilidades en la materialización de la presente trabajo.

A Edizon Zarabia R, por compartir su valioso conocimiento y experiencia en este trabajo de tesis.

A los beneficiarios de GGE Virgen de Asunción, por permitirme ingresar a sus parcelas con fines del presente trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera fueron participes en este logro, mil gracias.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
I. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.1 Riego presurizado	3
1.1.1 Riego presurizado	3
1.2 Clasificación de riego presurizado	3
1.3 Componentes del riego presurizado	9
1.3.1 Fuente	10
1.3.2 Captación	10
1.3.3 Desarenador.....	11
1.3.4 Reservorio	12
1.3.5 Cabezal de riego	12
1.3.6 Cámara rompe presión	14
1.3.7 Reguladores de presión.....	15
1.3.8 Tubería principal.....	18
1.3.9 Tubería secundaria.....	19
1.3.10 Tubería distribidora o portalateral	19
1.3.11 Lateral de riego.....	20
1.3.12 Válvulas de control	21
1.3.13 Hidrantes.....	21

1.3.14	Válvulas de aire	21
1.3.15	Válvulas de purga.....	22
1.4	Consideraciones para diseño de riego presurizado	22
1.4.1	Topografía	22
1.4.2	Muestra de suelo y agua	23
1.4.3	Diseño agronómico.....	35
1.4.4	Programación de riego	37
1.4.5	Diseño hidráulico	38
1.5	Parámetros de evaluación de un sistema de riego presurizado	41
1.5.1	Velocidad recomendable en el diseño de tuberías a presión	41
1.5.2	Eficiencia de riego	41
1.5.3	Disposición de marcos de riego.....	42
1.5.4	Uniformidad en riego por aspersión	44
1.5.5	Uniformidad en riego por goteo	45
1.5.6	Coeficiente de variación de fabricación	50
1.5.7	Evaluación de presiones.....	51
1.6	Cultivo de palto.....	52
1.6.1	Requerimientos agro - ecológicos.....	52
1.6.2	Requerimientos de agua de paltos	54
1.6.3	Diseño de la plantación	56
1.6.4	Selección del riego presurizado.....	56
1.6.5	Variedades	57
1.7	Cultivo de frijol.....	57
1.7.1	Suelo	57
1.7.2	Clima	57
1.7.3	Riego.....	58
1.8	Presupuesto	58

II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
2.1 Ubicación del proyecto	59
2.1.1 Ubicación política:	59
2.1.2 Ubicación geográfica:	59
2.1.3 Ubicación Administrativa:	60
2.2 Materiales y Equipos	61
2.2.1 Materiales.....	61
2.2.2 Equipos y herramientas	61
2.3 Metodología.....	61
2.3.1 Trabajo de topografía.	61
2.3.2 Prueba de infiltración del suelo.....	62
2.3.3 Muestra de suelo	66
2.3.4 Medición de caudal y presión en riego por goteo.....	66
2.3.5 Evaluación de pluviometría en riego por aspersión.....	68
2.3.6 Medición de caudal y presión en riego por aspersión	72
2.3.7 Evaluación de presión dinámica en reguladores de presión (PRV), en cámara rompe presión y en toma hidrantes en el sistema	74
2.4 Fase de Gabinete	77
2.4.1 Procesamiento de planos de topografía	77
2.4.2 Suelo	78
2.4.3 Agua.....	79
2.4.4 Cédula de cultivo	81
2.4.5 Demanda hídrica	82
2.4.6 Diseño agronómico.....	87
2.4.7 Programación de riego	94
2.4.8 Diseño hidráulico	96
2.4.9 Costos	96

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	97
3.1 Coeficiente de uniformidad	97
3.2 Evaluación de presión y caudal en los emisores.....	98
3.3 Diseño hidráulico	102
3.4 Análisis de costos.....	108
IV. CONCLUSIONES	111
V. RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Presión y caudal nominal en un sistema localizado.....	8
Tabla 1.2: Velocidad límite de arrastre para cada material.	11
Tabla 1.3: Perdidas de carga en los componentes del cabezal.....	13
Tabla 1.4: Reguladores de presión PRXF-LV de presión estática.....	18
Tabla 1.5: Textura del suelo	28
Tabla 1.6: Propiedades físicas del suelo.....	29
Tabla 1.7: Tasa de precipitación máxima en terreno plano	29
Tabla 1.8: Rangos de partículas para distintas clases texturales	30
Tabla 1.9: Profundidad de raíz, fracción de agotamiento del suelo fácilmente aprovechable (f) y humedad fácilmente aprovechable (HFA) para diferentes texturas de suelo y cultivo cuando la ETP es de 5 – 6 mm/día.	31
Tabla 1.10: Guías sobre obstrucción potencial con aguas de diferente calidad .	33
Tabla 1.11: Calidad de agua por peligro de salinidad	33
Tabla 1.12: Clasificación del agua por el contenido de Sodio	34
Tabla 1.13: Información requerida para el diseño de un sistema de riego	37
Tabla 1.14: Valores de coeficiente de rugosidad para tipo de material	39
Tabla 1.15: Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo	40
Tabla 1.16: Valores de eficiencia de los sistemas de riego por región	41
Tabla 1.17: Valores indicativos de eficiencia de aplicación para sistemas de riego.	42
Tabla 1.18: Espaciamiento en porcentaje del diámetro mojado (%Dw) sugerido para los sistemas estacionarios y diversos modelos de distribución pluviométrica bajo velocidades de viento menor a 5km/h.	43
Tabla 1.19: Espaciamiento máximo entre aspersores.....	44

Tabla 1.20: Calificación de la instalación de riego en función de valores de coeficiente de uniformidad	49
Tabla 1.21: Clasificación de la calidad de los emisores según el coeficiente de variación de fabricación (Cv)	50
Tabla 1.22: Volúmenes de agua promedio a aplicar en paltos adultos plantados en los valles de Quillota, Petorca y La Ligua (V Región).....	55
Tabla 1.23: Volúmenes de agua promedio a aplicar en paltos nuevos plantados en los valles de Quillota, Petorca y La Ligua (V Región).....	55
Tabla 1.24: Rendimiento del aguacate (kg /ha) bajo riegos por aspersión y goteo con distintas frecuencias de aplicación.....	56
Tabla 1.25: Variedades de aguacate aptas para el cultivo en las diferentes altitudes.....	57
Tabla 2.1: Resultados de lectura de la prueba cilindro infiltrómetro	65
Tabla 2.2: Valores de caudal en emisores de riego por goteo (ml)	68
Tabla 2.3: Valores de presión en los emisores de riego por goteo (mca)	68
Tabla 2.4: Registro de pluviómetros en riego por aspersión VYR 66 (ml)	70
Tabla 2.5: Registro de pluviómetros en riego por aspersión Xcel Wobbler	71
Tabla 2.6: Valores de caudal y presión en riego por aspersión VYR 66.....	72
Tabla 2.7: Lectura de caudal y presión en los emisores Xcel Wobbler.....	73
Tabla 2.8: Resultados de presión en operación en riego por aspersión Xcel Wobbler (sub unidad de riego 12).....	74
Tabla 2.9: Presión de operación en reguladores de presión en la subunidad cuatro de riego por goteo.....	75
Tabla 2.10: Presión de operación en reguladores de presión y toma de hidrantes en riego por aspersión VYR 66 (subunidad de riego 9).....	76
Tabla 2.11: Presión de operación en reguladores de presión ene riego por goteo (subunidad dos).....	76

Tabla 2.12: Resultado de análisis de suelo del laboratorio	78
Tabla 2.13: Análisis de agua.....	80
Tabla 2.14: Determinación de los sectores de riego y cultivo por sistema	81
Tabla 2.15: Porcentaje de áreas y días de riego por sistema presurizado planteado.....	81
Tabla 2.16: Cédula de cultivo planteado	82
Tabla 2.17: Precipitación media mensual (mm)	83
Tabla 2.18: Precipitación efectiva media mensual (mm)	83
Tabla 2.19: Evapotranspiración potencial (mm/día)	84
Tabla 2.20: Demanda hídrica (mm/día).....	86
Tabla 2.21: Resultado de análisis físico de suelo.....	87
Tabla 2.22: Cuadro de entrada para riego por aspersión Xcel Wobbler	88
Tabla 2.23: Diseño agronómico con AQUA para riego por aspersión Xcel Wobbler.....	89
Tabla 2.24: Cuadro de entrada para riego por aspersión VYR 66.....	90
Tabla 2.25: Diseño agronómico con AQUA en riego por aspersión VYR 66	91
Tabla 2.26: Cuadro de entrada para riego por goteo	92
Tabla 2.27: Diseño agronómico con AQUA en riego por Goteo	93
Tabla 2.28: Programación de riego.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Estructura de un sistema de riego presurizado	10
Figura 1.2: Cabezal de riego.....	13
Figura 1.3: Partes externas de cámara rompe presión tipo 7	14
Figura 1.4: Partes internas de cámara rompe presión tipo 7	15
Figura 1.5: Curva de reguladores de presión	16
Figura 1.6: Reguladora de presión instalada en paralelo modelo PRXF – LV- 40 PSI (Senninger) en tubería de 90mm.....	17
Figura 1.7: Proceso de funcionamiento de reguladores de presión.....	18
Figura 1.8: Variación de la lámina infiltrada acumulada y la velocidad de infiltración instantánea en función del tiempo de oportunidad.	26
Figura 1.9: Infiltrómetro de doble cilindro	27
Figura 1.10: Triangulo textural	28
Figura 1.11: Tipos de agua según su concentración total de sales y su relación de la absorción de sodio.	34
Figura 1.12: La uniformidad de distribución afecta al desarrollo homogéneo del cultivo y a su producción final.	38
Figura 1.13: Distribución de los aspersores	43
Figura 1.14: Determinación de pluviómetros para la uniformidad de riego para riego por aspersión	45
Figura 1.15: Determinación de pluviómetros y presiones para la uniformidad de riego para riego localizado	47
Figura 1.16: Medida de caudal que suministra los emisores en riego localizado	48
Figura 1.17: Medida de la presión del agua con manómetro en riego por goteo	49
Figura 1.18: posición del injerto con respecto del viento	53
Figura 2.1: Ubicación provincial, distrital y localidad	60

Figura 2.2: Ubicación del proyecto, se observa las áreas de riego	60
Figura 2.3: Trabajo topográfico de áreas de riego y la ubicación de obras.....	62
Figura 2.4: Delimitación de áreas de riego con GPS Montana 650	62
Figura 2.5: Nivelado de terreno e instalación del cilindro infiltrómetro como se observa de imagen de izquierda y derecha respectivamente.....	63
Figura 2.6: Llenado con agua a cilindro interior impermeabilizada con plástico y cilindro exterior	64
Figura 2.7: Toma de lectura de descenso de agua en lámina en el cilindro interior con flexómetro respecto a un punto de referencia al bode del cilindro interior. ..	65
Figura 2.8: Característica, profundidad y extracción de suelo para laboratorio ..	66
Figura 2.9: Medición de caudal y presión en riego por goteo	67
Figura 2.10: Determinación de pluviómetros en riego por aspersión VYR 66.....	69
Figura 2.11: Lectura de pluviómetros con probeta de 100ml aspersión VYR 66	69
Figura 2.12: Determinación de pluviómetros en riego por aspersión Xcel Wobbler en la subunidad de riego 12.....	71
Figura 2.13: Se observa en a). Se está realizando la medición de caudal del aspersor VYR 66 con balde de 20 litros y en b). Se aprecia toma de presión en el elevador.....	72
Figura 2.14: Se observa en a). Se está realizando la medición de caudal del aspersor Xcel Wobbler y en b). Se aprecia toma de presión en el conector.....	73
Figura 2.15: En la figura se observan en a). Los puntos de topografía y delimitación de áreas de riego, en b). Se observa el plano topográfico.....	77
Figura 2.16: Determinación de clase textural del suelo	79
Figura 2.17: Grafica de demanda hídrica (mm/día).....	86
Figura 3.1: Coeficiente de uniformidad del sistema presurizado evaluado en campo.....	97
Figura 3.2: Resultado de presión y caudal del aspersor Xcel Wobbler.....	99

Figura 3.3: Resultado de presión y caudal del aspersor VYR 66	100
Figura 3.4: Resultado de presión y caudal en emisores de riego por goteo	101
Figura 3.5: Esquema hidráulico con cámara rompe presión (CRP).....	103
Figura 3.6: Esquema hidráulico con reguladores de presión (PRV)	104
Figura 3.7: Esquema hidráulico mixta	105
Figura 3.8: Evaluación de presión de diseño y de campo en subunidad dos ...	106
Figura 3.9: Evaluación de presión de diseño y de campo en subunidad cuatro	106
Figura 3.10: Evaluación de presión de diseño y de campo en hidrantes en la subunidad de riego nueve por aspersion con VYR 66	107
Figura 3.11: Evaluación de presión de diseño y de campo en hidrantes en subunidad de riego 12 por aspersion con Xcel Wobbler	108
Figura 3.12: Costo de inversión en sistema de riego presurizado	109
Figura 3.13: Costo directo de inversión por hectárea a nivel parcelario	110

RESUMEN

La investigación se realizó en la localidad de Pichcay en el distrito y provincia de Churcampa región Huancavelica, ubicada en las coordenadas UTM 8 590 195 N, 567 389 E en una altitud de 2 820 m.s.n.m, pertenece administrativamente a la junta de usuarios Huancavelica de la comisión de usuarios Churcampa. En una área de 5.12 ha implementada con riego presurizado en funcionamiento, distribuidos en riego por aspersión con emisores VYR 66 en un área de 1.29 ha, con emisores Xcel Wobbler en un área de 0.86 ha y riego por goteo con goteros regulables de 2.97 ha. Se encuentra instalada sistema de riego presurizado mixto utilizando la cámara rompe presión y reguladores de presión para la regulación de presiones, en donde se evaluó el coeficiente de uniformidad de 87% con aspersores VYR 66 con marcos de riego de 14 m x 14 m entre lateral y emisor. Así mismo para aspersores Xcel Wobbler se obtuvo de 93% con marcos de riego de 9 m x 9 m entre laterales y emisores y para riego por goteo encontrándose de 83%. De igual manera se evaluó las presiones de operación en cada sector de unidades de riego el cual guardan relación con los resultados del diseño hidráulico; es así la variación de presión en los emisores tanto en riego por aspersión y goteo se encuentran dentro del 20 % de la presión media, así mismo la variación de caudal están dentro del rango del 10% del caudal de diseño planteado en el diseño agronómico. El costo de inversión para el diseño hidráulico con el uso de cámaras rompe presión se determinó de S/.184,530.68 soles, mientras en el diseño hidráulico con la utilización de reguladores de presión se obtuvo S/. 160,498.94 soles y en el diseño hidráulico mixta con la utilización de cámaras rompe presión y reguladores de presión se encontró de S/. 158,179.80 soles.

Palabras Clave: Diseño hidráulico, comportamiento hidráulico, riego por aspersión, riego por goteo, reguladores de presión.

INTRODUCCIÓN

La producción agraria a nivel mundial tiene dos misiones básicas: abastecer de alimentos a la población humana y promover su desarrollo económico-social. El que la actividad agraria sea competitiva en un mercado mundial cada vez más globalizado condiciona el futuro de muchas explotaciones, unidades técnico-económicas de gestión, en su viabilidad económica, dentro del marco de una agricultura sustentada, sostenida o perdurable, donde la tecnología aplicada reduzca los posibles impactos ambientales, conserve los recursos naturales (genéticos, suelo, agua, etc.), y contribuye a la equidad social. Cerca del 10% de las áreas regadas en todo el mundo son por aspersión, siendo este porcentaje más elevado en los países desarrollados y con bajos costes de la energía. (Pereira, et al. 2010)

El uso del riego en la agricultura ha impulsado gran parte del incremento de la producción mundial de alimentos tanto en cantidad como en calidad en las últimas décadas. Con el creciente aumento de la población y la progresiva escasez de agua, se hace necesario el uso de sistemas de riego tecnificado, que permiten aprovechar al máximo el agua, a la vez que aportan a cada planta la cantidad necesaria de nutrientes para alcanzar su rendimiento óptimo y por consiguiente una disminución importante de los costos de operación en el manejo.

De 1 285 215.60 km^2 del territorio nacional la superficie agropecuaria es de 387 424 km^2 que representa de 30.1% de los cuales la superficie agrícola es de 7 125 007 ha, solo 1 808 302 ha es superficie con cultivo bajo riego, del cual solo 217 756.52 ha apenas representa el 12% son con riegos tecnificados según indica. (INEI – IV CENAGRO (2012).

Sin embargo, para el correcto funcionamiento de los sistemas de riego presurizado se busca adecuado diseño, buscando minimizar los costos de instalación por hectárea y la funcionabilidad en el tiempo, las razones por las cuales se busca

realizar un análisis comparativo del diseño hidráulico para un riego presurizado en ladera, utilizando los reguladores de presión frente a las cámaras rompe presión, estudiando desde un marco teórico práctico para así optimizar los costos de instalación. Para lo cual se han planteado los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el comportamiento del diseño hidráulico con la utilización de los reguladores de presión frente a las cámaras rompe presión tipo 7 con control de nivel en un riego presurizado en ladera en el distrito y provincia de Churcampa región Huancavelica – 2016.

Objetivos específicos

- Realizar la evaluación de coeficiente de uniformidad y cuantificar la presión del diseño hidráulico de la red de conducción y distribución mediante el uso de cámara rompe presión, reguladores de presión y mixta en el riego presurizado en ladera.
- Determinar los costos de inversión del diseño hidráulico de la red de conducción y distribución mediante el uso de cámara rompe presión, reguladores de presión y mixta en el riego presurizado en ladera.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Riego presurizado

1.1.1 Riego presurizado

Según Programa Subsectorial de Irrigaciones - PSI (2007) el riego presurizado es un sistema que consiste en conducir el agua a presión a través de tuberías de diferentes diámetros, hacia los emisores que son los elementos encargados de aplicar el agua en el suelo. Estos emisores pueden ser aspersión, goteo, micro aspersión.

1.2 Clasificación de riego presurizado

Riego por aspersión

PSI (2007) señala que el riego por aspersión simula a una lluvia artificial el cual es controlado tanto en el tiempo como en su intensidad. Mediante una amplia gama de aspersores diseñados para operar a diferentes presiones, espaciamiento y tamaños, se logra una variada distribución y diversas características de flujo que permita elegir el aspersor adecuado según las condiciones del suelo y la planta.

Según Gaete (2001) el riego por aspersión se caracteriza por aplicar el agua en forma de lluvia con considerables presiones, obtenidas por equipo de bombeo o por grandes desniveles. Este método permite el riego de una amplia gama de suelos que no pueden ser regados adecuadamente y eficientemente con métodos tradicionales, tal caso de suelos arenosos o muy arcillosos de alta o baja velocidad de infiltración y con pendientes pronunciadas. La eficiencia de aplicación del agua es 80% y uniformidad en su penetración en el perfil del suelo.

Según Pereira et al (2010) el riego por aspersión es apropiado para la mayoría de los cultivos y se adapta a casi todos los suelos regables por que los aspersores tienen una amplia gama características y de capacidad. Cuando el diseño es el adecuado el agua el agua puede ser aplicada con buena uniformidad y con pluviometría compatible con la tasa de infiltración del suelo. La uniformidad de distribución se mide en campo usando pequeños pluviómetro en sistema estacionario en malla cuadrada entre los aspersores en un determinado periodo de riego, se mide el agua que recoge lo que permite evaluar la uniformidad de riego. En un sistema de aspersión móvil puede evaluarse la uniformidad de distribución colocando los pluviómetros en línea, perpendicular a la dirección del movimiento de lateral. Además, tener cuidado la tasa de aplicación debe ser siempre menor que la tasa de infiltración del suelo. Un aspersor funciona mejor cuando la presión disponible está dentro de los límites especificados por el fabricante.

Según Gurovich (1985) el riego por aspersión es una red de tuberías o cañerías que cuenta con orificios para pulverizar el agua que circula a presión y aplicarla en forma de lluvia sobre el suelo. Según el tipo de red de tuberías, los sistemas pueden ser permanentes, semipermanentes o portátiles. En los permanentes, la tubería se ubica en el campo regado, generalmente enterrada, y no se desplaza de esa ubicación; los altos costos iniciales se compensan, a lo largo de la vida útil del equipo, con el ahorro en mano de obra, con la calidad y cantidad de la producción obtenida, y con las economías en la aplicación de fertilizantes, pesticidas y el control eventual de heladas. En cambio los Semipermanentes tienen las tuberías principales de la red enterradas permanentemente en el campo, las tuberías secundarias o laterales donde se ubican los aspersores son transportadas de un campo a otro durante la temporada de riego. En los sistemas portátiles todos los componentes desde el punto de bombeo o fuente de presión hasta el último aspersor, son transportables de un punto a otro en el campo regado. El aspecto más importante en el diseño de cualquier sistema de tuberías es la pérdida de carga por fricción. El problema en el diseño que aquí se presenta es seleccionar el diámetro de las tuberías y sus accesorios, que den un balance positivo entre los costos de estos y los de bombeo, de modo que se obtenga a fin de cuentas el menor gasto posible en la aplicación de agua con una máxima uniformidad. Los laterales deben diseñarse de tal manera que las pérdidas de

carga totales no excedan del 20% de la presión de trabajo de los aspersores, asegurando así que las descargas entre el primer y último aspersor de una línea no variaran entre si más de un 10%. Las pérdidas de carga por fricción en un lateral son menores que las de una tubería principal de igual diámetro. Esto se debe a que el flujo por la tubería lateral se va reduciendo en la medida que el agua se mueve por ella. Generalmente los ramales laterales se diseñan de un solo diámetro. Hay varias formas de determinar las pérdidas de carga en tuberías, la más clásica sería aquella que emplea formulas hidráulicas conocidas tales como la de Scobey, la de Hazen – Williams y otros.

Clasificación del sistema de riego por aspersión

Según Tarjuelo (1999) la clasificación de riego por aspersión está en función de la movilidad de los diferentes elementos del sistema, ya que facilita la comprensión de su funcionamiento y puede dar idea de los gastos de inversión. Los cuales pueden agruparse en dos grandes familias: los estacionarios, que permanecen fijos mientras riegan y los de desplazamiento continuo mientras realizan la aplicación del agua.

1. Sistemas estacionarios que permanecen en la misma posición mientras se efectúa las labores de regadío, que se clasifican en :

- Sistemas móviles (portátil)

Según Macías et al. (2011) el sistema móvil es donde todos los elementos de la instalación son móviles, puede serlo inclusive el grupo de bombeo, los ramales de riego suelen ser de aluminio o de PVC y se instalan sobre la superficie del terreno. Los ramales con los aspersores se instalan a la siguiente posición cuando se culmina una postura, para lo cual se necesita de gran cantidad de mano de obra.

Según Tarjuelo (1999) constan en general de una tubería principal enterrada trazada por el centro de la parcela, que dispone de un conjunto de hidrantes o tomas donde se conectan los ramales porta aspersores móviles (laterales o alas de los aspersores). Desde una misma toma pueden realizarse varias posiciones de ramal a cada lado de la tubería principal.

- Sistemas semifijos

Según Macías et al. (2011) el grupo de bombeo y las redes principales que van enterradas son fijas, y pueden ser de PVC o fibrocemento, de ellas derivan los hidrantes en donde se acoplan los ramales de distribución (fijos o móviles), a los que se conectan los ramales de riego que son móviles. Estos ramales deben ser fácilmente transportables por lo que deben ser de materiales ligeros (aluminio o PE) y resistir los efectos de la intemperie; a los ramales se acoplan los aspersores directamente o con manguera.

Tarjuelo (1999) menciona que los sistemas semifijos suelen tener fija la red de tuberías principales, que normalmente va enterrada y en los hidrantes se conectan los ramales de riego, que son móviles. Estos ramales de riego pueden llevar directamente acoplados los aspersores o bien ir dotados de mangueras que desplazan los aspersores sobre a una determinada distancia de lateral.

- Sistemas fijos

Según Macías et al. (2011) todos los elementos de este sistema son fijos (bombeo, red de riego y emisores), salvo en algunos casos donde los aspersores son desmontables y van ocupando sucesivas posiciones a lo largo de los ramales de riego.

Tarjuelo (1999) manifiesta que en un sistema fijo todas las tuberías que forman parte de la red de riego permanecen fijos durante el ciclo de cultivo.

2. Sistemas mecanizados que se desplazan mientras aplican el agua de riego y pueden ser:

- Cañones de riego

Según Macías et al. (2011) el cañón motorizado de riego consta de un aspersor de gran alcance y caudal (cañón) montado sobre un carro o patín y conectado al suministro de agua mediante una manguera. Este sistema de riego utiliza aspersores rotativos de gran tamaño, que funcionan con una elevada presión y forman gotas grandes.

- Pivotes

Según Macías et al. (2011) es un ramal de riego con un extremo fijo, por el que recibe el agua y la energía eléctrica, y otro móvil que describe un círculo alrededor del primero. El equipo de riego se basa en el movimiento de una tubería porta emisores que se apoya en unas torres automotrices, estas torres están provistas de un motor eléctrico y dos ruedas neumáticas. Normalmente los pivotes riegan un círculo completo aunque también se instalan para el riego de medio círculo.

- Laterales de avance frontal

Según Macías et al. (2011) la tubería porta emisores, los emisores y los sistemas de propulsión son semejantes al pivote, consiste en un ramal de riego montado sobre unas torres automotrices de dos ruedas que se desplazan en sentido perpendicular al ramal de riego y riega superficies de forma rectangular.

Riego por micro aspersión

Según Gaete (2001) el riego por micro aspersión y microjet, consiste básicamente en la aplicación del agua de riego como una lluvia de gotas finas a baja altura y en forma localizada, mediante el uso de emisores llamadas micro aspersores y microjets. Aunque a simple vista no existen diferencias físicas entre micro aspersores y microjet, su cometido difiere uno del otro. El micro aspersor realiza un movimiento rotatorio con lo que el chorro de agua cubre todo el círculo de humectación, en cambio en el microjet el chorro de agua es fijo o de abanico. Posee una eficiencia del 85% por aplicarse el agua en forma localizada sobre la zona radical del cultivo.

Pereira et al (2010) menciona que en el riego por micro aspersión el agua es pulverizada sobre la superficie del suelo, como en aspersión, pero produciendo áreas pequeñas y localizadas más o menos de 1 a 5 m de diámetro mojado de caudales de 50 a 150 l/h siendo los emisores los micro aspersores.

Riego por goteo

Según Gaete (2001) el riego por goteo permite aplicar agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el sistema radical del cultivo. El agua es transportada a través de una extensa red de tuberías hasta cada planta donde abandona la línea por

emisores en forma de gotas, llamadas goteros, permitiendo que el agua liberada a baja presión en el punto de emisión moje el perfil del suelo en una forma predeterminada, la eficiencia de riego es alta de entre todos los tipos de riego entre 90 a 95% teniendo además una distribución del agua muy uniforme.

Medina (1997) define al riego por goteo como un medio artificial de aplicar el agua a la zona radicular de los cultivos de forma que esta pudiera ser utilizada al máximo. Es aquel sistema que para conseguir mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorable para la planta, aplica el agua gota a gota, de esta forma el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteros o emisores.

Tabla 1.1: Presión y caudal nominal en un sistema localizado

Tipo de emisor	Presión nominal (mca)	Caudal nominal (l/h)
Bajo caudal	10	02 - 16
Alto caudal	20	16 - 150
Cintas de exudación	1 - 3	0.5 - 3

Fuente: Saldarriaga (2007).

Según Fuentes (2003) el riego por goteo el agua se aplica mediante dispositivos que la echan gota a gota o mediante flujo continuo, con un caudal inferior a 16 litros/hora por punto de emisión o por metro lineal de manguera de goteo

Según Pereira et al (2010) en riego por goteo el agua se aplica lentamente a la superficie del suelo en forma puntual exactamente a la zona radicular a través de pequeños orificios emisores llamados goteros con caudales de 2 a 8 l/h. la mayoría de los emisores de los riego localizados, sobre todo los de goteo funcionan a presiones muy bajas inferiores a 10m, algunos suelos no tienen capacidad de infiltración suficiente para infiltrar los caudales descargados, encharcándose o escurriendo el agua en exceso, los suelos arenosos no son adecuados para el riego por goteo, excepto cuando tienen estratificación horizontal que favorece el movimiento horizontal del agua, en caso contrario hay percolación profunda, las

sales se concentran generalmente en la superficie del suelo y en bodes del bulbo mojado.

Riego californiano

Según Gaete (2001) el riego californiano consiste básicamente en la conducción y distribución de agua mediante el uso de redes de tuberías desde la fuente hídrica (canal, pozo, embalse, entre otros) hasta el terreno a regar, aprovechando la topografía del terreno permite entregar agua con presiones reguladas y caudales controladas, orientados hacia los surcos, bordes o platabandas, pueden ser sistemas móviles y fijos, en los sistemas móviles las tuberías son trasladadas dependiendo de la necesidad de riego, las tuberías poseen sistemas de acople rápido facilitando el ensamble de la línea y viceversa, el agua sale por pequeñas compuertas hechas en la tubería al surco o directamente al cultivo.

En los sistemas fijos las tuberías van enterradas en cada cabecera de huerto, existe una válvula que permite la salida de agua al surco. Este sistema es muy aplicado en plantaciones donde los cultivos poseen una vida productiva extensa como los frutales. El sistema californiano tiene una eficiencia de aplicación en el orden de 65%, elimina el uso de acequias y con ello el crecimiento de malezas, las pérdidas por infiltración, evaporación y evapotranspiración de malezas se reducen a cero, comparando con riego tradicional necesita solo 25% de mano de obra.

1.3 Componentes del riego presurizado

Los elementos que componen un sistema de riego presurizado son muy variados de acuerdo a la topografía y zona de intervención, pero cumplen con ciertas normas de fabricación que acrediten su resistencia y durabilidad de los materiales.

Según Salas y Pérez. (2007) el riego por aspersión está compuesto por varias partes, desde la captación, línea de conducción, líneas de distribución, cámaras de carga, hidrantes, boquillas del aspersor hasta las válvulas que controlan la entrada de agua al sistema. Adicionalmente se consideran algunos elementos que no están incluidos en la figura, en función de las necesidades en el regadío.

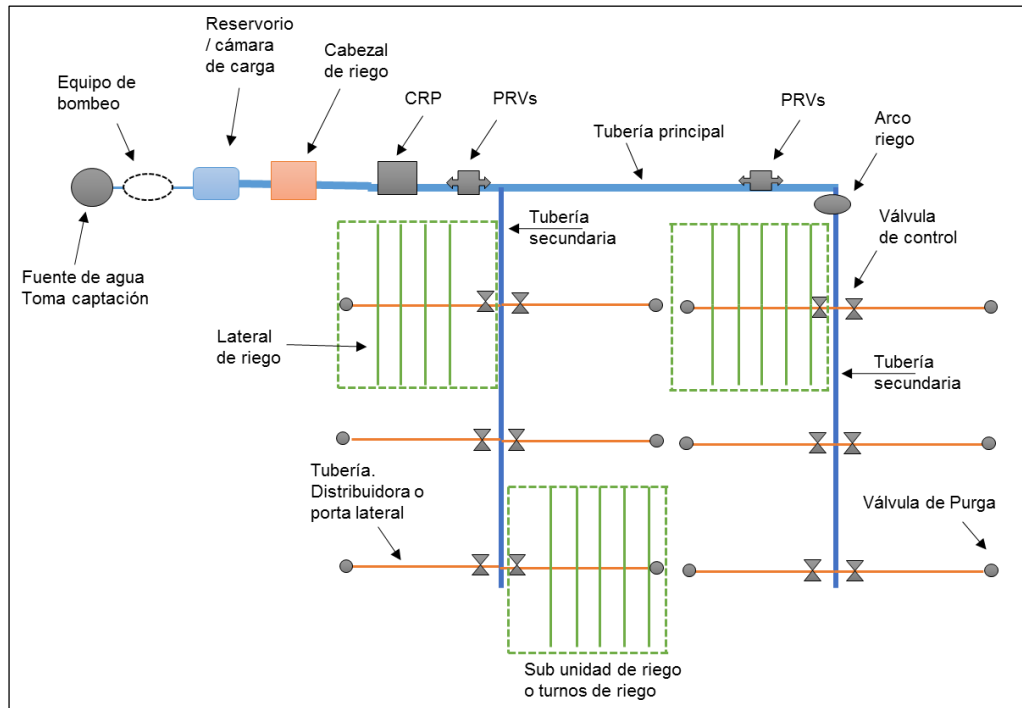


Figura 1.1: Estructura de un sistema de riego presurizado

1.3.1 Fuente

Agüero (1997) menciona que la fuente de agua constituye el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad de agua.

1.3.2 Captación

Según Vásquez (2000) las bocatomas son una estructura que sirven para captar y derivar agua de una fuente superficial (ríos, riachuelos, lagunas, otros) hacia un canal, para diferentes usos.

Agüero (1997) indica que una vez elegida e identificada la fuente de agua se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua para que luego pueda ser conducida mediante tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento, la estructura de cada captación tendrá características típicas dependiendo del tipo de fuente, de calidad y cantidad de agua en la fuente.

1.3.3 Desarenador

Según Villón (2005) el desarenador son obras hidráulicas que sirven para separar (decanter) y remover (evacuar) después, el material sólido que lleva el agua de un canal. Se clasifican en:

En función de su operación:

- Desarenadores de lavado continuo, es aquel en el que la sedimentación y evacuación son dos operaciones simultáneas.
- Desarenadores de lavado discontinuo (intermitente), que almacena y luego expulsa los sedimentos en movimientos separados.

En función de la velocidad de escurrimiento:

- De baja velocidad $v < 1$ m/s (0.20 – 0.60 m/s)
- De alta velocidad $v > 1$ m/s (1 – 1.5 m/s)

Por la disposición de los desarenadores

- En serie, formado por dos o más depósitos construidos uno a continuación del otro.
- En paralelo, formado por dos o más depósitos distribuidos paralelamente y diseñados para una fracción del caudal derivado.

Tabla 1.2: Velocidad límite de arrastre para cada material.

material	V (m/s)
arcilla	0.081
arena fina	0.16
arena gruesa	0.216

Fuente: Villón (2005)

De acuerdo a lo anterior la sección transversal de un desarenador se diseña para velocidades que varían entre 0,1 m/s y 0,4 m/s; con profundidad media entre 1,5 y 4 m. con pendiente transversal escogida de 1:5 y 1:8.

Según Instituto Nacional de Adecuación de Tierras - INAT (1997) el desarenador es una estructura hidráulica, que permite retener y evacuar los sedimentos como arenas y gravas. El desarenador es un tanque que tiene tres cámaras. En la

primera de llegada, se encuentra el vertedero de excesos, el cual permite que el agua sobrante pueda volver a la fuente de agua. En la segunda cámara pierde turbulencia y los sedimentos descienden hasta el fondo acumulándose en el depósito para lodos y la tercera cámara es un tanque de regulación que llena de agua limpia de donde pasa el agua a las tuberías.

1.3.4 Reservorio

Según Agüero (1997) el reservorio es garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable y mantener el flujo constante del agua en la red, para garantizar el servicio, en función de las necesidades proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente.

Agudelo y Pino (2012) mencionan que el reservorio es un tanque de almacenamiento que tiene como objetivo principal almacenar el agua que recibe de la bocatoma durante las horas fuera de la jornada de riego, permitiendo retener un volumen de agua que será utilizada cuando se requiera de una reparación, reposición de accesorios o cualquier otra actividad de mantenimiento. Esta a su vez recibe el agua durante el tiempo correspondiente a la jornada de riego.

1.3.5 Cabezal de riego

Villablanca y Villavicencio (2010) define a cabezal de riego como un conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución y se encuentra distribuido en la **figura 1.2:**

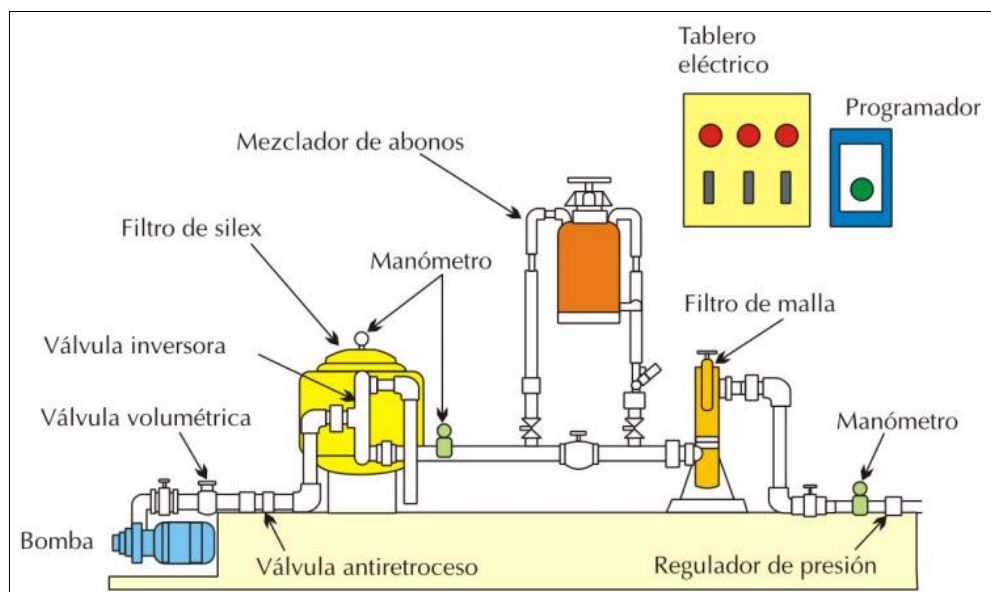


Figura 1.2: Cabezal de riego

Fuente: Villablanca, Villavicencio (2010)

Según Fuentes (2003) el cabezal de riego es un conjunto de aparatos que sirven para tratar, medir y filtrar el agua, comprobar su presión e incorporar los fertilizantes. Existen una gran variedad de cabezales, aunque los elementos básicos (equipo de tratamiento del agua, filtros, equipo de fertilización) son comunes a todos ellos y varían según la calidad del agua, grado de automatismo y características de los materiales del cabezal depende, en gran parte, el éxito o fracaso del riego, por lo que debe prestarse una gran importancia a su instalación.

Tabla 1.3: Pérdidas de carga en los componentes del cabezal

Aparato	Pérdida de carga (mca)
Hidrociclón	2-6
Filtro de grava	2-4
Filtro de malla	1-3
Tanque de fertilización	1-4
Inyector Hidráulico	4-5
Inyector Venturi	5-20
Regulador de presión	4-6
Válvula	1-3

Fuente: Fuentes (2003)

Según Pizarro (1996) el cabezal de riego es el conjunto de elementos que permite el tratamiento del agua de riego, su filtrado, medición, control de presión y la aplicación de fertilizantes.

1.3.6 Cámara rompe presión

Según Vázquez (2000) son dispositivos que se utilizan para reducir la presión del agua y evitar así el rompimiento de la tubería, pueden ser necesarias tanto en la conducción como en la distribución. La caja puede ser hecha de concreto armado, de block reforzado, de ladrillo tayuyo o de mampostería.

Agüero (1997) define a las cámaras rompe presión como un dissipador energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosfera), con la finalidad de evitar daños en la tubería, el cual permite utilizar tubería de menor clase, reduciendo los costos de instalación. OPS/CEPIS (2004). Sugiere la instalación de Cámaras rompe presión cada 50 m de desnivel para evitar presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería.

Según Sanbasur (2003) las cámara de rompe presión tipo 7, es una estructura de concreto armado, se construye en la red de distribución, cuando existe considerable desnivel entre el reservorio y las viviendas, sirve para romper la presión del agua. En la **figura 1.3 y 1.4** se aprecia las partes externas e internas de un cámara rompe presión.

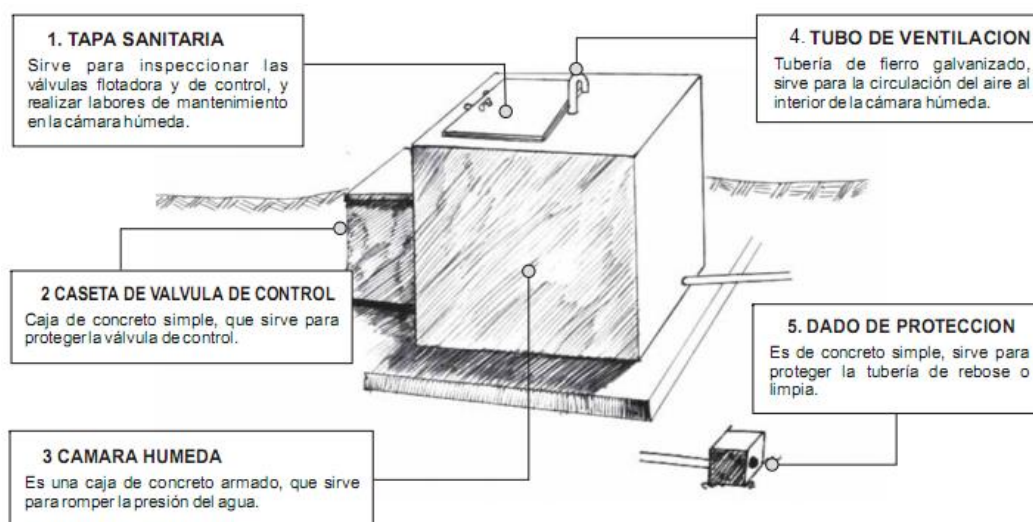


Figura 1.3: Partes externas de cámara rompe presión tipo 7

Fuente: SANBASUR, (2003)

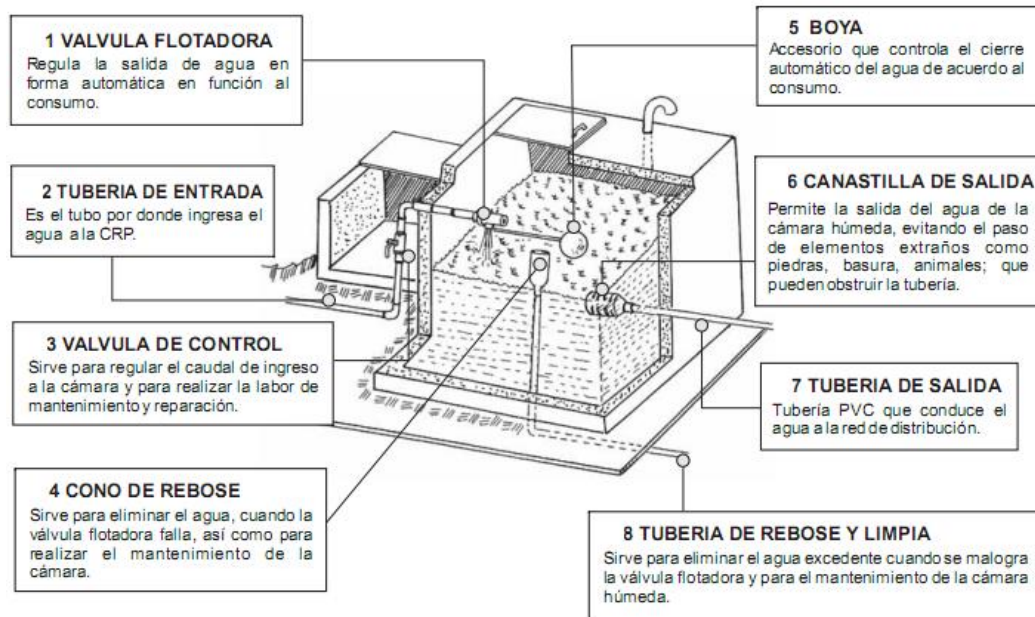


Figura 1.4: Partes internas de cámara rompe presión tipo 7

Fuente: SANBASUR, (2003)

1.3.7 Reguladores de presión

Según Ulanicki (2014) una válvula reductora de presión (PRV) consiste en una válvula principal y un controlador de PRV que detecta la presión de salida y ajusta la apertura de la válvula principal para mantener la presión de salida en un punto de ajuste. Aunque es bien sabido que PRV tienden a oscilar a baja fluye el problema no se entiende correctamente.

Según Tarjuelo (1999) es aquella válvula que mantiene constante la presión aguas abajo para distintas condiciones de caudal y presión. El piloto reductor de presión es una válvula con dos cámaras separadas por un diafragma, la cámara inferior está conectada en serie al circuito de salida y por ella circula el agua, mientras que la cámara superior está conectada a la atmosfera y en ella se aloja un muelle que tiende a abrir el paso del agua.

Los reguladores de presión pueden ser dinámicos (si solo actúa cuando el agua está circulando) o estáticos (si sierra herméticamente cuando no circula caudal) y tienen dos misiones fundamentales: Garantizar la uniformidad de riego, al igual las presiones de funcionamiento en los distintos puntos de la instalación y evitar presiones excesivas en las tuberías que obligarían a timbrajes innecesarios,

existen varios tipos, pero los más utilizados en riego por aspersión son los de muelle y los derivados de la válvula hidráulica.

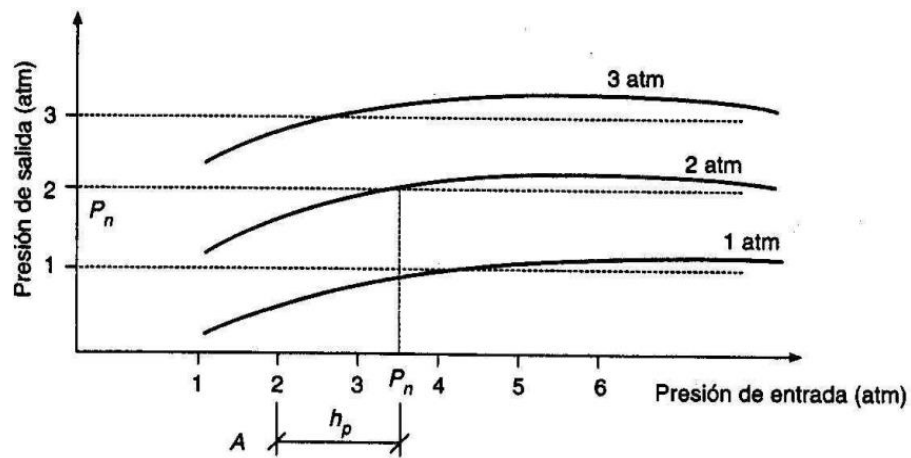


Figura 1.5: Curva de reguladores de presión

Fuente: Tarjuelo (1999)

Según Fuentes, (2003) es aquel que mantiene constante la presión de salida, dentro de una determinada variación de la presión de entrada. Por lo general, el mecanismo consiste en un pistón en donde la cara superior está sometida a la presión de entrada, y la cara inferior, a la presión de salida. Cuando se eleva la presión de salida, el pistón se mueve y actúa sobre un obturador que estrangula el paso del agua, provocando un aumento de la pérdida de carga y una reducción de la presión de salida. La pérdida de carga que provoca el aparato sin considerar el efecto de regulación varía de 0.1 a 1.0 atmósferas. Cuando la presión de entrada es muy elevada se colocan dos o más reguladores en serie y paralelo según el diámetro de la tubería.



Figura 1.6: Reguladora de presión instalada en paralelo modelo PRXF – LV- 40 PSI (Senninger) en tubería de 90mm

Fuente: PSI (2015) riego tecnificado GGE. Ccochahuaycco Churcampa – Huancavelica.

Funcionamiento de reguladores de presión (Senninger)

Senninger Irrigation Inc indica la función básica de un regulador de presión es limitar la presión de entrada excesiva y variable y proporcionar una presión de salida constante, esto se hace para mantener el rendimiento deseado de un aspersor.

Según aumenta y fluctúa la presión aguas arriba, la abertura de la válvula cambia de tamaño, mientras tanto, la pérdida de presión a través de regulador cambia proporcionalmente. Esto le permite a los reguladores mantener la presión aguas abajo en una constante relativa.

El regulador de presión se activa cuando el agua viaja por su extremo de entrada y alrededor del asiento fijo en el área de flujo.

El agua entra en un cilindro hueco llamado un vástago de estrangulación (o T-stem), que está unido a un diafragma más grande cerca del extremo de salida del regulador, hay un resorte alrededor del tallo de estrangulación que mantiene la zona de flujo abierta y deja el agua atravesar.

Cuando el agua fluye a altas presiones la presión actúa sobre el diafragma y trata de cerrar el área de flujo, se cierra lo suficientemente como para mantener una presión ajustada.

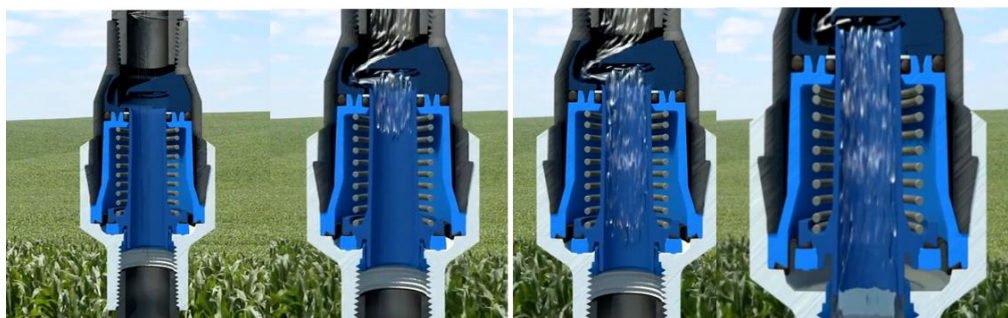


Figura 1.7: Proceso de funcionamiento de reguladores de presión

Fuente: senninger irrigation inc.

Tabla 1.4: Reguladores de presión PRXF-LV de presión estática

Modelo	Caudales	Presión operativa predeterminada	Máxima presión de entrada	Tamaños de entrada	Tamaño de salidas
PRXF-LV-30	15 - 75 gpm (3407 - 17034 l/h)	30 PSI (2.07 bar)	125 PSI (8.62 bar)	3"	3"
PRXF-LV-40	16 - 75 gpm (3407 - 17034 l/h)	40 PSI (2.76 bar)	127 PSI (8.76 bar)	3"	3"
PRXF-LV-50	17 - 75 gpm (3407 - 17034 l/h)	50 PSI (3.45 bar)	128 PSI (8.83 bar)	3"	3"
PRXF-LV-60	18 - 75 gpm (3407 - 17034 l/h)	60 PSI (4.14 bar)	129 PSI (8.89 bar)	3"	3"

Fuente: Senninger Irrigation Inc.

1.3.8 Tubería principal

La tubería principal es la tubería que conduce el agua desde el reservorio hacia la bifurcación de las tuberías secundarias que son controlados con válvulas de control los cuales sirven para sectorizar el funcionamiento de los sectores de riego. En riego presurizado también cabe llamarse obra común.

Según Coronado (2010) es la tubería que conduce el agua desde el cabezal principal hasta los sub cabezales que controlan cada uno de los sectores de riego.

Según Matta (1998) es la tubería encargada de llevar el agua, desde el cabezal de control hasta las tuberías secundarias.

Saldarriaga (2007) define como la tubería que parte de la estación y llega a todos los módulos de riego del cultivo.

1.3.9 Tubería secundaria

La tubería secundaria también podemos llamar como obra común ya que conduce agua para uno o varios sectores de riego desde tubería principal hasta cabecera de parcelas.

Según Matta (1998) son tuberías de menor diámetro que alimenta los diferentes sectores de riego donde están ubicados las tuberías laterales.

Saldarriaga (2007) define como la tubería que parte de la tubería principal y lleva el caudal a uno solo de los módulos de riego.

1.3.10 Tubería distribuidora o portalateral

Es la tubería que lleva agua a partir de la tubería secundaria hacia las parcelas o sectores de riego, en riego presurizado pertenecen a obras parcelarias, en el cual se instalan los hidrantes en caso riego por aspersión, bigotes en caso de riego por goteo y micro aspersión, a partir de ellos se tiende los laterales, ya sea fijos, móviles o semifijos.

Según Lapo (2012) es la tubería encargada de distribuir el agua hacia las líneas de tubería portalateral generalmente son de PVC y de diámetro más pequeño que las tuberías principal – secundaria.

Según Pizarro (1996) llamada también tubería terciaria que alimenta agua a los laterales, generalmente al principio de cada terciaria se instalan reguladores de presión automáticas a veces simplemente válvulas de corte seguida de un manómetro, a esta superficie dominada por un regulador de presión se denomina subunidad de riego y a varios subunidad de riego que riegan simultáneamente desde un mismo punto se denomina unidad de riego.

1.3.11 Lateral de riego

Los laterales de riego podemos definir como una línea de tubería de menor diámetro instalada en dirección a curvas de nivel para evitar mayores pérdidas, pueden ser laterales fijos cuando el sistema es fijo con tubería PVC enterrada, móviles cuando son instalados con mangueras PE a la superficie del suelo con módulos de riego los cuales son trasladados de un riego a otro según turnos de riego, semifijos cuando las mangueras son instalados en cobertura total en todo parcelas tendido a la superficie, este tipo de riego recomendable para las zonas de alto andina donde los aspersores rotan por turnos de riego. Generalmente en riego presurizado podemos mencionar que los laterales de riego son obras parcelarias, según ley de riego tecnificado 28585.

Según Fuentes (2003) son tuberías que distribuye el agua a las plantas por medios de los emisores acopladas a ellas.

PSI (2007) menciona que los laterales de riego son tuberías donde van montadas los aspersores, generalmente son de material ligero como el aluminio o el acero galvanizado liviano.

Según Lapo (2012) los laterales de riego son tuberías en donde se insertan los goteros, son de polietileno que son instalados sobre la superficie del suelo a lo largo hilera de cultivo.

Coronado (2010) define aquella tubería que se extiende a lo largo de la hilera del cultivo y transporta el agua desde la tubería secundaria hasta los emisores o goteros y de estos al suelo. Su trazado es generalmente siguiendo las curvas de nivel del terreno, es decir en sentido contrario a la máxima pendiente.

Según Matta (1998) son tuberías de polietileno de media o tres cuartos de pulgada de diámetro a la cual se unen los diferentes tipos de emisores que son los encargados de entregar el agua a las plantas.

Según Saldarriaga (2007) son tuberías de último orden en las cuales se conectan los emisores finales del riego, en caso de riego por mangueras, cintas, o mangueras exudantes estos elementos son los laterales de riego.

1.3.12 Válvulas de control

Las válvulas de control se instalan en la tubería de distribución con el fin de regular el caudal del agua por sectores de riego y para realizar la labor de mantenimiento y reparación del sistema.

Según Matta (1998) las válvulas incluidas en el sistema de riego, cualquiera sea su condición (hidráulica, mecánica, de retención o de aire), deben ser removidas de su emplazamiento en la red, a lo menos, dos veces por temporada de riego y sometidas a lavado exterior, revisión de sus conexiones eléctricas, si procede desarmarla y lavarla interiormente con cepillo y agua limpia.

Durante la operación de las válvulas mecánicas, la apertura y cierre deberá efectuarse lentamente cuando el equipo esté en operación, con el objeto de evitar cambios bruscos en la velocidad del agua, dentro de las tuberías.

1.3.13 Hidrantes

Los hidrantes son puntos de conexión hacia el lateral de riego, controladas con válvulas de paso o pueden ser directos controlados con válvulas de acople rápido desde donde a través con bayoneta se instala hacia las mangueras llamadas laterales de riego.

1.3.14 Válvulas de aire

Agüero (1997) menciona que las válvulas de aire es necesario instalar ya sea automáticas o manuales para evitar el aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo de agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto.

Según Lapo (2012) es indispensable colocar este tipo de válvulas para evitar la formación de burbujas de aire, con el objeto de impedir daños en el equipo y problemas de su rendimiento.

1.3.15 Válvulas de purga

Según Agüero (1997) las válvulas de purga permite periódicamente la limpieza de tramos de tubería, por lo que los sedimentos acumulados en los puntos bajos de línea de conducción con topografía accidentada, provoca la reducción del área de flujo de agua.

1.4 Consideraciones para diseño de riego presurizado

1.4.1 Topografía

Según Maldonado (2002) el trabajo topográfico es un requisito indispensable para implementar un riego presurizado, el disponer de un plano topográfico ayuda evitar futuros problemas en el funcionamiento del sistema de riego, que a consecuencia de diseño mal hecho por carecer de una adecuada información del área que desea regar. El plano topográfico a curvas de nivel incluye la ubicación y la cota de fuente de agua, el cual sirve para realizar buen diseño.

Según Anten y Willet (2000) es indispensable el levantamiento topográfico/catastral de la zona a regar, de fuentes de agua, para lograr buen diseño de un sistema de riego presurizado, la escala más adecuada del mapa topográfico es de 1:1000, pero en algunos casos se puede optar por escala 1:2000, en caso de que la zona de riego es mayor a 40 has aproximadamente.

Elementos a tener a consideración en riego presurizado:

- Curvas de nivel cada 5 metros
- Límites de parcelas
- Área a regar y no regables (casas, parcelas de personas no involucradas, áreas rocosas, bosques, áreas demasiado inclinadas o pantanosas, entre otras)
- Fuente de agua

Cada una de estos elementos tiene que estar claramente indicados con líneas, colores, sombreados, etc y acompañados con una leyenda.

Organización del levantamiento topográfico de acuerdo con la comunidad beneficiaria, para el cual todos potenciales regantes deben estar para evitar que algunas parcelas no sean delimitadas y los reclamos posteriores.

En cada estación de teodolito se deja hitos de concreto pintado para replanteo de las obras proyectadas, en áreas grandes (más de 50 has) es conveniente levantar

primero un polígono de estaciones y después levantar las parcelas, además se recomienda tomar las coordenadas UTM (aproximada) con GPS de algunos hitos, pues esta permite ubicar con facilidad la zona de proyecto en carta nacional y sirve para chequear el polígono.

1.4.2 Muestra de suelo y agua

Prueba de infiltración del suelo

Según Cisneros (2003) la infiltración es la cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él. Es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos.

Según Tarjuelo (1999) la infiltración es un proceso de entrada de agua en el suelo durante la ejecución del riego. Se llama infiltrabilidad a la velocidad o tasa de infiltración cuando esta solo limitada por factores del suelo (otros factores serían las ranuras producidas por los gusanos, heladas), se mide en mm/h, y limita el ritmo de aplicación de agua al terreno para que no haya escorrentía.

La infiltración puede implicar:

- Un movimiento de agua unidimensional (vertical) tal como ocurre en riego por aspersión o por inundación.
- Un movimiento de agua bidimensional, como ocurre en riego por surcos.
- Un movimiento de agua tridimensional, como ocurre en riego por goteo.

La infiltración es un proceso complejo que depende principalmente:

- Del tiempo de infiltración
- Del contenido inicial de agua en el suelo (θ_i) y la historia del humedecimiento previo.
- De la conductividad hidráulica saturada K (estrechamente relacionada con la velocidad de infiltración estabilizada).
- Del estado de superficie del suelo y de los cambios que experimenta durante los riegos sucesivos y demás labores de cultivo.
- Del aire atrapado durante el proceso de aplicación del agua.

La infiltración acumulada I, representa la cantidad total de agua que ha pasado a través de la superficie del suelo en un tiempo determinado, expresado en mm.

$$I(t) = \int_0^t i dt \quad (1.1)$$

Fuentes (2003) define como el proceso de entrada del agua en el suelo desde la superficie. Cuando se aplica el agua en toda la superficie del suelo, el flujo se produce en sentido vertical, pero cuando se aplica solo a una parte de la superficie, el flujo se produce en sentido vertical y horizontal.

a). Velocidad de infiltración instantánea (I)

Vásquez et al (2009) define como la velocidad de entrada vertical del agua en el perfil del suelo, llamada también velocidad de infiltración, que viene a ser la relación entre la lámina de agua infiltrada y el tiempo en que se infiltra dicha lamina expresado en cm/h, cm/min, mm/h o mm/min.

La función que describe la velocidad de infiltración se define de la forma:

$$I = aT_o^b \quad (1.2)$$

Donde:

I: Velocidad de infiltración expresada en cm/h, mm/h

T_o : Tiempo de oportunidad (tiempo de contacto del agua con el suelo) en minutos u hora.

a: Coeficiente que representa la velocidad de infiltración para $T_o=1$ minuto

b: Exponente que varía entre 0 y -1.

b). Infiltración acumulada o lamina infiltrada acumulada (I_{cum})

Según Vásquez et al (2009) integrando la ecuación (1.2) entre los limites 0 y t se obtiene la función de la infiltración acumulada

$$\int I dt = \int_0^{T_o} aT_o^b dt \quad (1.3)$$

Resolviendo y simplificando la ecuación (1.3) se tiene:

$$I_{cum} = AT_o^B \quad (1.4)$$

Donde:

$$A = \frac{a}{b+1} \quad ; \quad B = b + 1$$

c). Velocidad de infiltración básica (I_b)

Según Vásquez et al (2009) es el valor instantáneo cuando la velocidad de infiltración es menor o igual que el 10% de su valor, el tiempo en el que se logra la velocidad de infiltración básica, se encuentra igualando la primera derivada de la ecuación (1.2) con el 0.1 de la misma ecuación, es decir:

$$\frac{dI}{dt} = -0.1I \quad (1.5)$$

Entonces:

$$a * b * T_o^{b-1} = -0.1 * a * T_o^b$$

Si $T_o = T_b$; luego, resolviendo o despejando T_b en la ecuación anterior se tiene:

$$T_b = -10 * b \text{ en horas} \quad (1.6)$$

$$T_b = -600 * b \text{ en minutos} \quad (1.7)$$

d). Velocidad de infiltración Promedio (I_p)

Vásquez et al (2009) menciona llamada también infiltración promedio, es la relación entre la infiltración acumulada o lámina infiltrada acumulada (I_{cum}), y el tiempo acumulado (T_o).

$$I_p = \frac{I_{cum}}{T_o} \quad (1.8)$$

Reemplazando la función I_{cum} en la expresión anterior se tiene:

$$I_p = \frac{\frac{a}{b+1} T_o^{b+1}}{T_o} \quad (1.9)$$

Simplificando la ecuación anterior, resulta:

$$I_p = \frac{a}{b+1} T_o^b \quad (1.10)$$

La representación de la variación de la lámina infiltrada acumulada y de la velocidad de infiltración instantánea se muestra en la **figura 1.8**.

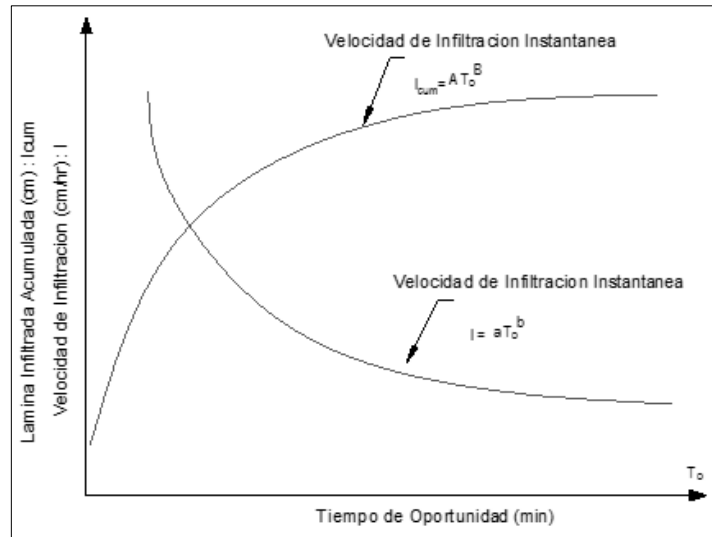


Figura 1.8: Variación de la lámina infiltrada acumulada y la velocidad de infiltración instantánea en función del tiempo de oportunidad.

Fuente: Vásquez (2009). Principios básicos del riego.

Menciona Cisneros (2003) que la determinación de la infiltración puede efectuarse en el campo, o siguiendo algunos de los métodos de laboratorio sobre muestras alteradas y/o inalteradas. El más común y por su facilidad es el método infiltrómetro de doble cilindro, consiste en instalar en el terreno que se requiere determinar su infiltración, en un sitio característico y previamente limpiado de hierbas, desechos, piedras, etc. Dos cilindros concéntricos de acero, con medidas aproximados de 40 cm de alto, 30 cm y 45 cm de diámetro respectivamente como se muestra en la **figura 1.9**.

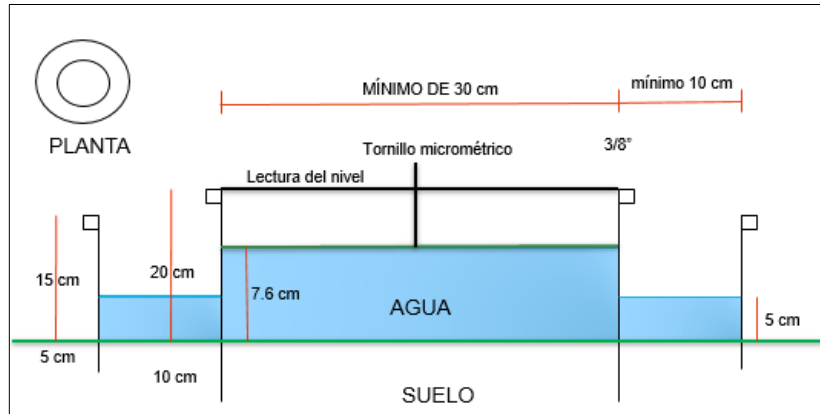


Figura 1.9: Infiltrómetro de doble cilindro

Fuente: Cisneros (2003).

Se coloca una placa sobre ellos y se golpea hasta que penetre a una profundidad de 10 a 15 cm, bien niveladas, una vez instalado se llena el agua en el anillo exterior, el anillo interior se cubre con plástico lo más posible adherido a las paredes, se vierte a agua y se mide el tirante con ayuda de un tornillo micrométrico o regla. Entonces empieza la prueba quitando el plástico rápidamente midiendo el tirante nuevamente y tomando el tiempo. Las lecturas se hacen a diferentes intervalos, dejando que baje el nivel de agua y volviendo agregar agua cuando se requiera (a este tiempo se llama tiempo muerto). Después de una o tres horas cuando el nivel de agua varíe muy poco o casi nada, la prueba habrá terminado.

Muestra de suelo

No hay un método único para la toma de muestra, debido a la diversidad de ambientes naturales y los distintos objetivos de análisis, sin embargo para sistemas de riego presurizado se toman submuestras por homogeneidad de suelo a lo largo de la parcela o por sector de área que se desea implementar el riego, estas submuestras son cuarteadas para tomar una muestra representativa el cual es llevado al laboratorio con fines de análisis de coeficiente hídricos como: Capacidad de campo (%), Punto de marchites (%), Densidad aparente (gr/cm^3), fracción granulométrica de arena (%), limo (%), arcilla (%) y clase textural del suelo.

Según Vásquez et al (2009) la textura del suelo es predominante para determinar en el riego presurizado conocer la conformación granulométrica y la proporción que existe entre las diferentes fracciones solidas de. Arena, limo, y arcilla.

Presenta los rangos de tamaño de partículas de acuerdo a la escala internacional (Sociedad Internacional de la Ciencia de Suelo) en la **tabla 1.5** se muestra. Luego para saber la clase textural de un suelo es necesario realizar un análisis de laboratorio y los resultados se interpreta a través del “Triangulo de textura” o “Triangulo textural”.

Tabla 1.5: Textura del suelo

Fracción Granulométrica	Rango de tamaño de partículas (mm)
Arena Gruesa	2 - 0.2
Arena Fina	0.2 - 0.02
Limo	0.02 - 0.002
Arcilla	< 0.002

Fuente: Vásquez et al (2009)

En la **figura 1.10** se tiene el triángulo textural, que permitirá determinar la clasificación textural de los suelos.

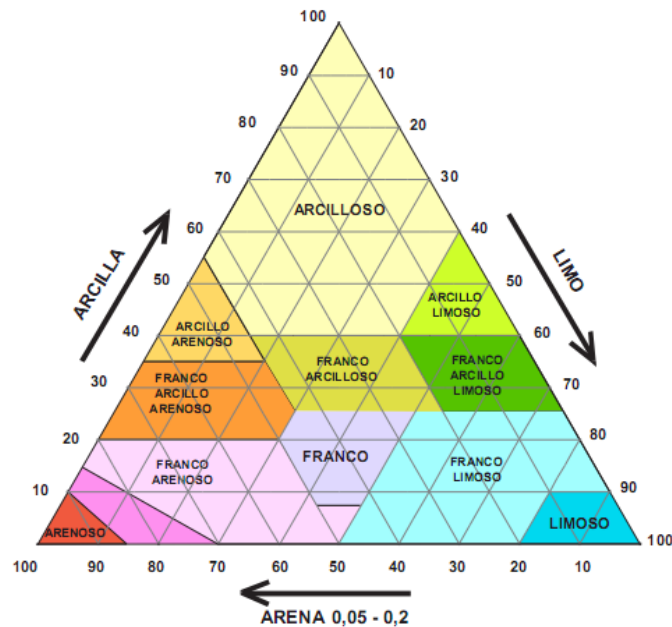


Figura 1.10: Triangulo textural

En la **tabla 1.6**. Se observa las propiedades físicas del suelo, los cuales serán como parámetros de evaluación de resultado de análisis de suelo del laboratorio.

Tabla 1.6: Propiedades físicas del suelo

Textura del suelo	Velocidad de Infiltración Básica (mm/hr)	Densidad Aparente Dap (gr/cm ³)	Capacidad de Campo (%) (θ_{mcc})	Punto de Marchites Permanente (%) (θ_{mpmp})	Agua Disponible Total (Vol %)
Arenoso	(20 - 300)	1.7 (1.60 - 1.80)	11 (7 - 14)	3 (1 - 5)	12 (9 - 16)
Franco Arenoso	(15 - 70)	1.50 (1.45 - 1.60)	14 (12 - 17)	5 (3 - 7)	14 (13 - 16)
Franco	(10 - 25)	1.40 (1.35 - 1.45)	21 (16 - 24)	9 (7 - 11)	15 (12 - 19)
Franco Arcilloso	10 (3- 18)	1.35 (1.30 - 1.40)	26 (23 - 30)	12 (10 - 14)	19 (16 - 22)
Arcilloso	1.0 (1- 2)	1.20 (1.15 - 1.25)	34 (30 - 38)	16 (14 - 18)	22 (18 - 25)

Fuente: Vázquez et al (2009)

Según Senninger Irrigation Inc los valores de la tasa de precipitación máxima en un terreno plano, indica en la **tabla 1.7**. Los cuales se deben tomar en cuenta como valores de referencia en el diseño de riego presurizado.

Tabla 1.7: Tasa de precipitación máxima en terreno plano

Suelo	mm/h
Franco Grueso	19.0 mm - 25.4 mm/h
Franco Fino	12.7 mm - 19.0 mm/h
Franco Arenoso Fino	8.9 mm - 12.7 mm/h
Franco Limoso	6.3 mm - 10.2 mm/h
Franco Arcilloso	2.5 mm - 7.6 mm/h

Fuente: Senninger Irrigation Inc.

Cisneros (2003) proporciona valores referenciales para determinar la clase textural de un suelo a través de porcentajes de arena, limo y arcilla, además clasificar tipo de suelo ligero, medio y pesado. En la **tabla 1.8** se muestra.

Tabla 1.8: Rangos de partículas para distintas clases texturales

Clasificación textural	% Arena	% Limo	% Arcilla	Tipo de suelo
Arenas	85 - 100	0 - 18	0 - 10	Ligero
Arena migajón	70 - 90	0 - 30	0 - 15	Ligero
Migajón arenoso	52 - 82	0 - 48	0 - 20	Ligero
Migajón arcillo arenoso	45 - 80	0 - 28	20 - 35	Medio
Migajón arcillo limoso	0 - 20	20 - 72	28 - 40	Medio
Franco	24 - 52	28 - 50	8 - 28	Medio
Migajón limoso	0 - 50	50 - 80	0 - 28	Medio
Migajón arcilloso	20 - 45	15 - 52	28 - 40	Medio
Limo	0 - 20	80 - 100	0 - 12	Medio
Arcilla arenoso	45 - 65	0 - 20	35 - 55	Pesado
Arcilla	0 - 45	0 - 40	40 - 100	Pesado
Arcilla limoso	0 - 20	40 - 60	40 - 60	Pesado

Fuente: Cisneros (2003).

Según Vásquez et al (2009) las profundidades de raíz para cada cultivo, el porcentaje de agua aprovechable y la humedad fácilmente aprovechable para diferentes texturas de suelo, se tiene en **tabla 1.9**, para evapotranspiración potencial de 5 – 6 mm/día, sino considerar la siguiente parámetro. Si ETP es de 3 – 4 mm/día o menos, aumentar en 30%. Cuando ETP es de 8 mm/día o más reducir los valores en 30%.

Tabla 1.9: Profundidad de raíz, fracción de agotamiento del suelo fácilmente aprovechable (f) y humedad fácilmente aprovechable (HFA) para diferentes texturas de suelo y cultivo cuando la ETP es de 5 – 6 mm/día.

Cultivos	Prof. raíces (m)	Fracción del agua fácilmente disponible en el suelo (f)	Humedad fácilmente aprovechable para diferentes texturas (mm/m)		
			Fina	Mediana	Gruesa
Alfalfa	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Plátano	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Cebada	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Frijol	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Remolacha	0.6-1.0	0.50	100	70	35
Repollo	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Zanahoria	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Apio	0.3-0.5	0.20	40	25	10
Cítricos	1.2-1.5	0.50	100	70	30
Trébol	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.20	40	30	15
Algodón	0.7-1.7	0.65	130	90	40
Pepino	0.7-1.2	0.50	100	70	30
Dátiles	1.5-2.5	0.50	100	70	30
Frut. Cad.	1.0-2.0	0.50	100	70	30
Lino	1.0-1.5	0.50	100	70	30
Granos pequeños	0.9-1.5	0.60	120	80	40
Vid	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Pastos	0.5-1.5	0.50	100	70	30
Maní	0.5-1.0	0.40	80	55	25
Lechuga	0.3-0.5	0.30	60	40	20
Maíz	1.0-1.7	0.60	120	80	40
Melón	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivo	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Cebolla	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmas	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Lenteja	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Ají	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Piña	0.3-0.6	0.50	100	65	30
Papa	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Sorgo	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soya	0.6-1.3	0.50	100	75	35
Espinaca	0.3-0.5	0.20	40	30	15
Fresas	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Rémol. Azúcar	0.7-1.2	0.50	100	70	30
Caña de Azúcar	1.0-2.0	0.65	130	90	40
Girasol	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Camote	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabaco Precoz	0.5-1.0	0.35	70	50	25
Tabaco	0.5-1.0	0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.40	180	60	25
Verduras	0.3-0.6	0.20	40	30	15
Trigo	1.0-1.5	0.55	105	70	35
Agua del suelo disponible (mm/m)			200	140	60

Fuente: Vásquez et al (2009) tomado de Doorenbos y Pruitt, 1988.

Muestra de agua

Según Ayres y Westcot (1985) todas las aguas para el riego contienen sales solubles, siendo los principales cationes Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}) y Sodio (Na^+); y los aniones Cloruro (Cl^-) y Sulfato (SO_4^-). El catión Potasio (K^+) y los aniones Bicarbonato (HCO_3^-), cantidades. Existe una gran variabilidad del agua para el riego, fluctuando desde pequeñas (menos de 0.1 ds/m) hasta altas (más de 5 ds/m) cantidades de sales solubles.

Según Snih (2006) la inyección de químicos en las tuberías es esencial para la sostenibilidad, a largo plazo, del riego por goteo en un medio ambiente árido. Generalmente, en la mayoría de los casos, si no en todos, los fertilizantes deben ser aplicados con el agua de riego para que queden disponibles en la zona raíces. Usualmente se requiere algún tratamiento para evitar obstrucción y problemas de permeabilidad a menos que se utilice agua de un acueducto municipal.

En la **Tabla 1.10** proporciona algunas guías sobre problemas potenciales de obstrucción cuando se utiliza agua de diferentes calidades en riego por goteo y microaspersión. Estas guías fueron desarrolladas para dispositivos de emisión con caudales en el rango de 1 l/s - 4 l/s.

Hay muchos tipos de obstrucción en sistemas de goteo, los cuales requieren inyección de químicos dentro del agua como las bacterias limosas. Estas bacterias crecen en el interior de las paredes de las mangueras y de los emisores. Los tratamientos para eliminar bacterias limosas incluyen a: Cloro, Ozono, Ácidos, Óxido de hierro y magnesio.

Tabla 1.10: Guías sobre obstrucción potencial con aguas de diferente calidad

Tipo de problema	Nivel de riesgo		
	Bajo	Moderado	Severo
Físico			
Sólidos en suspensión	50 ppm	50 - 100 ppm	> 100 ppm
Químico			
pH	7	7 - 8	> 8
Sales	500 ppm	500 - 2000 ppm	> 2000 ppm
Bicarbonatos		100 ppm	
Manganeso	0.1 ppm	0.1 - 1.5 ppm	> 1.5 ppm
Hierro total	0.2 ppm	0.2 - 1.5 ppm	> 1.5 ppm
Sulfuro de hidrógeno	0.2 ppm	0.2 - 2.0 ppm	> 2.0 ppm
Biológicos			
Población bacteriana	10,000 /litro	10,000 - 50,000 / litro	> 50,000 /litro
	2, 642 /galón	2, 642 - 13,210 /galón	> 13,210 /galón

Fuente: Bucks and Nakayama (1980).

El contenido total de sales trae como peligro la acumulación soluble en el suelo, que puede generar problemas de presión osmótica, es decir producen dificultades de absorción de agua por las plantas.

Tabla 1.11: Calidad de agua por peligro de salinidad

CATEGORÍA	C.E (dS/m)
Excelente	< 0.25
Buena	0.25 – 0.75
Media	0.75 – 2.00
Mala	2.00 – 3.00
No indicada	> 3.00

Fuente: Ayres and Westcot (1985)

En **tabla 1.11** especifica la clasificación de las aguas para el riego, los tipos de aguas según conductividad eléctrica en (micromhos /cm = ds/m) y su relación de la absorción de sodio (índice SAR).

Ayres y Westcot (1985) manifiesta para la aplicación del agua debe considerarse la tolerancia de los cultivos de salinidad, la textura del suelo y la posibilidad de lavado por drenaje natural o artificial. Respecto al contenido de sodio puede llegar a desplazar a iones de calcio y magnesio en el complejo de cambio, originando en el suelo pérdida de la estructura, haciéndolo impermeable.

Tabla 1.12: Clasificación del agua por el contenido de Sodio

CATEGORÍA	% Sodio (Na)
Excelente	< 20
Buena	20 – 40
Media	40 – 60
Mala	60 – 80
No indicada	> 80

Fuente: Ayres and Westcot (1985)

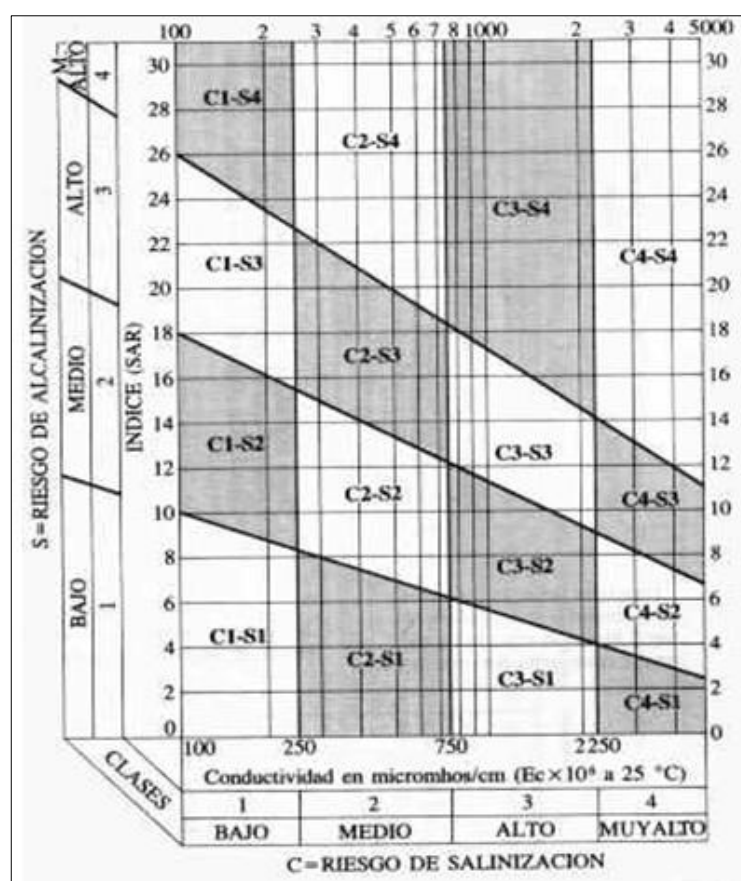


Figura 1.11: Tipos de agua según su concentración total de sales y su relación de la absorción de sodio.

Fuente: Ayres and Westcot (1985)

1.4.3 Diseño agronómico

Según Fuentes (2003) el diseño agronómico es el primer paso donde se determina la dosis, frecuencia de riego, duración de riego, el número de emisores por planta, caudal por emisor y la disposición de los emisores, una vez calculado las necesidades de riego.

Define Tarjuelo (1999) como parte fundamental del proyecto de riego, presentado ciertas dificultades tanto de tipo conceptual como la cuantificación de ciertos parámetros, por el gran número de condiciones que ha de tener en cuenta (suelo, clima, cultivos, parcelación, etc.). El objetivo del diseño agronómico es suministrar a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua adicional a la precipitación que necesita para su crecimiento óptimo y cubrir las necesidades de lavado de sales de forma que evite su acumulación en el perfil del suelo, asegurando la sostenibilidad del regadío. Menciona también que se desarrolla en tres fases:

- Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos
- Determinación de los parámetros de riego: dosis de riego, frecuencia o intervalo entre riegos, duración de riegos, número de emisores por postura, caudal necesario, entre otros.
- Deposición de los emisores en el campo

Según Lapo (2012) la finalidad es lograr que la instalación de riego sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales y una eficiencia en la aplicación del agua, para lo cual consideramos.

- **Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos**

Las necesidades totales vienen definidas por la ecuación:

$$N_t = \frac{N_n}{E_a} = \frac{N_n}{R_p \times F_1 \times F_r \times C_U} \quad (1.11)$$

Donde:

N_t: Necesidades totales (mm/día)

N_n: Necesidades netas (mm/día)

E_a: Eficiencia de aplicación

Rp: relación de percolación, tanto por uno
 F1: Fracción de percolación, tanto por uno
 Fr: Factor de rocío, tanto por uno
 CU: Coeficiente de uniformidad, tanto por uno

- **Determinación de los parámetros de riego**

Luego de conocidas las necesidades hídricas de los cultivos se determinarán los distintos parámetros de riego como: lámina de agua disponible a una profundidad efectiva, porcentaje de área bajo riego, intervalo de riego, ciclo de riego, dosis de riego, horas de riego por turno, turnos de riego por día, horas de riego por día, número turnos por ciclo, superficie bajo riego por turno, caudal requerido por turno y caudal específico.

$$Dn = 100 \times Pr \times Da \times (Cc - Pm) \times f \quad (1.12)$$

Donde:

Dn: Dosis neta (m^3/ha)
 Pr: Profundidad de raíces (m)
 Da: Densidad aparente del suelo
 Cc: Capacidad de campo, expresado en porcentaje en peso de suelo seco
 Pm: Punto de marchites, expresado en porcentaje en peso de suelo seco
 f: Fracción de agotamiento del agua disponible, expresada en tanto por uno.

Dosis total es igual:

$$Dt = \frac{Dn}{Ea} \quad (1.13)$$

Ea: Eficiencia de aplicación

Para alcanzar un reparto uniforme y eficiente del agua, necesitamos la información siguiente de la **tabla 1.13**.

Tabla 1.13: Información requerida para el diseño de un sistema de riego

Variable	Características
Suelo	Densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitamiento, profundidad de raíces y la velocidad de infiltración del suelo
Clima	Temperatura, humedad relativa, precipitación, evaporación diaria, radiación solar y velocidad del viento.
Cultivo	Necesidades hídricas, fracción de agotamiento del agua disponible, profundidad de raíz, marco de plantación, labores culturales.
Parcela	Dimensiones, topografía, lugar de captación de agua, área a regar, linderos debe estar bien establecido.
Agua	Caudal disponible y la calidad de agua para riego.
Riego	Tiempo disponible para regar en el día, método de riego, características del emisor así como su espaciamiento, eficiencia de riego

Fuente: Lapo (2012)

1.4.4 Programación de riego

Según Pizarro (1996) existen tres alternativas para programar el riego.

- Riego a la demanda. En la actualidad, existen la tendencia de dimensionar las redes colectivas de riego para que funcionen a la demanda. El agua está a disposición del agricultor durante la jornada de riego, así el caudal disponible es mayor que el caudal ficticio continuo, esta programación tiene elasticidad de riego máxima.
- Riego por turnos o demanda restringida. La flexibilidad de esta modalidad es nula, los usuarios disponen de un caudal asignado a la toma de riego en un horario fijo que se determina. Se pueden conseguir una distribución más uniforme de los caudales en toda la red.
- Riego mixto. Se realiza las labores de riego en las horas fijadas según el horario del turno en forma libre y luego completa el suministro de agua a través de tiempos muy cortos.

1.4.5 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico es donde se determina los parámetros necesarios como el diámetro de las tuberías en función del caudal de diseño de la programación para cada sector de riego, teniendo en cuenta los rangos de velocidad en tubería y presión, determinar clase de tubería para condiciones de funcionamiento de los emisores según la topografía del terreno.

Lapo (2012) menciona con el objeto de aplicar el agua suficiente, de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo, se realiza el trazado y dimensionamiento óptimo. De igual manera se busca que la aplicación del agua sea suficientemente uniforme, con el objetivo de obtener buenas producciones con el menor gasto de agua. En la **figura 1.12** muestra la distribución poco uniforme y uniforme.

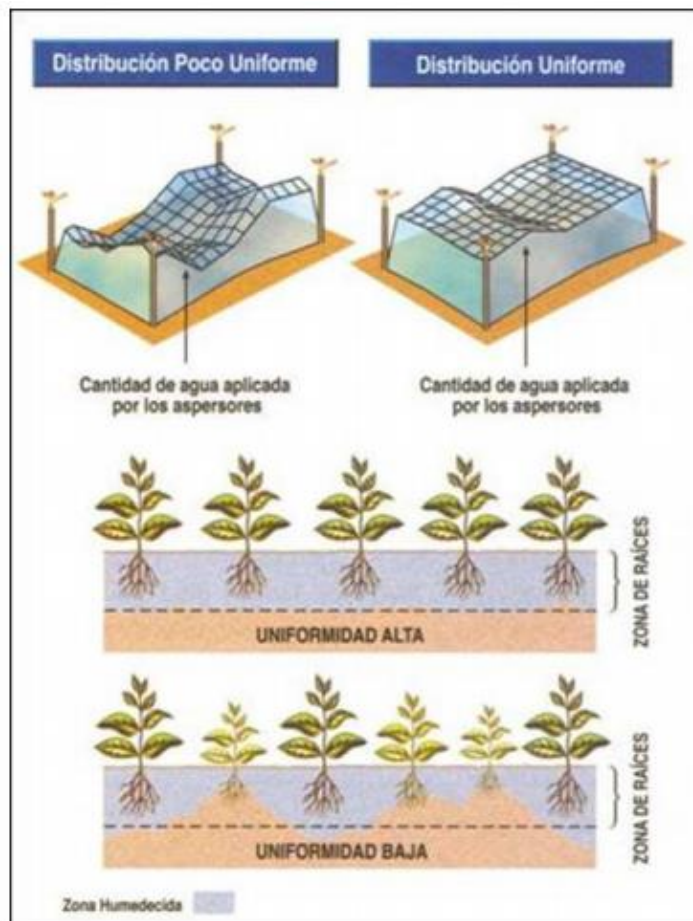


Figura 1.12: La uniformidad de distribución afecta al desarrollo homogéneo del cultivo y a su producción final.

Fuente: Salas et al. (2007)

Según Zepeda (1995) el diseño hidráulico consiste en determinar el diámetro óptimo de la tubería principal y distribuidora, para ello hay que medir dos aspectos, por un lado la reducción del caudal a medida que se va dotando, considerar las pérdidas de carga que se produce en la tubería así de los accesorios como: tees, reducciones, codos, válvulas y por otro lado el desnivel topográfico que afectan los cálculos hidráulicos respecto a las presiones requeridas por el sistema.

Según Cañamero et al, el diseño hidráulico de las tuberías consistirá en aplicar las ecuaciones según el tipo de régimen. El método de Hazen – Williams es válido solamente para agua que fluye a temperaturas ordinarias (de 5°C a 25°C), para otros líquidos o gases utilizar el método de Darcy – Weisbach. El método de Hazen – Williams es el más utilizado por lo que su coeficiente de fricción (C) no está en función de velocidad o diámetro de la tubería. En esta parte del diseño se analiza las relaciones entre magnitudes: caudal, diámetro interno, velocidad de agua, longitud de la tubería, pérdidas de carga por fricción y la pérdida de carga unitaria. En la siguiente **tabla 1.14** se muestra los valores de coeficiente de fricción para cada tipo de material.

Tabla 1.14: Valores de coeficiente de rugosidad para tipo de material

Material	C
Plástico	150
Fibrocemento	140
Hormigón	128
Acero nuevo	120
Acero usado	110
Fundición nueva	100
Fundición usada	85

Fuente: Pizarro (1996)

Según Agüero (1997) para la selección de clase de tubería están definidas por la máximas presiones que ocurren en la línea representada por la línea de carga estática, para el cual se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada ya que la presión máxima presenta la presión estática y no es en la presión de operación, la presión estática sucede cuando se cierra la válvula de

control. En la **tabla 1.15**. se presenta la clase comercial de tubería PVC, la presión máxima de prueba y respectiva presión de operación.

Tabla 1.15: Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo

Clase tubería PVC	Presión máxima de prueba (m)	Presión máxima de trabajo (m)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: Agüero (1997)

Según Agüero (1997) para el cálculo de pérdida de carga unitaria se utilizan muchas fórmulas, pero la más usada en conductos a presión es la de Hazen y Williams, ésta válida solamente para tuberías de flujo turbulento con comportamiento rugoso y diámetros mayores a 2”.

Para establecer la pérdida de carga producida en las tuberías se utilizará la fórmula de Hazen – Williams.

$$H_f = 1.131 \times 10^9 x \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} x \left(\frac{L}{D}\right)^{4.87} \quad (1.14)$$

Donde:

- H_f : Pérdida de carga por fricción (mca)
- Q : Caudal que fluye por la tubería (m³/h)
- C : Coeficiente de fricción
- D : Diámetro interior de la tubería (mm)
- L : Longitud de la tubería (m)

1.5 Parámetros de evaluación de un sistema de riego presurizado

1.5.1 Velocidad recomendable en el diseño de tuberías a presión

Según Fuentes (2003) las velocidades recomendables como norma general no deben sobrepasar la velocidad de 3.0 m/s en ramales porta emisores, porta laterales, en las conducciones que tienen muchas salidas conviene una velocidad de alrededor de 1.0 m/s en el resto de las tuberías de riego se puede mantener una velocidad de alrededor de 2.0 m/s en las tuberías de impulsión no se debe sobrepasar los 2.0 m/s siendo aconsejable un intervalo de 0.8 a 1.5 m/s que es lo correspondiente al mínimo coste. La velocidad mínima se sitúa alrededor de 0.50 m/s si el agua lleva partículas en suspensión no se debe bajar de 0.6 m/s.

Según PSI (2006) recomienda el rango de velocidad de 0.5 a 2.0 m/s, en caso especial máximo de 2.50 m/s. Las velocidades se calculan con ecuación de continuidad. Los cálculos de pérdidas de carga y velocidades se harán para los sectores más críticos de todos los turnos de riego.

Briceño, et al (2012) indica la velocidad del agua dentro de la tubería a presión puede variar de 0.6 a 2.4 m/s, los valores recomendados de 1 a 2 m/s.

1.5.2 Eficiencia de riego

Según Senninger Irrigation Inc la eficiencia de riego lo clasifica por regiones de áridas, semiáridas, semihúmedas y húmedas. Los valores referenciales de eficiencia de los sistemas de riego podemos apreciar en la **tabla 1.16**.

Tabla 1.16: Valores de eficiencia de los sistemas de riego por región

Región	Eficiencia
Regiones áridas	65%
Regiones semiáridas	70%
Regiones semihúmedas	75%
Regiones húmedas	80%

Fuente: Senninger Irrigation Inc.

Tabla 1.17: Valores indicativos de eficiencia de aplicación para sistemas de riego.

Sistemas de riego	Eficiencias (%)
• Riego por gravedad con nivelado de precisión:	
Surcos	65 – 85
Fajas	70 – 85
Canteros	70 – 90
• Riego por gravedad tradicional	
Surcos	40 – 70
Fajas	45 – 70
Canteros	45 – 70
• Riego de arroz, canteros en inundación permanente:	25 – 70
• Riego por aspersión:	
Sistemas estacionarios de cobertura total	65 – 85
Sistemas estacionarios desplazables manualmente	65 – 80
Laterales con ruedas	65 – 80
Cañón con enrollador o con cable	55 – 70
Laterales móviles, con pivote central	65 – 85
• Micro riego (riego localizado):	
Goteros, ≈ 3 emisores por planta (frutales)	85 – 95
Goteros, < 3 emisores por planta	80 – 90
Micro-aspersores y difusores (frutales)	85 – 95
Línea continua de emisores gota - a - gota	70 - 90

Fuente: Pereira et al (2010)

1.5.3 Disposición de marcos de riego

Según Fuentes (2003) las disposiciones en cuadrado son los marcos más utilizadas de: 12x12m, 15x15m y 18x18m, en marcos de riego rectangular los más utilizadas son de 12x15m, 12x18m y 15x18m, en cambio disposición triangular equilátero ofrece mejores condiciones ya que para un misma superficie se aprecia menor número de aspersores que en la disposición en cuadrado.

En la **figura 1.13** se tiene disposiciones de los aspersores según Bartolomé y Vega (2005).

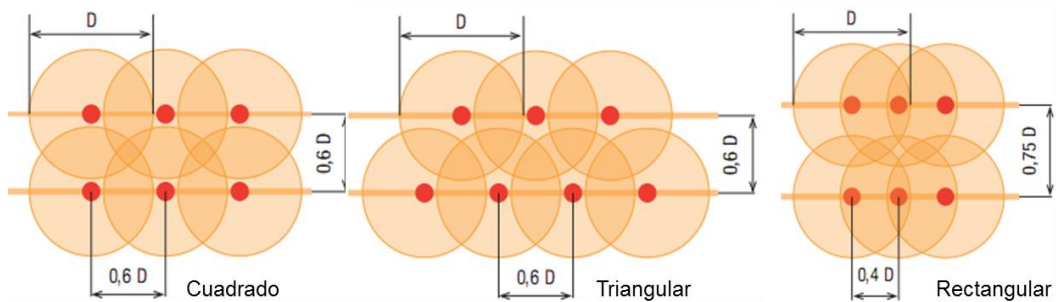


Figura 1.13: Distribución de los aspersores

Fuente: Bartolomé y Vega (2005) curso de riego para agricultores

Según Senninger Irrigation Inc la tasa de aplicación en los aspersores.

$$Tasa\ de\ Aplicación\ \left(\frac{mm}{h}\right) = \frac{M^3 \times 1000}{S \times L} \quad (1.15)$$

Donde: $\frac{M^3}{h}$: Caudal del aspersor

S: Espaciamiento de los aspersores en el lateral (m)

L: Espaciamiento entre laterales (m)

Tabla 1.18: Espaciamiento en porcentaje del diámetro mojado (%Dw) sugerido para los sistemas estacionarios y diversos modelos de distribución pluviométrica bajo velocidades de viento menor a 5km/h.

Modelos de distribución pluviométrica	Espaciamiento de los aspersores (%Dw)		
	Cuadrangular	Triangular	Rectangular
Triangular	55	66	40 x 60
Elíptico	60	66	41 x 60 ó 65
Elíptico achatado	40 a 80	80	40 x 80

Fuente: Pereira et al (2010)

Según Senninger Irrigation Inc la ubicación entre aspersores en un riego presurizado está en función del grado de viento que existe en la zona, para ello presenta como referencia el porcentaje que se debe aplicar al diámetro mojado del aspersor. En la **taba 1.19** se tiene valores para un terreno plano.

Tabla 1.19: Espaciamiento máximo entre aspersores

Velocidad del viento	Espaciamiento
8 kph o menos	60 % del diámetro mojado
8 - 16 kph	50 % del diámetro mojado
más de 16 kph	25-30 % del diámetro mojado

Fuente: Senninger Irrigation Inc.

Fuentes (2003) menciona que cada modelo de aspersor tiene un comportamiento distinto, para diseñar correctamente el marco de riego es necesario que el fabricante suministre los datos reales del comportamiento de la uniformidad para distintos marcos de riego. A falta de estos datos se recomienda utilizara la separación de aspersores:

- En marcos cuadrado y triangular: 60% del diámetro mojado
- En marco rectangular: 75%

Estos datos se refieren a velocidad del viento inferior a 2 m/s, deben deducirse proporcionalmente hasta un 25% a medida que la velocidad del viento incremente hasta 10 m/s.

1.5.4 Uniformidad en riego por aspersión

Según Fuentes (1999) la uniformidad de distribución de agua en la superficie de los suelos, depende de los siguientes factores:

- Del modelo y diseño del aspersor, de la presión de trabajo y del número y tipo de boquilla.
- De la disposición de los aspersores (marco de riego)
- De la intensidad del viento dominante durante a aplicación del agua.

En la **figura 1.14** se observa la forma de realizar la prueba de pluviometría para determinar el coeficiente de uniformidad en una unidad de riego en funcionamiento.

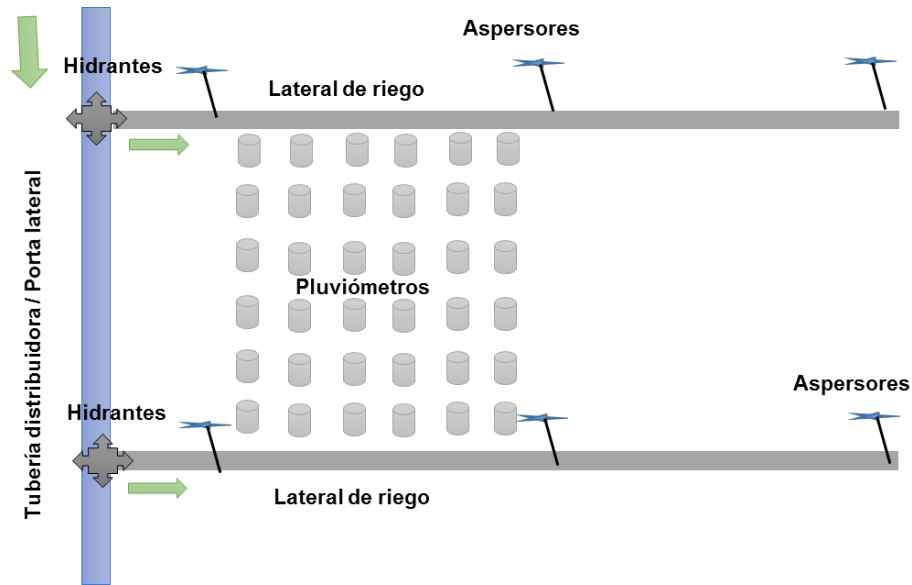


Figura 1.14: Determinación de pluviómetros para la uniformidad de riego para riego por aspersión

$$Cu = 100 \left(1 - \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{\bar{x}n} \right) \quad (1.16)$$

Dónde:

Cu = Coeficiente de uniformidad en %

\sum = Sumatoria

x_i = Lectura de la cantidad de agua en cada recipiente en cm^3

\bar{x} = Promedio de las lecturas de los recipientes en cm^3

n = Numero de recipientes

1.5.5 Uniformidad en riego por goteo

Según Fuentes (2003) el coeficiente de uniformidad (CU) se utiliza para evaluar las instalaciones en funcionamiento y para el diseño de nuevas instalaciones. En el diseño el CU es una condición que se impone y que viene determinada por factores económicos. Un CU elevado exige mayor coste inicial de la instalación (mayores diámetros de las tuberías, laterales más cortos, mayor número de reguladores de presión, etc.), mientras que un CU más bajo trae como consecuencia un mayor consumo de agua.

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_a} \times 100 \quad (1.17)$$

Donde:

CU : Coeficiente de uniformidad de caudales.

$q_{25\%}$: Caudal medio recibido por el 25% de las plantas con menos caudal.

q_m : Media de las caudales medias en todos los emisores.

La causa más importante de la variación del caudal (aparte de las obturaciones que deben ser controladas) es la variación de la fabricación de los emisores y las diferencias de presión, por cuyo razón se puede definir el siguiente coeficiente de uniformidad , que se recomienda utilizar en el diseño.

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{\sqrt{e}}\right) x \frac{q_m}{q_a} \quad (1.18)$$

Donde:

CV: Coeficiente de variación de fabricación del emisor.

e: Número de emisores por plata

q_m : Caudal mínimo de los emisores considerados (de una subunidad)

q_a : Caudal medio de los emisores considerados.

Según Medina (1997) los valores por encima de las variaciones indican derroche de agua y las variaciones por debajo indican que la planta recibe menos agua de la que necesita por lo que la producción puede disminuir. Esto no tiene gran importancia en aspersión donde en ocasiones se consigue de 65 – 70 %, pero en el goteo por ser un sistema más preciso y más caro debe lograrse uniformidades superiores de 90%.

Lapo (2012) menciona para realizar la evaluación de la uniformidad de aplicación, es necesario elegir una unidad y subunidad de riego representativas de la instalación de riego localizado. Si se cree conveniente, se considerara también la unidad que presente las condiciones más desfavorables, es decir la unidad más alejada o cercana al cabezal de riego según la pendiente, con las laterales o terciarias más largas y con pendientes mayores.

Para evaluar la uniformidad de riego se utilizan los coeficientes de uniformidad de caudales (Cuc) y uniformidad de presiones (Cup). Para el cálculo de coeficiente

de uniformidad de caudales se elegirá un número determinado de emisores distribuidos uniformemente dentro de la subunidad de riego, se recomienda seleccionar 16 emisores para cada subunidad de riego.

Para ello, se eligen los laterales más cercanos y más lejanos de la toma de la tubería terciaria y dos intermedios situados a $1/3$ y $2/3$ de la distancia que separa del primer al último emisor. De igual manera dentro de cada lateral elegido, se seleccionara el primer y último emisor, así como dos emisores intermedios situados a $1/3$ y $2/3$ de la distancia que separa del primer al último emisor.

En la **figura 1.15** observamos las posiciones de los laterales y emisores de tomar muestra de pluviometría en funcionamiento de un subunidad de riego.

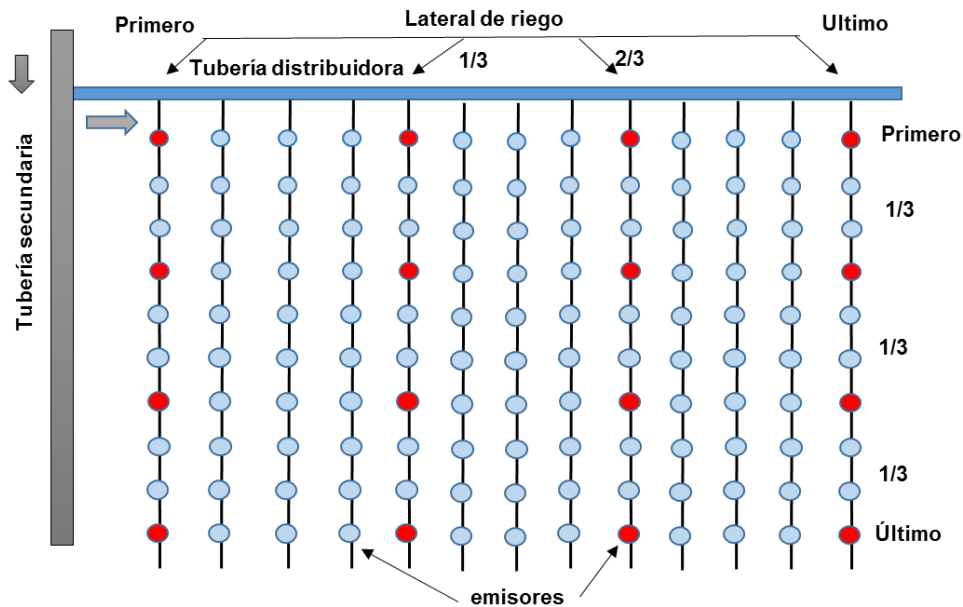


Figura 1.15: Determinación de pluviómetros y presiones para la uniformidad de riego para riego localizado

Con una probeta o un vaso graduado se medirá el volumen de agua suministrado por cada emisor seleccionado en un tiempo determinado, que será igual para todos de tres a cinco minutos para goteros y un minuto para tuberías goteadoras y exudantes, con estos datos se calculará el caudal en litros/hora. En la **figura 1.16** muestra la evaluación de pluviometría en riego por goteo.



Figura 1.16: Medida de caudal que suministra los emisores en riego localizado

Fuente: Lapo (2012)

Una vez conocido el caudal de cada uno de los emisores seleccionados se determina el coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) aplicando la ecuación (1.17) de Merriam y Keller:

El coeficiente de uniformidad de presiones (Cup), determina la homogeneidad de las presiones en los emisores en la subunidad de riego localizado, para calcular este coeficiente se medirán las presiones en cada uno de los emisores siempre que sus características o forma de inserción en el lateral lo permitan.

Para su cálculo, escogemos un número determinado de emisores representativos de la subunidad de riego, se determina la presión en cada uno de los emisores con la ayuda de un manómetro. En la **figura 1.17** se observa la medición de presión en los emisores de riego por goteo.



Figura 1.17: Medida de la presión del agua con manómetro en riego por goteo

Fuente: Lapo (2012)

Con los datos de presión de cada emisor seleccionado se encontrará el coeficiente de uniformidad de presiones

$$CU_p = \left(\frac{p_{25\%}}{p_m} \right)^x \times 100 \quad (1.19)$$

Donde:

CU_p : Coeficiente de uniformidad de presiones.

$p_{25\%}$: Medida de las presiones de los emisores que representan la parte más bajo caudal.

p_m : Media de las presiones medias en todos los emisores.

x : Coeficiente de descarga del emisor, características que debe ser facilitada por el fabricante

Tabla 1.20: Calificación de la instalación de riego en función de valores de coeficiente de uniformidad

Coeficiente de Uniformidad	Calificación
Mayor de 95%	Excelente
85 – 95%	Buena
80 – 85%	Aceptable
70 – 80%	Pobre
Menor 70%	Inaceptable

Fuente: Lapo (2012)

1.5.6 Coeficiente de variación de fabricación

Según Pereira et al (2010) el coeficiente de variancia (Cv) de fabricación de un emisor es un buen indicador de la variabilidad de los caudales proporcionados por emisores nuevos, debiendo suministrarse por los fabricantes los valores esperados para los Cv de los respectivos goteros, microaspersores. El Cv de fabricación puede ser obtenido a través de ensayos en el laboratorio o puede ser calculado por lo menos con 50 emisores en funcionamiento simultáneo con la expresión:

$$C_v = \frac{\sqrt{(q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2 - nq_a^2) / (n - 1)}}{q_a} \quad (1.20)$$

Dónde:

- q_1, q_2, \dots, q_n : Caudales observados en (l/h)
- n : Número de emisores en la muestra,
- q_a : Caudal medio de la muestra en (l/h).

La variabilidad de fabricación se clasifica conforme a la **tabla 1.21** numerosos emisores tienen los valores de Cv en la gama de 0.03 a 0.05.

Tabla 1.21: Clasificación de la calidad de los emisores según el coeficiente de variación de fabricación (Cv)

Clasificación	Cv
Emisores por punto	
Excelene	< 0.05
Buena	0.05 a 0.07
Marginal	0.07 a 0.11
Mala	0.11 a 0.15
Inaceptable	> 0.15
Emisores en línea continua	
Buena a excelente	< 0.10
Media	0.10 a 0.20
Mala a inaceptabe	> 0.20

Fuente: Pereira et al (2010).

1.5.7 Evaluación de presiones

Según Pereira et al (2010) la evaluación de presiones en los aspersores se realiza recorriendo con manómetro en los diferentes sectores de riego en funcionamiento, en los sistemas estacionarios, en los cañones y enrollador, en el caso de cañones móviles, en el centro y a varias distancias del centro, a lo largo de laterales móviles. Esto permite verificar si los aspersores y los sistemas móviles funcionan a las presiones recomendadas, y cuál es el intervalo de variación de la presión (ΔP) en el sector de riego o en el sistema en funcionamiento, el cual no debe exceder del 10% al 15% de la presión media deseada, conforme a la calidad de riego pretendida.

Los valores altos de ΔP significan que las tuberías están infra dimensionadas o hay pedidas de carga localizadas por un mal funcionamiento de algún equipamiento.

Los caudales emitidos por los aspersores en diferentes localizaciones del sector en funcionamiento, en el caso de sistemas estacionarios y a varias distancias del centro, a lo largo de los laterales móviles, lo que permite identificar el intervalo de variación de los caudales, que no deben exceder del 5 a 7% del caudal medio previsto.

Las láminas de agua recogidas durante el tiempo normal de riego, en una red de pequeños pluviómetros situada en el marco definido por cuatro aspersores, en el caso de sistemas estacionarios. Estos datos de láminas necesarias para calcular el coeficiente de distribución.

Según Tarjuelo (1999) en el diseño de ramales porta aspersores se fundamenta en la uniformidad de distribución de caudales en los emisores, puesto que la diferencia de caudal descargado por los aspersores cualesquiera de un ramal sea inferior a 10% del caudal nominal, además este mismo criterio se podrá aplicarse en un conjunto de ramales que constituyen un bloque de riego, esta variación de caudal es equivalente a una variación de presión del 20% de esta manera se tendrá como condición de diseño.

$$\frac{P_m}{\gamma} - \frac{P_n}{\gamma} \leq 0.20 \frac{P_a}{\gamma} \quad (1.21)$$

Donde:

$\frac{P_m}{\gamma}$: Máxima presión del aspersor de los conectados al ramal

$\frac{P_n}{\gamma}$: Mínima presión del aspersor de los conectados al ramal

$\frac{P_a}{\gamma}$: Presión nominal del aspersor, que se hará coincidir con la presión media en el ramal.

1.6 Cultivo de palto

1.6.1 Requerimientos agro - ecológicos

Suelo

Según Lemus et al (2010) el suelo donde se establecerá un huerto de paltos debe tener a lo menos 1 m de profundidad en suelo plano; 70 cm para el desarrollo del sistema radical y al menos 30 cm para drenaje, ya que el sistema radical del palto es superficial (80% de las raíces se encuentra en los primeros 30 cm de suelo), la principal limitante del suelo para el palto es presencia de textura arcillosa y mal drenaje.

Agua

Según Lemus et al (2010) el agua es un factor importante a considerar para paltos en plena de producción que fluctúa entre 8,000 a 10,000 m^3 por hectárea en la temporada, estos requerimientos pueden llegar hasta 18,000 m^3 por hectárea al año. El agua evapotranspirada por la planta en momentos de máxima demanda varía entre 5.8 a 10 mm/día promedio durante los meses de verano dependiendo de la zona. Como referencia se estima que con un caudal de 0.8 l/s debiera regar una hectárea de frutales adultos, importante saber con qué frecuencia existe disponible de agua, dependiendo tipo de suelo y sistema de riego, dependerá la frecuencia.

Otro importante respecto al agua es su calidad, siendo el rango óptimo de pH de agua para riego en palto fluctúa pH entre 5 a 5.5, sin embargo no es un factor limitante para el cultivo al no ser pH sea mayor a 7.5. Un factor limitante en la producción y calidad de fruta en palto es la conductividad eléctrica del agua, lo cual refleja su nivel de salinidad, para CE sea mayor a 0.75 mmhos/cm limita la producción.

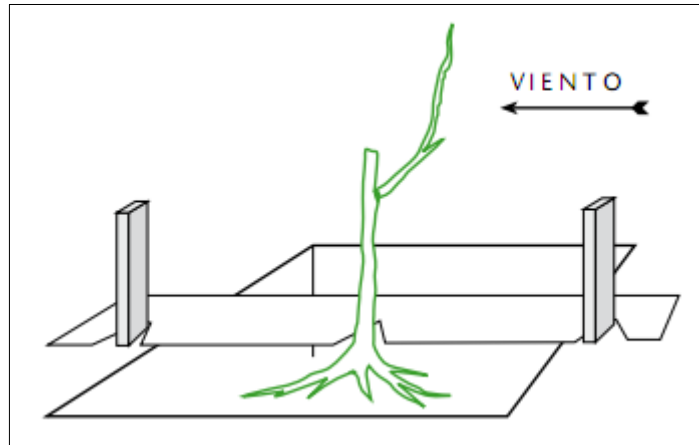


Figura 1.18: posición del injerto con respecto del viento

Fuente: Lemus et al (2010)

Según Bob (2005) el agua aunque generalmente buenas para riego, debe analizarse su contenido de sales minerales. No es aconsejable cultivar el aguacate cuando las lecturas de conductividad exceden 1.3 ds/m de CE.

Altitud

Según Sánchez, et al (2000) el aguacate tiene un amplio rango de adaptación dependiendo de la raza, la antillana prospera bien a nivel del mar, la raza Guatemalteca hasta los 1200 msnm y la raza Mexicana de 900 a más de 2200 msnm, esto de manera general, a través del tiempo el aguacate se ha introducido a ambientes diferentes a los de su habitad natural, adaptándose en general bien

Precipitación

Según Sánchez, et al (2000) .en cuanto a precipitación, se considera que 1 200 mm anuales bien distribuidos son suficientes. Sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que reduce el rendimiento; el exceso de precipitación durante la floración y el fructificación, reduce la producción y provoca la caída del fruto. De acuerdo a la raza y origen de la misma, los requerimientos de lluvia para la antillana son de 1 100 a 3350 mm para la Guatemalteca de 800 a 3 400 mm y para la Mexicana de 650 a 2 200 mm. En general se puede decir que el aguacate de manera natural no prospera en ambientes con isoyetas menores a 650 mm, por lo que al introducirlo en ambientes más secos necesariamente se requerirá de irrigación.

Temperatura

Según Lemus et al (2010) el clima es uno de los factores más importantes para el cultivo de palto, el hass es muy sensible a las bajas temperaturas; se ha visto que con temperaturas de 20 a 25 °C durante el día y 10°C en la noche se presenta una exitosa fecundación y buena cuaja.

Según Sánchez, et al (2000) la temperatura es uno de los factores de mayor incidencia en el desarrollo del cultivo. Según sea la temperatura, las variedades tienen un comportamiento diferente de acuerdo a la raza. La raza antillana es poco resistente al frío, requiere una temperatura óptimas entre 24 a 26 °C, y una mínima invernal no menor de 0°C; mientras que las variedades de la raza guatemalteca son más resistentes desarrollándose en un rango de temperaturas de 22 a 25 °C y mientras la temperatura invernal no descienda de los -2 °C; las mexicanas son las que presentan la mayor tolerancia al frío al ser 20°C su temperatura media optima y una mínima invernal no menor de -4 °C.

De manera general el aguacate se desarrolla en rangos de temperatura de 10°C a 33°C, temperaturas inferiores a 10 °C retardan la floración y fructificación. Se requieren temperaturas mínimas de 12 a 17 °C y máximas de 28 a 30 °C para una adecuada floración y fructificación.

Humedad relativa

El exceso de humedad relativa puede ocasionar el desarrollo de algas o líquenes sobre el tallo, ramas y hojas o enfermedades fúngicas que afectan el follaje, la floración, la polinización y el desarrollo de los frutos. Una humedad relativa de 50 - 60% es adecuado pues la planta no tolera encharcamientos de agua. Un ambiente muy seco provoca la muerte del polen con efectos negativos sobre la fecundación y con ello la formación de menor número de frutos.

1.6.2 Requerimientos de agua de paltos

Mencionan Lemus et al (2010) en climas mediterráneos, como en california, Chile y Israel, las necesidades de riego en invierno son bajas, excepto bajo condiciones

de sequía, por lo cual las necesidades de riego en este periodo deben ser estimadas a través de un balance entre la evapotranspiración y la lluvia. La evapotranspiración del cultivo es controlada por factores climáticas y la cobertura foliar del árbol (índice de área foliar). La cantidad aproximada de agua a aplicar en climas similares a Quillota se aprecia en la **tabla 1.22 y 1.23**, los cuales deben ser ajustadas de acuerdo a las condiciones agroclimáticas de los predios.

Tabla 1.22: Volúmenes de agua promedio a aplicar en paltos adultos plantados en los valles de Quillota, Petorca y La Ligua (V Región)

MESES	VOLUMEN AGUA APLICADA SEGÚN MARCO PLANTACIÓN					
	ETO mm/día	KC	ETC		6 x 4	6 x 6
			mm/día	l/m ² /día	l/planta/día	l/planta/día
Ene	5,7	0,75	5,03	5,03	120,7	181,1
Feb	5,9	0,75	5,21	5,21	124,9	187,4
Mar	4,6	0,75	4,06	4,06	97,4	146,1
Abr	3,3	0,75	2,91	2,91	69,9	104,8
May	2,1	0,75	1,85	1,85	44,5	66,7
Jun	1,1	0,65	0,84	0,84	20,2	30,3
Jul	0,8	0,65	0,61	0,61	14,7	22,0
Ago	1,1	0,65	0,84	0,84	20,2	30,3
Sep	2,1	0,65	1,61	1,61	38,5	57,8
Oct	3,3	0,65	2,52	2,52	60,6	90,8
Nov	4,6	0,75	4,06	4,06	97,4	146,1
Dic	5,5	0,75	4,85	4,85	116,5	174,7

Fuente: Lemus et al (2010)

Tabla 1.23: Volúmenes de agua promedio a aplicar en paltos nuevos plantados en los valles de Quillota, Petorca y La Ligua (V Región)

EDAD DEL ÁRBOL	VOLUMEN DE AGUA A APLICAR (litros/árbol)
1	4-8
2	8-15
3	30-50
4	80-150

Fuente: Lemus et al (2010)

1.6.3 Diseño de la plantación

Lemus et al (2010) mencionan una de los factores más importantes es la orientación, ya que es la que nos permite una óptima captura de la luz por parte de la planta. La orientación más adecuada es en sentido norte – sur. El marco de plantación puede ser rectangular o cuadrado, es así en sectores con pendientes fuertes se ha utilizado distancias como 7x6, 7x5, 7x4 m y 6x6, 6x5,6x4 m, en sectores planos las distancias más usadas son: 6x6, 6x4, 5x5 y hasta 5x3 m, en estas condiciones considerar orientación entre las hileras de norte a sur especialmente en plantaciones rectangulares, así la luz directa llegara a las caras del seto, por el oriente en la mañana y por el poniente en la tarde

1.6.4 Selección del riego presurizado

Flores (2007) menciona en suelos con baja capacidad de absorción de agua (suelos arenosos), es más adecuado utilizar goteo, ya que si se usara microaspersión el agua podría percolarse con cierta facilidad. En suelos de textura media, probablemente es donde mejor se adapta el riego por microaspersión, ya que un emisor moja uniformemente una superficie significativa en torno a la planta. En este sistema debe evitarse que el tronco se moje ya que bajo ciertas circunstancias podría dar origen al desarrollo de enfermedades en el cuello de la planta y además al mojar un área más extensa, promueve el desarrollo de malezas.

Tabla 1.24: Rendimiento del aguacate (kg /ha) bajo riegos por aspersión y goteo con distintas frecuencias de aplicación.

Tratamiento	Frecuencia días	Variedades	
		Hass	Navel
Aspersión	10	5 450	13 150
Goteo	Diario	10 250	10 150
Goteo	5	4 600	16 400
Goteo	10	8 650	20 200

Fuente: salgado (1990)

1.6.5 Variedades

Según Flores (2007) son más de 500 las variedades de aguacate existentes dado su cultivo, adaptación (se tienen variedades aptas para un amplio rango de altura sobre el nivel del mar, **tabla 1.25**, y su rápida internacionalización y aceptación en todo el mundo, sin embargo dentro de las variedades cultivadas para fines comerciales se incluyen solo algunas como el Hass, Bacon, Fuerte, Pinkerton y otros.

Tabla 1.25: Variedades de aguacate aptas para el cultivo en las diferentes altitudes.

ALTURA		
De 0-1.000 msnm (raza antillana)	1.000-1.500 msnm (raza guatemalteca)	1.500-2.500 msnm (raza mexicana)
Simmonds Catalina Booth 8 Booth 7 Masutomi Kahalú	Choquete Kahalú Hall Simpson Booth 8 Guatemala Itzama	Nabal (G) Azteca Fuerte Hass Ettinger Wurstz

Fuente: Flores (2007)

1.7 Cultivo de frijol

1.7.1 Suelo

Según Voyset (1979 citado en Palomino, 2005) que el suelo limoso bien drenado es el apropiado para el cultivo de frijol. El pH óptimo fluctúa entre 6.7 y 7.5, tolera el pH bajo entre 4.5 y 5.5, pero debajo de este produce toxicidad de Al y Mn, en suelos alcalinos tolera un pH de 8.2 y por encima de este puede producir deficiencias de elementos menores

1.7.2 Clima

Señala Mateo (1961 citado en Palomino, 2005) el frijol necesita una temperatura de 8°C como mínimo para poder germinar, para la floración necesita una temperatura de 15°C y para la maduración de 18°C.

Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (1979 citado en Palomino, 2005) indica que el frijol se desarrolla óptimamente a temperaturas que oscilan de 15 a 27°C, pero a temperaturas altas y bajas retardan o aceleran su crecimiento

1.7.3 Riego

Según Mateo (1961 citado en Infante, 2012) el frijol requiere una buena humedad para su crecimiento y desarrollo normal; el punto más crítico de la planta ocurre en la floración y tiene una máxima necesidad de agua, siendo su requerimiento aproximado de 600 a 800 m^3 /ha.

1.8 Presupuesto

Según Rondón (2001) el presupuesto es una representación en términos contabilísticos de las actividades a realizar en una organización, para alcanzar determinadas metas, además sirve como instrumento de planificación, de coordinación y control de funciones.

Burbano (2005) señala el presupuesto es la estimación programada de manera sistemática, de las condiciones de operación y de los resultados a obtener por un organismo en un periodo determinado. También se dice que el presupuesto es una expresión cuantitativa formal de los objetivos que se propone alcanzar la administración de la empresa en un periodo dado, con la adopción de estrategias para lograrlo.

Según Ramos (1998) los costos directos son aquellos gastos que se pueden aplicar a una partida determinada. Es la suma de los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y todos los elementos requeridos para la ejecución de una obra. Y los costos indirectos son todos aquellos gastos que no pueden aplicarse a una partida determinada sino al conjunto de la obra. Los cuales son Gastos generales y utilidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del proyecto

El presente trabajo de tesis “Comportamiento del diseño hidráulico mediante reguladores de presión en riego presurizado en ladera, churcampa - huancavelica – 2016”. Se desarrolla en la localidad de Pichcay distrito y provincia de Churcampa, región Huancavelica, se encuentra en las coordenadas geográficas UTM: 8590195 N, 567389 E, altitud varía de 3005 msnm (en el reservorio) al 2835 msnm final de la red de distribución. El sistema de riego como objeto de estudio se encuentra en funcionamiento sobre ello se estudiará los comportamientos teóricos y prácticos sobre los parámetros de operación del sistema.

2.1.1 Ubicación política:

Región	: Huancavelica
Provincia	: Churcampa
Distrito	: Churcampa
Localidad	: Pichcay

2.1.2 Ubicación geográfica:

Coordenadas UTM-N	: 8590195 N
Coordenadas UTM-E	: 567389 E
Altitud varía	: 3020 a 2820 m.s.n.m

2.1.3 Ubicación Administrativa:

Comité de Usuarios : Virgen de Asunción
Comisión de Usuarios : Churcampa
Junta de Usuarios : Huancavelica
ALA : Mantaro



Figura 2.1: Ubicación provincial, distrital y localidad

Fuente: Mapa vial y político de Huancavelica

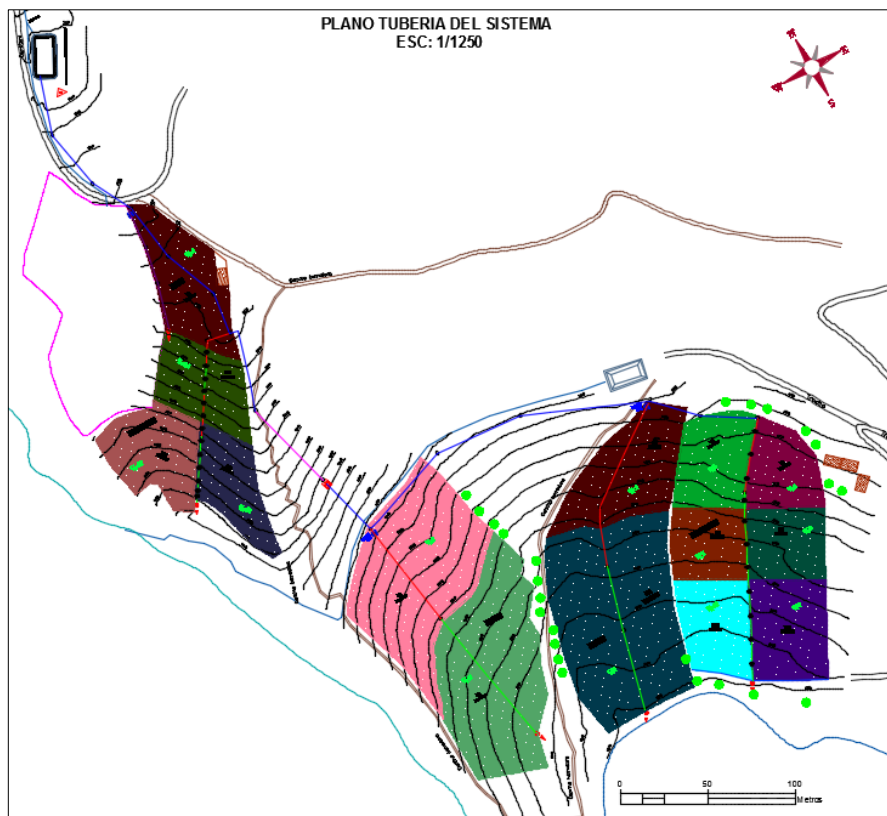


Figura 2.2: Ubicación del proyecto, se observa las áreas de riego

2.2 Materiales y Equipos

2.2.1 Materiales

- Herramientas manuales
- Tuberías PVC
- Accesorios de PVC
- Papel bond
- Material bibliográfico guías, libros y revistas científicos

2.2.2 Equipos y herramientas

- Cámara fotográfica
- Wincha de 50m
- Flexómetro de 5m
- GPS Garmin Montana 650
- Estación Total
- Manómetro
- Balde de 20 litros
- Probeta de 100 ml
- Vasos de 1000 y 500 ml 50 unidades
- Cilindro infiltrómetro

2.3 Metodología

El presente trabajo se desarrolla en 5.12 hectáreas, con sistema de riego presurizado instalado y en funcionamiento, con riego por goteo, riego por aspersión con aspersores de VYR 66 y aspersores Xcel Wobbler, para el cual el procedimiento metodológico de la presente se desarrolla en fase de campo y gabinete.

2.3.1 Trabajo de topografía.

Se efectuó el levantamiento topográfico con estación total Topcon, desde la toma de captación, reservorio de almacenamiento, continuando con la franja de la red

de conducción y distribución existente, la ubicación de Cámara rompe presión, reguladores de presión, toma de hidrantes, finalmente el levantamiento topográfico de áreas de riego, área en el cual se tiene instalado el sistema de riego presurizado.



Figura 2.3: Trabajo topográfico de áreas de riego y la ubicación de obras

La delimitación de áreas de riego se ha realizado con GPS Garmin Montana 650, con una precisión de 3m en coordenadas X, Y. como se aprecia en la **figura 2.4**.



Figura 2.4: Delimitación de áreas de riego con GPS Montana 650

2.3.2 Prueba de infiltración del suelo

Las mediciones de prueba de infiltración del suelo se realizaron con el método del cilindro infiltrómetro, para ello primero se seleccionó el lugar adecuado donde se

efectuaran las pruebas, el cual se han raspado unos 5cm de capa arable, limpiar las hierbas, en suelo disturbado por las actividades agrícolas como el aporque y deshierbo, realizando con cilindros infiltrómetro de fierro galvanizado de 2mm de espesor, de 30cm y 44cm de diámetro, 40cm y 30cm de altura para cilindro inferior y exterior respectivamente, teniendo en mano los materiales y suficiente agua a lado se procedió de la siguiente manera:

1. Instalación de los cilindros

- a. Nivelación del terreno seleccionado con nivel de mano de tal manera se facilita la instalación de los cilindros infiltrómetros.
- b. Introducir el cilindro exterior en el lugar seleccionado, golpeando mediante el uso de una comba sobre la plancha metálica del cilindro unos 10cm de profundidad, debidamente nivelada.
- c. Introducir el cilindro interior concéntrico dentro del cilindro exterior, golpeando mediante el uso de una comba sobre la plancha metálica del cilindro unos 15cm de profundidad, debidamente nivelada.
- d. Se ha impermeabilizado con plástico el cilindro interior.



Figura 2.5: Nivelado de terreno e instalación del cilindro infiltrómetro como se observa de imagen de izquierda y derecha respectivamente

2. Llenado de los cilindros

- a. Una vez colocado el plástico en el cilindro interior, se procedió el llenado con agua una lámina considerable.
- b. En forma simultáneamente es aplicada el agua en el cilindro exterior, luego proceder a retirar el plástico del cilindro interior para iniciar inmediatamente las lecturas de la carga de agua, inmediata a minuto cero.

- c. El agua entre los cilindros es para evitar la infiltración lateral que pueda presentarse en el cilindro interior.



Figura 2.6: Llenado con agua a cilindro interior impermeabilizada con plástico y cilindro exterior

3. Lectura del nivel de agua

- a. Las lecturas se han medido respecto del nivel de la plancha del cilindro interior hacia el nivel de la carga de agua, la primera lectura a cero minutos
- b. Las mediciones continúan en intervalo de tiempo determinado sugerido por el asesor de 0, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 5, 5, 10, 10, 15, 20, 20 y 25 minutos, durante dos horas iniciado la lectura a las 14 horas con diez minutos, de esta manera finalizando a las 16 horas con 10 minutos, los datos de la prueba se muestra en la **tabla 2.1**.
- c. Las lecturas se han realizado con flexómetro de 5m.
- d. Cuando se ha infiltrado una lámina apreciable, se procedió con llenado con agua nuevamente hasta un nivel procurando el mismo nivel inicial. Esta operación se hace rápidamente en el cilindro interior, para lo cual se realiza la lectura antes e inmediatamente después de llenado a fin de que el tiempo transcurrido sea mínima “cero”.



Figura 2.7: Toma de lectura de descenso de agua en lámina en el cilindro interior con flexómetro respecto a un punto de referencia al bode del cilindro interior.

Tabla 2.1: Resultados de lectura de la prueba cilindro infiltrómetro

Región	: Huancavelica		Sector	: 2
Provincia	: Churcampa		Fecha	: 02/03/2016
Localidad	: Pichcay			
Hora	tiempo (min)		Lectura (cm)	Aumento de agua
	Parcial	Acumulado		
14:10	0	0	7.30	
14:11	1	1	11.00	
14:12	1	2	13.00	
14:14	2	4	16.00	6.00
14:16	2	6	8.20	
14:18	2	8	10.80	
14:20	2	10	13.30	
14:25	5	15	18.30	6.20
14:30	5	20	11.00	
14:40	10	30	28.60	5.40
14:50	10	40	13.00	4.50
15:05	15	55	15.80	4.40
15:25	20	75	18.20	4.00
15:45	20	95	16.60	4.90
16:10	25	120	18.40	
	120			

En la **tabla 2.1** se tiene los datos obtenidos de la prueba de infiltración realizada de acuerdo al procedimiento anterior mencionado durante 2.0 horas, con los cuales se calculara la velocidad de infiltración básica.

2.3.3 Muestra de suelo

Se ha realizado la extracción de muestra de suelo para laboratorio a fin de realizar un análisis físico de coeficientes hídricos del suelo, escogiendo puntos representativos al interior de la parcela, limpiando la superficie del suelo y raspado de primeros centímetros del suelo, luego se cabo una profundidad deseada hasta capa arable y extraer el suelo más o menos 100 gramos, juntando en un balde las submuestras del recorrido a lo largo de la parcela, son suelos homogéneas en color y característica topográfica, así mismo se realizó el cuarteo del total de submuestras así obtener de la cuarta parte unos 500 gramos para llevar al laboratorio como un muestra representativa. La capa arable en este sector de riego se encuentra entre 40 a 50 cm de profundidad, como podemos apreciar en la **figura 2.8** las calicatas realizadas.



Figura 2.8: Característica, profundidad y extracción de suelo para laboratorio

2.3.4 Medición de caudal y presión en riego por goteo

Para conocer el valor de Coeficiente de Uniformidad en el sector de riego por goteo se ha seleccionado la subunidad de riego dos, en completa funcionamiento de 23 laterales de riego con manguera PE de 16mm c-4, en un marco de plantación 5.0 metros entre lateral y 4.0 metros entre plantas , la tubería distribuidora tiene laterales a la izquierda y derecha, elegido 4 laterales: el primero, el ultimo y dos intermedios a cada 1/3 del primero y a 1/3 del ultimo, una vez elegido los laterales también se eligieron los cuatro plantas: la primera, la última y dos intermedios a cada 1/3 como el caso anterior, obteniéndose 16 emisores para la evaluación respectiva, luego se procedió a medir el caudal en cada una de las plantas señaladas por un tiempo de 50 segundos con una taza de 1000 mililitros,

obteniendo los valores con probeta de 100 mililitros, el procedimiento se ha realizado según Lapo (2012). Los emisores señalados se observa con color azul en la **figura 2.9**.

El valor de coeficiente de uniformidad encontrado en campo en funcionamiento nos permitirá evaluar la eficiencia de riego previsto en el diseño.

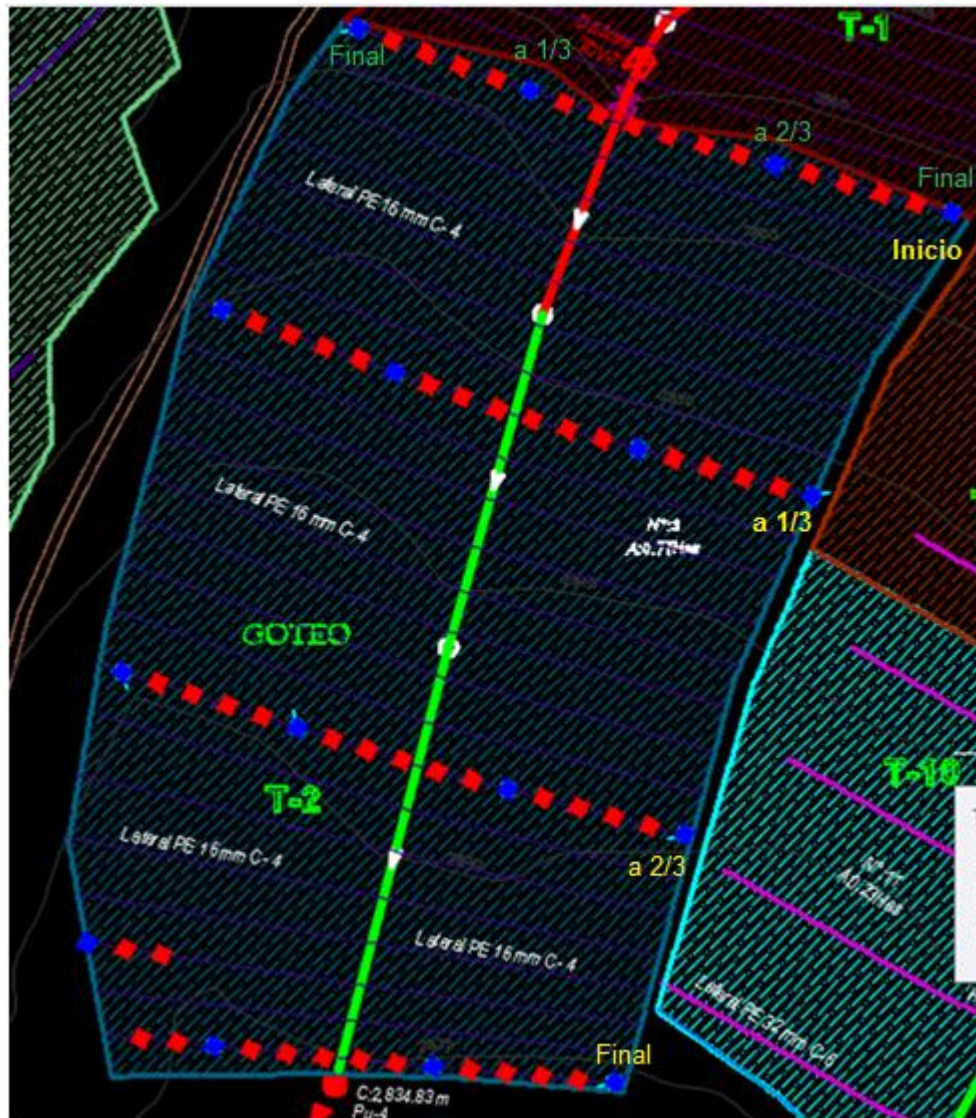



Figura 2.9: Medición de caudal y presión en riego por goteo

Los valores de volumen de agua medida durante tiempo de 50 segundos agua registrada se observa a continuación en la **tabla 2.2**.


Tabla 2.2: Valores de caudal en emisores de riego por goteo (ml)



Lateral	Final	a 1/3	a 2/3	Final	
1	620	660	645	760	Inicio
2	770	760	750	730	a 1/3
3	900	950	930	912	a 2/3
4	800	790	860	970	Final
Tiempo (seg)				50	

Después se prosiguió la medición de presiones en cada una de los emisores seleccionados con la utilización del manómetro de 6 bares AZUD, insertando en los goteros de cada emisor seleccionado.

Tabla 2.3: Valores de presión en los emisores de riego por goteo (mca)



Lateral	Final	a 1/3	a 2/3	Final	
1	10.3	10.4	11	12	Inicio
2	18.3	18.3	18	17.8	a 1/3
3	22.5	22.4	23	22	a 2/3
4	29	29	30	30	Final

2.3.5 Evaluación de pluviometría en riego por aspersión

Como parámetro indispensable para determinar el coeficiente de uniformidad, es necesario realizar el ensayo de pluviometría, para lo cual se ha escogido la subunidad de riego nueve en el riego por aspersión de VYR 66, turno más lejano en plena funcionamiento de 12 aspersores, en un marco de riego de 14m x 14m entre laterales y aspersores, realizando la prueba en los dos últimos laterales, hidrantes H-23, H-24 a los dos primeros aspersores de dicho lateral, con vasos de dimensiones homogéneas de 500 mililitros de volumen, ubicadas los cuatro vasos en los primeros extremos a un metro y entre vaso a vaso cada dos metros logrando un cuadrado perfecto de 7 por 7, encontrándose 49 muestras de pluviómetro, una vez instalado los vasos se procede a abrir ambos hidrantes con aspersores en dirección al centro de los pluviómetros debidamente fijada el cronometro, tiempo empleado fue de 2:30 horas. En la **figura 2.10** se tiene la ubicación de

pluviómetros, los cuatro laterales y en funcionamiento 3 aspersores por lateral, manguera de 32 mm c-6.

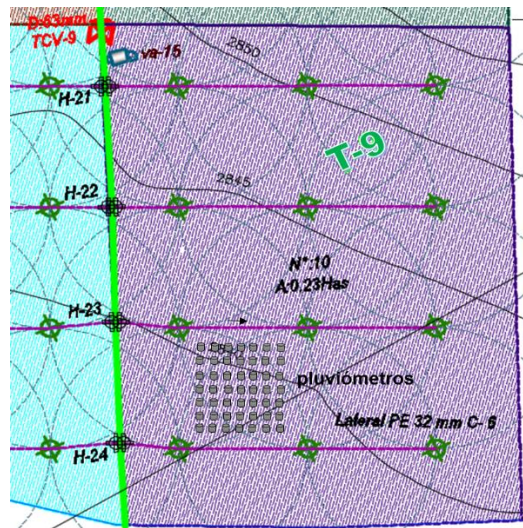


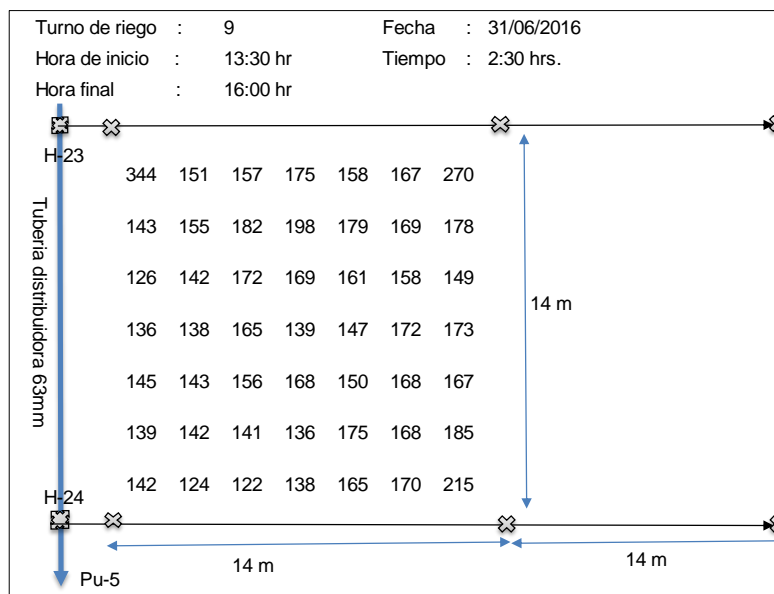
Figura 2.10: Determinación de pluviómetros en riego por aspersión VYR 66

La prueba se ha realizado en presencia de cultivo de quinua en estado floración como podemos apreciar en la **figura 2.11** en donde se está prosiguiendo con la lectura de volumen captado en los vasos con utilización de probeta de 100 ml. Los valores en volumen de 49 pluviómetros evaluados se tienen en la **tabla 2.4**.



Figura 2.11: Lectura de pluviómetros con probeta de 100ml aspersión VYR 66

Tabla 2.4: Registro de pluviómetros en riego por aspersión VYR 66 (ml)



Con el mismo procedimiento que anterior se realizó la prueba de pluviometría en el riego por aspersión Xcel Wobbler en la subunidad riego 12, turno más lejano en donde funcionan 30 aspersores, con marco de riego 9m x 9m entre laterales y aspersores, la prueba se realizó entre los laterales del hidrante H-8 y H-9, los vasos ubicándose el cuatro vasos de los extremos a 1.5 metros y entre vaso a vaso cada 1.20 metros logrando un cuadrado de 6 por 6, encontrando de 36 muestras de pluviómetro.

En la **figura 2.12** muestra la ubicación de pluviómetros evaluados en el sector de riego por aspersión Xcel wobbler, el tiempo empleado fue de 1:40 horas, medición de volumen con probeta de 100 ml.

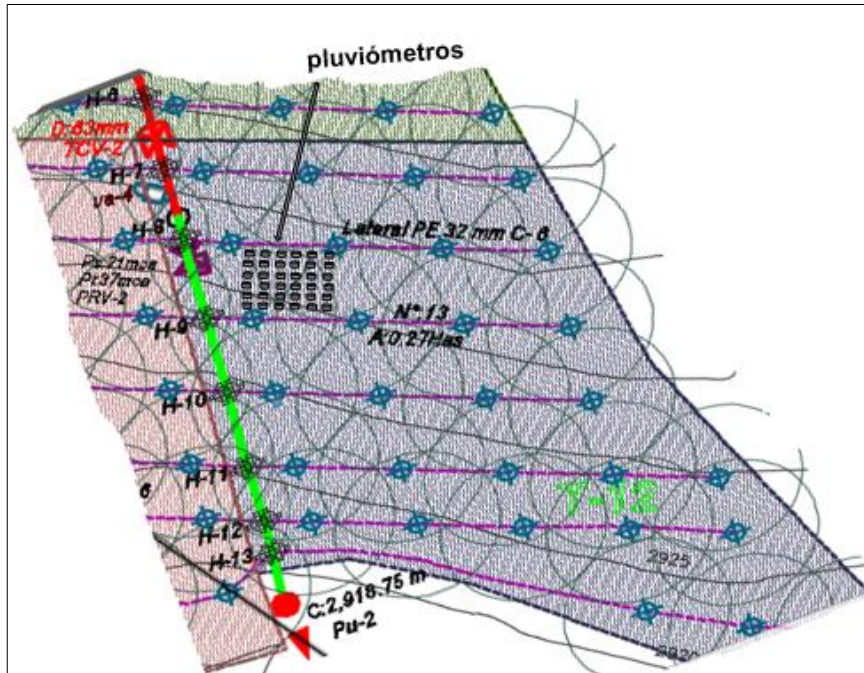


Figura 2.12: Determinación de pluviómetros en riego por aspersión Xcel Wobbler en la subunidad de riego 12

Los valores obtenidos en milímetros se muestran en la **tabla 2.5** un total de 36 pluviómetros en el sector de riego por aspersión con Xcel Wobbler.

Tabla 2.5: Registro de pluviómetros en riego por aspersión Xcel Wobbler

Turno de riego :	12	Fecha :	28/06/2016
Hora de inicio :	15:00 hr	Tiempo :	100 min.
Hora final :	16:40 hr		

Tubería distribuidora 63mm	H-8	154	162	149	141	138	153
		144	145	132	132	145	153
		128	127	148	138	146	156
		134	150	165	173	155	147
		149	144	144	158	164	168
	H-9	139	128	131	143	118	163

Diagram dimensions: 9.0 m (vertical spacing between H-8 and H-9), 9.0 m (horizontal spacing between columns), 9.0 m (horizontal spacing between columns).

2.3.6 Medición de caudal y presión en riego por aspersión

En el riego por aspersión con aspersor VYR 66 de impacto sectorial de medio caudal de $\frac{3}{4}$ " con boquilla 3.96 x 2.38 mm, se ha evaluado el aforo de caudal del aspersor en el mismo subunidad nueve, en el lateral del hidrante H-21 con presión de operación en este punto de 27 mca, la evaluación se ha realizado en funcionamiento de 12 aspersores, con un balde de 20 litros constante, en tiempos para cada caso, los datos obtenidos se muestra en la **figura 2.13**.



Figura 2.13: Se observa en a). Se está realizando la medición de caudal del aspersor VYR 66 con balde de 20 litros y en b). Se aprecia toma de presión en el elevador

Después se prosiguió la medición de presiones, con la utilización de un manómetro de 6 bares AZUD insertando directamente en el elevador tubería PVC de $\frac{3}{4}$ ", en el lateral con manguera PE de 32mm c-6, en funcionamiento de tres aspersores en lateral. En la **tabla 2.6** se tiene los valores obtenidos de a evaluación.

Tabla 2.6: Valores de caudal y presión en riego por aspersión VYR 66

	H-21			
lectura de presión (mca)	→	21.7	21	20.3
tiempo (seg)	→	55.12	58.7	61.37
caudal (lts)	→	20	20	20

Tub. distribuidora

Así mismo se ha realizado el aforo de caudal en el sector de riego por aspersión Xcel Wobbler, en el lateral del hidrante H-5 con presión más bajo de acuerdo la lectura en dicho hidrante de 18.60 mca, con boquilla #8 – Lavanda (3.18mm), en funcionamiento de 34 aspersores en la subunidad 12, para tiempos variables un volumen constante de 20 litros, los datos se muestra en la **figura 2.14**.



Figura 2.14: Se observa en a). Se está realizando la medición de caudal del aspersor Xcel Wobbler y en b). Se aprecia toma de presión en el conector

las presiones se han medido con manómetro de 6 bares AZUD insertando directamente en el conector hembra en la manguera PE de 32mm c-6 del elevador, en el mismo elevador que ha sido medido el caudal lateral más crítico. Los resultados se tienen en la **tabla 2.7**.

Tabla 2.7: Lectura de caudal y presión en los emisores Xcel Wobbler

18	18	17.7	H-5	← lectura de presión (mca)
139.98	138.98	134.67	Tub. distribuidora	← tiempo (seg)
20	20	20		← caudal (lts)

2.3.7 Evaluación de presión de operación en reguladores de presión (PRV), en cámara rompe presión y toma hidrantes del sistema

Con la ayuda del manómetro se ha realizado las mediciones de las presiones de operación en los puntos instalados de los reguladores de presión, en tomas de hidrante y Cámara rompe presión en funcionamiento de subunidades de riego más lejanos de cada unidad de riego.

Evaluación de presión en reguladores de presión e hidrantes en funcionamiento de la subunidad 12 riego por aspersión Xcel Wobbler

Se consideró la subunidad de riego 12, por ser turno más lejano del sector de riego por aspersión Xcel Wobbler, de acuerdo al planteamiento hidráulico mixto. En la **tabla 2.8** se muestra lo valores obtenidos en campo.

Tabla 2.8: Resultados de presión en operación en riego por aspersión Xcel Wobbler (sub unidad de riego 12)

Sector : Riego por Xcel Wobbler			
Turno : 12			
Fecha : 28/05/2016			
Descripción	Lectura (mca)	Coordenadas UTM WGS84	
		Este	Norte
H-1	28.25	567251	8590317
H-2	33	567247	8590310
H-3	36.5	567243	8590304
H-4	41	567239	8590298
PRV-1	42.7	567237	8590296
H-5	18.6	567235	8590292
H-6	23	567231	8590286
H-7	27	567227	8590280
H-8	31	567223	8590274
PRV-2	32.5	567222	8590273
H-9	20	567218	8590268
H-10	24.2	567214	8590261
H-11	28.2	567210	8590255
H-12	31	567207	8590250
H-13	32	567205	8590248

Evaluación de presión en reguladores de presión en funcionamiento de la subunidad cuatro en riego por goteo.

Para poder evaluar las presiones en reguladores de presión y cámara rompe presión, se ha escogido la subunidad cuatro por ser el turno más lejano dentro de este sector de riego, en la **Tabla 2.9** se muestra lo valores obtenidos en campo.

Tabla 2.9: Presión de operación en reguladores de presión en la subunidad cuatro de riego por goteo

Sector	: Riego por goteo		
Turno	: 4		
Fecha	: 29/05/2016		
Descripción	Lectura (mca)	Coordenadas UTM WGS84	
		Este	Norte
PRV-3	26	567264	8590288
CRP	43	567273	8590217
AR - 2	14	567282	8590178
PRV-4	22	567289	8590146
PRV-5	24	567298	8590074

Evaluación de presión en Reguladores de presión y toma de Hidrantes en funcionamiento de subunidad de riego nueve en riego por aspersión VYR 66

Para poder evaluar las presiones en reguladores de presión, toma de hidrantes en el sector de riego por aspersión VYR 66, se ha elegido subunidad nueve por ser el turno más lejano dentro de este riego, en la **Tabla 2.10** se muestra lo valores.

Tabla 2.10: Presión de operación en reguladores de presión y toma de hidrantes en riego por aspersión VYR 66 (subunidad de riego 9)

Sector	: Riego por Aspersión VYR 66		
Turno	: 9		
Fecha	: 30/05/2016		
Descripción	Lectura (mca)	Coordenadas UTM WGS84	
		Este	Norte
PRV-6	28	567405	8590188
H-14	24	567501	8590120
H-15	28	567493	8590110
H-16	28	567483	8590099
H-17	33	567476	8590088
H-18	38	567470	8590078
H-19	43	567464	8590066
PRV-9	46	567459	8590056
H-20	24	567458	8590054
H-21	27	567452	8590042
H-22	28	5674456	8590029
H-23	33	567439	8590017
H-24	35	567433	8590005

Evaluación de presión en Reguladores de presión en funcionamiento de la subunidad dos en riego por goteo

Para poder evaluar las presiones en reguladores de presión en el sector de riego por goteo de la subunidad dos, turno más lejano dentro de esta unidad de riego según el esquema hidráulico Mixta, en la **Tabla 2.11** se muestra lo valores obtenidos en campo.

Tabla 2.11: Presión de operación en reguladores de presión ene riego por goteo (subunidad dos)

Descripción	Lectura (mca)	Coordenadas UTM WGS84	
		Este	Norte
PRV-7	29.6	567430	8590146
PRV-8	28.5	567397	8590118

2.4 Fase de Gabinete

2.4.1 Procesamiento de planos

Los datos adquiridos del trabajo topográfico en Coordenadas Este, Norte, Elevación y Descripción, son procesados en AutoCAD Civil 3D 2015 para obtener los planos fidedignos a curvas de nivel cada 1m las curvas menores y las curvas mayores cada 5m debidamente acotadas en sistema de coordenadas UTM WGS84, Zona 18 Sur. Los planos a escala 1/1250, Como indica Anten y Willet (2000). En la **Figura 2.15** muestra los planos de topografía.

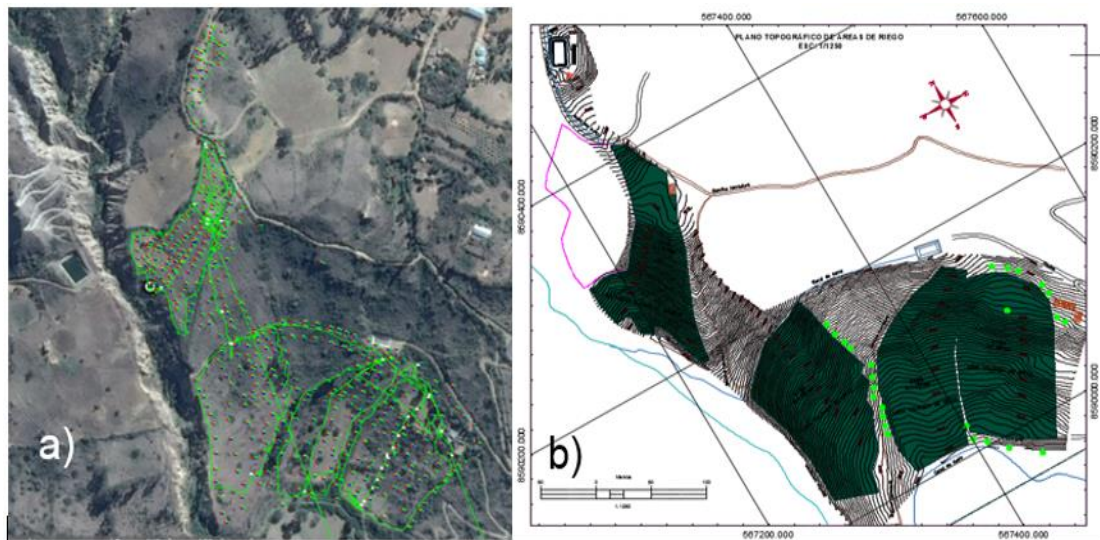


Figura 2.15: En la figura se observan en a). Los puntos de topografía y delimitación de áreas de riego, en b). Se observa el plano topográfico.

2.4.2 Suelo

En la **tabla 2.12** se tiene el resultado del análisis de suelo de laboratorio.

Tabla 2.12: Resultado de análisis de suelo del laboratorio

N° Laboratorio	AS 10654
N° Campo	Churcampa
Capacidad de campo (%)	24.25
Punto de marchites (%)	14.12
Densidad aparente (gr/cc)	1.19
Arena (%)	43
Limo (%)	18
Arcilla (%)	39

Fuente: Laboratorio Multiservicios Agrolab

En la **tabla 2.12** se tiene el 43% es arena, el 18% es limo y el 39% es arcilla con estos datos, interpretamos a través del triángulo textural de la **figura 2.16** se obtiene un suelo **Franco Arcilloso**.

Según Cisneros (2003) en la **tabla 1.8** de la revisión de literatura pertenece a un tipo de suelo **medio** puesto que porcentaje arena se encuentra dentro del 20 – 45%, Limo de 15 – 52% y Arcilla de 28 – 40% el cual lo denomina para estas caracterizas suelo **Migajón Arcilloso**.

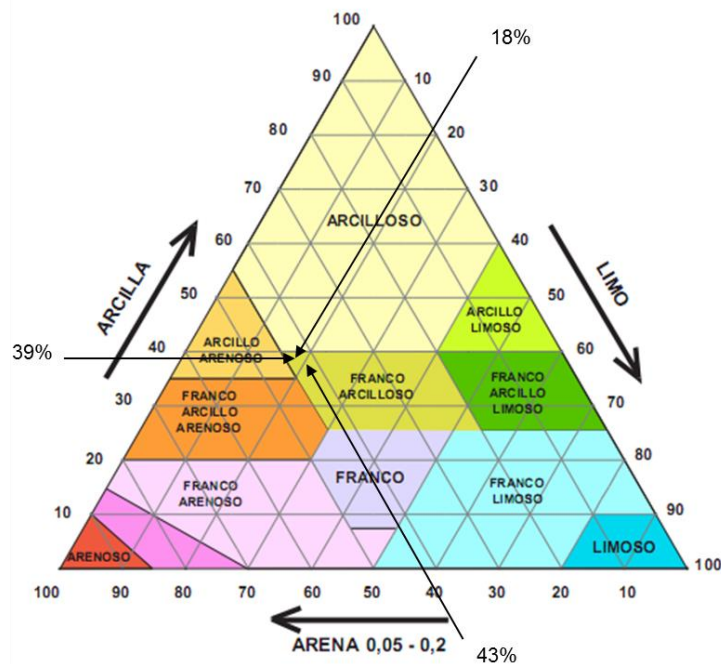


Figura 2.16: Determinación de clase textural del suelo

La velocidad de infiltración es de **7.85** mm/h de acuerdo al trabajo realizado con cilindro infiltrómetro de la prueba de infiltración del suelo en el campo. Siendo este valor dentro de los parámetros según Vásquez et al (2009) de la tabla 1.6 un suelo franco arcilloso varía de 3 – 18 mm/h y según Senninger Irrigation Inc de la tabla 1.7 para este tipo de suelo varía de 2.5 – 7.6 mm/h.

2.4.3 Agua

Para el análisis de agua se ha tomado del canal de regadío en la toma de captación proveniente de un canal que viene desde riachuelo de Rumichaca y el manantial El Chorro. Perteneciente del ámbito del Comité de Usuarios de Churcampa en la Junta de Usuarios Huancavelica, del cual como oferta se disponen de 35 litros por segundo. En la **tabla 2.13** se tienen los resultados obtenidos de análisis de laboratorio.

Tabla 2.13: Análisis de agua

N° Laboratorio	A0489
N°Campo	Churcampa
PH	8.6
C.E(uS/cm)	580
Cationes (meq/l)	
Calcio	0.96
Magnesio	1.41
Potasio	0.11
Sodio	1.91
Suma de cationes (meq/l)	4.39
Aniones (meq/l)	
Nitratos	0
Carbonatos	0.21
Bicarbonatos	3.06
Sulfatos	0.36
Cloruros	0.97
Suma de aniones (meq/l)	4.6
Na (%)	43.5
RAS	1.75
Sales solubles totales (ppm)	371.2
Dureza (G.H.F)	11.77
CLASIFICACIÓN	C2 - S1

Fuente: Laboratorio Multiservicios Agrolab

De la **tabla 2.13** el pH se encuentra mayor que 8.0 de los estándares de calidad de agua para riego calificándose un agua que tiene severas reacciones sobre la planta, la conductividad eléctrica CE =580 us/cm que viene a ser 0.58 ds/m indica que tiene buena conductividad eléctrica encontrándose dentro de los estándares de calificación de entre 0.25 – 0.75 ds/m. por lo que el suelo no tendrá peligro de salinidad. Por lo tanto se trata agua de buena calidad apta para riego

2.4.4 Cédula de cultivo

La cédula de cultivo se determinó de acuerdo al diagnóstico realizado con los beneficiarios y se ha planteado de acuerdo a la altitud de la zona, además con especies de mayor rendimiento demanda en el mercado local y nacional, en este caso se tiene los cultivos de la Palta en un área 2.97 ha, frijol en un área de 2.15 ha, siendo total 5.12 ha el cual se muestra en el siguiente **Tabla 2.14**.

Tabla 2.14: Determinación de los sectores de riego y cultivo por sistema

Beneficiarios	Área (ha)	Cultivo	Sistema	Marco	Emisor
Natividad Huarcaya Aguilar	0.35	palta	Goteo	5x4	Gotero regulable
Natividad Huarcaya Aguilar	0.86	Frijol	Aspersión	9x9	Xcel Wobbler
	1.21				
Lidia Valencia de Ortiz	1.5	Palta	goteo	5x4	Gotero regulable
Lidia Valencia de Ortiz	1.12	Palta	goteo	5x4	Gotero regulable
Lidia Valencia de Ortiz	1.29	frijol	Aspersión	14x14	VYR 66
	3.91				
Total del Proyecto (has)	5.12				

En la **tabla 2.14** se muestra la cantidad de áreas de riego, el porcentaje que representa cada uno de los cultivos y el día de riego, para ello se ha tomado la frecuencia de riego del diseño agronómico en donde se tiene frecuencia de riego de cada 7 días. Con este dato de frecuencia de riego multiplicado por el porcentaje de áreas de cultivo se obtiene los días de riego para cada uno de los sistemas de riego se tiene:

$$\text{Palta (2.97 has)} = 0.58 \times 7 = 4.0 \text{ días}$$

$$\text{Frijol (0.86 has)} = 0.17 \times 7 = 1.0 \text{ día}$$

$$\text{Frijol (1.29 has)} = 0.25 \times 7 = 2.0 \text{ días}$$

Tabla 2.15: Porcentaje de áreas y días de riego por sistema presurizado planteado

Cultivos	Tipo Emisor	Área (has)	Porcentaje (%)	Frecuencia/Riego (días)	Días de riego/Sistema
Palta	Goteo	2.97	58%	7	4
Frijol	Xcel W	0.86	17%		1
Frijol	VYR 66	1.29	25%		2
Total (has)		5.12	100%		7

En la **tabla 2.15** se muestra la cantidad de áreas de riego según tipo de cultivo, palta se plantea con riego por goteo de 2.97 hectáreas, debe regar en 4 días durante el ciclo de riego de 7 días, frijol cuenta con riego por aspersión de 0.86 hectáreas con riego por aspersión Xcel Wobbler riega en un día y 1.29 hectáreas de frijol con aspersor VYR 66 riega en 2 días, estos datos planteados se usaran en diseño agronómico y la programación de riego.

Tabla 2.16: Cédula de cultivo planteado

Cultivo de Principal	Área (ha)	Áreas Mensuales (ha)												Cultivo de Rotacion	Área (ha)	
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.			
Palta	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97			0.00
Frijol	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	Maiz Choclo		2.15
Área cultivada (ha)	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12	2.97	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12	2.97	5.12	Área cultivada		2.15

En la **tabla 2.16**. Se plantea cedula de cultivo para el presente proyecto con especies de palto en 2.97 hectáreas, frijol en 2.15 hectáreas ambas para la campaña grande y como cultivos de rotación en campaña chica se plantea con cultivo de maíz choclo el cual rotarán con cultivo de frijol, pues el palto es perenne todo el año.

2.4.5 Demanda hídrica

Para calcular la demanda hídrica se ha utilizado los datos meteorológicos de Estación Huanta, datos como temperatura media mensual en °C, Humedad relativa media mensual (%), precipitación media mensual (mm), estos datos se anexan en el **anexo 7.5**. Con registro de 10 años desde 2005 hasta 2015, estos datos se han adquirido de Senamhi - Junín. Desarrollando la determinación de la demanda con el método de Hargreaves.

En la **tabla 2.17** se muestra la precipitación media mensual, partir de ello se tiene la precipitación promedio de media mensual para cada mes, con este dato se calculara la precipitación efectiva.

Tabla 2.17: Precipitación media mensual (mm)

AÑO	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2005	44.6	100.3	122.7	13.6	9.0	0.0	5.9	0.0	5.1	32.1	36.5	88.3
2006	97.3	71.6	71.7	31.7	37.0	7.8	0.0	5.4	13.1	37.0	58.1	71.1
2007	100.5	46.3	114.3	22.1	4.8	0.0	4.8	3.6	6.7	42.5	48.3	25.0
2008	79.3	97.0	25.4	4.2	13.6	6.2	0.0	0.0	5.5	20.5	25.3	37.6
2009	91.9	120.5	71.9	48.6	28.8	1.1	10.3	4.7	11.2	17.2	33.7	50.6
2010	163.4	61.1	92.3	36.9	0.0	0.0	0.0	4.0	7.0	41.2	29.4	137.9
2011	208.8	99.3	78.3	29.5	7.6	0.2	1.0	0.2	13.9	21.8	58.6	92.8
2012	89.9	122.3	38.6	50.3	8.3	6.3	6.3	6.2	21.5	21.6	37.3	129.7
2013	132.1	98.0	76.9	34.7	0.8	3.1	1.3	39.2	2.4	57.2	71.4	125.4
2014	126.3	86.6	51.0	12.6	14.2	0.0	3.3	0.0	12.7	48.2	29.9	91.1
2015	169.7	73.6	66.6	69.6	17.4	9.0	11.0	44.2	2.9	23.3	45.7	94.9
Promedio	118.53	88.78	73.60	32.16	12.86	3.06	3.99	9.77	9.27	32.96	43.10	85.85

Fuente: Senamhi - Junín.

La determinación de precipitación efectiva se ha desarrollado con software Cropwat 8.0 a partir de la precipitación promedio media mensual: 118.53, 88.78, 73.60, 32.16, 12.86, 3.06, 3.99, 9.77, 9.27, 32.96, 43.10 y 85.85 mm de enero a diciembre respectivamente, en **tabla 2.18** se muestra los valores de precipitación efectiva media mensual por mes.

Tabla 2.18: Precipitación efectiva media mensual (mm)

Precipitación mensual - untitled		
Estación	HUANTA - AYACUCHO	
Método Prec. Ef	Fórmula FAO/AGLW	
	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	118.5	70.8
Febrero	88.8	47.0
Marzo	73.6	34.9
Abril	32.2	9.3
Mayo	12.9	0.0
Junio	3.1	0.0
Julio	4.0	0.0
Agosto	9.8	0.0
Septiembre	9.3	0.0
Octubre	33.0	9.8
Noviembre	43.1	15.9
Diciembre	85.8	44.7
Total	513.9	232.3

Se ha calculado evapotranspiración potencial (mm/día) en donde la mayor evapotranspiración es en el mes de noviembre con **5.14** mm/día y la menor evapotranspiración potencial ocurre en el mes de julio de **2.99** mm/día.

$$ET_o = TMF^\circ \times CH \times CE \times MF \dots \text{Ecuación de Hargreaves} \quad (2.1)$$

Evapotranspiración potencial para el mes de noviembre

$$ET_o = 68.35 \times 0.86 \times 1.03 \times 2.53 = 153.18 \text{ mm/mes}$$

$$ET_o (\text{para noviembre}) = \frac{153.18}{30} = 5.10 \text{ mm/día}$$

Tabla 2.19: Evapotranspiración potencial (mm/día)

ESTACIÓN: Huanta	Lat.:	12° 55' 38.64" Sur	Long.:	74° 16' 05.88" Oeste	Alt.:	2550 msnm						
VALORES MENSUALES												
Parametros	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
TMC°	18.8	18.6	18.1	18.3	17.9	17.7	17.0	17.9	18.9	19.7	20.2	19.2
TMF°	65.92	65.46	64.66	64.86	64.24	63.87	62.52	64.22	66.06	67.43	68.35	66.53
HR	79.09	80.18	81.73	80.73	76.73	73.36	74.27	73.91	74.00	73.73	73.09	77.82
CH	0.76	0.74	0.71	0.73	0.80	0.86	0.84	0.85	0.85	0.85	0.86	0.78
CE	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
MF 1/	2.64	2.30	2.35	1.99	1.78	1.59	1.70	1.94	2.16	2.48	2.53	2.66
Eto mm/mes	136.52	114.97	111.37	97.34	94.85	89.96	92.62	109.01	125.06	147.14	154.06	143.02
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto mm/día	4.40	4.11	3.59	3.24	3.06	3.00	2.99	3.52	4.17	4.75	5.14	4.61
Prec. Efec mm/día	2.28	1.68	1.13	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.53	1.44

En la **tabla 2.19**. Se encuentra la evapotranspiración potencial en mm/día de enero a diciembre respectivamente como se tiene: 4.40, 4.11, 3.59, 3.24, 3.06, 3.0, 2.99, 3.52, 4.17, 4.75, 5.14, y 4.61 mm/día.

En cuanto oferta de agua, los usuarios de Virgen de Asunción están en el ámbito del Comité de Usuarios de Churcampa, Juta de Usuario Huancavelica, el agua que abastece como fuente de riego proviene de riachuelo Rumichaca y el manantial El Chorro que tiene disponible 35 litros por segundo por 5 horas a la semana.

Con los valores obtenidos de áreas de riego, precipitación efectiva, coeficientes de cada cultivo y la evapotranspiración potencial en mm/día, se precede a calcular la demanda hídrica.

Cálculo de evapotranspiración real en (mm/día) para mes de agosto

$$E_{tr} = K_c \times E_{T_o} = 0.89 \times 3.52 = 3.14 \text{ mm/día} \quad (2.2)$$

Calculo de déficit de Humedad (mm/día) mes agosto

$$L_n = E_{Tr} - P. \text{ efectiva} = 3.14 - 0.0 = 3.14 \text{ mm/día} \quad (2.3)$$

La eficiencia de riego que se ha optado para este riego presurizado es de 85%, puesto que existe riego por aspersión y riego por goteo.

Calculo de Requerimiento de agua (mm/día) mes de agosto

$$L_b = \frac{L_n}{E_r} = \frac{3.14}{0.85} = 3.69 \text{ mm/día} \quad (2.4)$$

Requerimiento de agua en (m³/ha/día) será: para el mes de agosto

$$L_b = L_b \times 10 = 3.69 \times 10 = 36.90 \text{ m}^3/\text{ha/día} \quad (2.5)$$

En la **tabla 2.20** se tienen los valores de cálculo del requerimiento de agua por hectárea por día.

Tabla 2.20: Demanda hídrica (mm/día)

Descripción	Fórmula	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
A Área Cultivada por mes (Has.)		5.12	5.12	5.12	5.12	2.97	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12	2.97	5.12
B Coeficiente de cultivo (kc)		0.61	0.85	0.87	0.69	0.88	0.65	0.83	0.89	0.75	0.58	0.60	0.52
C Evapotranspiración potencial (mm/día)		4.40	4.11	3.59	3.24	3.06	3.00	2.99	3.52	4.17	4.75	5.14	4.61
D Evapotranspiración real (mm/día)	(B*C)	2.68	3.48	3.13	2.25	2.69	1.95	2.49	3.14	3.14	2.75	3.08	2.38
E Precipitación efectiva (mm/día)		2.28	1.68	1.13	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.53	1.44
F Déficit de Humedad (mm/día)	(D-E)	0.40	1.80	2.00	1.94	2.69	1.95	2.49	3.14	3.14	2.43	2.55	0.94
G Eficiencia de aplicación (%)		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
H Requerimiento de agua (mm/día)	(F/G)	0.47	2.12	2.35	2.28	3.17	2.29	2.93	3.69	3.69	2.86	3.00	1.10
I Requerimiento agua (m3/ha/día)	(10*H)	4.65	21.19	23.53	22.81	31.68	22.90	29.31	36.90	36.89	28.60	30.02	11.04
J Nº de días del mes		31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
K Requerimiento agua (m3/ha/mes)		144.23	593.23	729.56	684.22	981.93	686.90	908.55	1,143.99	1,106.76	886.72	900.46	342.34
L Modulo de Riego Ficticio (24 horas-lps/ha)		0.05	0.25	0.27	0.26	0.37	0.27	0.34	0.43	0.43	0.33	0.35	0.13
M Volumen Total (m3/mes)	(A*L)	738.47	3,037.32	3,735.37	3,503.22	2,916.32	3,516.95	4,651.79	5,857.24	5666.60	4,540.00	2,674.35	1,752.76

En la **tabla 2.20** se tiene los valores obtenidos con hoja de cálculo en Excel, en donde la demanda requerida es **3.69 mm/día**, que multiplicado por factor 10 se obtiene **36.90 m3/ha/día** y el requerimiento de agua en el mes es de **1,143.90 m3/ha/mes** con un módulo de riego de 0.43 l/s/ha.

En la **tabla 2.19** la evapotranspiración potencial el más alto fue de **5.14 mm/día** en el mes de noviembre, ahora por el resultado del requerimiento de agua de **36.90 m3/ha/día** es en mes de agosto de **3.52 mm/día** el cual será utilizado en el diseño agronómico. En la **Figura 2.17** se muestran la gráfica de la demanda hídrica

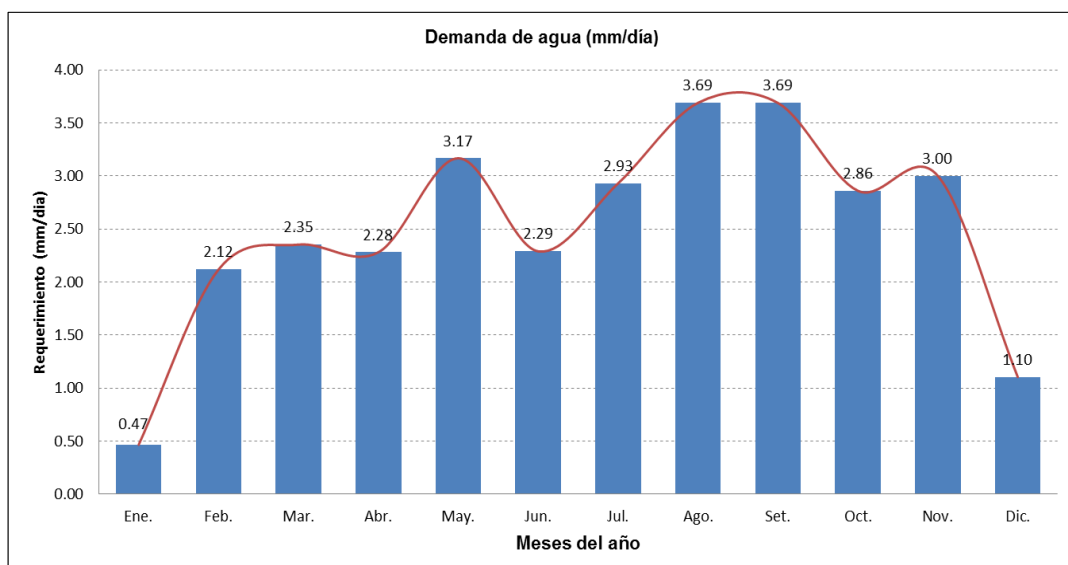


Figura 2.17: Gráfica de demanda hídrica (mm/día)

2.4.6 Diseño agronómico

Para esta parte del diseño necesario la eficiencia de riego según Pereira et al (2010) nos muestra la variación de eficiencia de riego para riego por aspersión de 65 – 85% y para riego por goteo de 80 – 95%, tomando como referencia se ha considerado la eficiencia de riego para el presente trabajo como sigue: para riego con aspersión Xcel Wobbler 85%, para riego con aspersión VYR 66 de 80% y riego por goteo 90%, puesto que estos valores se evaluarán en campo.

Para el diseño agronómico se utilizará la información de la **tabla 2.21** resultado de laboratorio.

Tabla 2.21: Resultado de análisis físico de suelo

N° Laboratorio	AS 10654
N° Campo	Churcampa
Capacidad de campo (%)	24.25
Punto de marchites (%)	14.12
Densidad aparente (gr/cc)	1.19
Arena (%)	43
Limo (%)	18
Arcilla (%)	39

Fuente: Laboratorio Multiservicios Agrolab

Se procede con el diseño agronómico con Software AQUA, es un software Ecuatoriano realizado por Ingeniero Marco Veintimilla C. (2013), para cada uno de los sistemas existentes:

1. Diseño agronómico para aspersión **Xcel Wobbler**

El cuadro de entrada se tiene en la **tabla 2.22** donde se ingresa datos de clima, suelo, parcela, cultivo y tipo de riego y cuadro de salida en la **tabla 2.23** ingresan los datos de caudal y diámetro del emisor para procesar los cálculos del diseño final.

Tabla 2.22: Cuadro de entrada para riego por aspersión Xcel Wobbler

DATOS ASPERSION			
DATOS INGRESO- RIEGO POR ASPERSION			
DATOS DE CLIMA			
ETo	3.52	mm/d	
DATOS DE PARCELA			
Area Bruta	0.86	Has	
Area Neta	0.86	Has	
DATOS DEL CULTIVO			
Dist. laterales	9	m.	
Dist. emisores	9	m.	
Kc	0.89		
PA	45	%	Pa
zr	0.6	m	
DATOS DE SUELO			
CC	24.25	%	
PMP	14.12	%	
Pea	1.19	gr/cm ³	
Ib	7.85	mm/h	
DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO			
Eficiencia	85	%	
Hmax- Riego	15	h	
Intervalo-Riego	7	días	
Días de paro	6	días	

La **Tabla 2.22** es el cuadro de entrada, se alimenta como dato de evapotranspiración potencial de 3.52 mm/día, área de 0.86 has, el marco de riego existente de 9x9 m, el coeficiente de Cultivo promedio del mes agosto 0.89, el porcentaje de agotamiento de 45 %, y la eficiencia de riego 85% estos datos según bibliografía. Un intervalo de riego de 7 días para que la frecuencia de riego se realiza dentro de la semana del mes y la velocidad de infiltración 7.85 mm/h resultado de la evaluación en campo.

En seguida ingresan los datos restantes en el cuadro de salida en la **tabla 2.23** como parte del diseño el caudal del emisor de 450 l/h y diámetro mojado de 14 m según catálogo Senninger de aspersores Xcel Wobbler.

Tabla 2.23: Diseño agronómico con AQUA para riego por aspersión Xcel Wobbler.

De la **Tabla 2.23** podemos apreciar que la precipitación horaria de riego (Phr) que viene a ser la pluviometría del aspersor de 5.56 mm/h menor a la velocidad de infiltración básica 7.85 mm/h, indica no habrá encharcamiento del suelo.

La lámina de riego ajustado (LRaj) de 21.93 mm es menor que la lámina de agua aprovechable para la profundidad de raíces de 0.60 m (LAZr) de 32.55 mm según parámetro de restricción del Software Aqua.

El porcentaje de agua ajustada (Pa aj) es de 30.32% menor que el porcentaje de agua aprovechable (Pa) dato asumido en cuadro de entrada en la tabla 2.22 de 45% de acuerdo a la revisión bibliográfica tabla 1.9 Vásquez et al (2009).

De igual manera el horario de riego por turno (Ht) resulta 4.64 hr/turno, este valor en la práctica podemos ajustar a cuatro horas por turno, porque turnos de riego por día es 3 turnos por día, quiere decir que el sistema de riego por aspersión Xcel Wobbler debe regar cuatro horas por turno, resultado es tres turnos por día. El área de riego por turno de riego es de 0.29 has con caudal requerido de 15.94 m³/hora, el volumen de agua requerido para regar el ciclo de riego de tres turnos se requiere de 221.86 m³/ciclo. Quiere decir que para regar el sector de riego por aspersión Xcel Wobbler requiere un volumen de agua 221.86 m³. Este valor se encuentra en la programación de la **Tabla 2.28**.

2. Diseño agronómico para aspersión VYR 66

El cuadro de entrada se tiene en la **tabla 2.24** donde se ingresa datos de clima, suelo, parcela, cultivo y tipo de riego y cuadro de salida en la **tabla 2.25** ingresan los datos de caudal y diámetro del emisor para procesar los cálculos del diseño final.

Tabla 2.24: Cuadro de entrada para riego por aspersión VYR 66

DATOS ASPERSION			
DATOS INGRESO- RIEGO POR ASPERSION			
DATOS DE CLIMA			
ET _o	3.52	mm/d	
DATOS DE SUELO			
CC	24.25	%	
PMP	14.12	%	
Pea	1.19	gr/cm ³	
Ib	7.85	mm/h	
DATOS DE PARCELA			
Área Bruta	1.29	Has	
Área Neta	1.29	Has	
DATOS DEL CULTIVO			
Dist. laterales	14	m.	
Dist. emisores	14	m.	
K _c	0.89		
PA	45	%	Pa
z _r	0.6	m	
DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO			
Eficiencia	80	%	
H _{max} - Riego	12	h	
Intervalo-Riego	7	días	
Días de paro	5	días	

En el cuadro de entrada **Tabla 2.24** se alimenta datos como la evapotranspiración potencial de 3.52 mm/día para una área de 1.29 ha, el marco de riego existente de 14x14 m, el coeficiente de Cultivo promedio del mes agosto 0.89, el porcentaje de agotamiento de 45%, y la eficiencia de riego 80% estos datos según bibliografía. Asumo también el máximo hora de riego 12 horas por día, intervalo

de riego de 7 días para que la frecuencia de riego se realiza dentro de la semana del mes y la velocidad de infiltración básica de 7.85 mm/h.

En seguida en el cuadro de salida en la **tabla 2.25** se alimenta como parte del diseño el caudal del emisor de 1400 l/h y diámetro mojado de 28 m según catálogo de VYRSA de aspersores VYR 66.

Tabla 2.25: Diseño agronómico con AQUA en riego por aspersión VYR 66

The screenshot shows the 'DISEÑO AGRONÓMICO ASPERSION' software interface. It features a central panel with input fields and calculated values for various irrigation parameters. The parameters are organized into several sections:

- Left Column (Inputs and Calculated Values):**
 - Lamina de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (LDzr): 72.3282 mm/zr
 - Volumen de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (VDzr): 723.282 m3/ha/zr
 - Lamina de agua aprovechamiento a una profundidad radicular efectiva (LAzr): 32.54769 mm/zr
 - Superficie (SP): 196 m2
 - Porcentaje de área bajo riego (Par): 100 %
 - Precipitación horaria de riego (Phr): 7.14 mm
 - Intervalo de riego (IR): 7 días
 - Ciclo de Riego (CR): 2 días
 - Lamina de Riego ajustada (LR aj): 21.9296 mm
 - Porcentaje de area Ajustada (Pa aj): 30.32 %
 - Lamina bruta (LB): 27.412 mm
 - Dosis bruta (DB): 274.12 m3/ha
 - Horas de riego por Turno (Ht): 3.84 horas/turno
- Center Panel (Inputs and Calculated Values):**
 - Datos de Ingreso - Catalogo:
 - Caudal Emisor: 1400 lt/h
 - Diámetro de cobertura: 28 m
 - Botón: Calcular
 - Notas:
 - PAR Referencial: 100%
 - Phr < Ib
 - Lraj < LAzr
 - Pa aj < PaTABLA
- Right Column (Inputs and Calculated Values):**
 - Turno de Riego por día (Td): 3 turno/día
 - Horas de riego por día (Hd): 11.52 horas/ciclo
 - Horas de riego por ciclo (Hc): 23.04 horas/ciclo
 - Números de turnos por ciclo (Tc): 6 turno/ciclo
 - Superficie bajo riego por turno (St): 0.215 has/turno
 - Dosis de riego bruta por turno (DBt): 58.9358 m3/turno
 - Caudal Requerido (Qr): 15.347864583 m3/hora
 - Volumen bruto por ciclo de riego (VBC): 353.6148 m3/ciclo
 - Caudal específico (Qe): 11.90 ltrs/s
 - Qe: 3.31 m3/hora/has
- Bottom Right (Buttons):**
 - Botón: Borrar
 - Botón: Salir

De la **Tabla 2.25** la precipitación horaria de riego (Phr) que viene a ser la pluviometría del aspersor de 7.14 mm/h es menor a la velocidad de infiltración básica de 7.85 mm/h, el cual indica no habrá encharcamiento del suelo.

Lámina de riego ajustado (LRaj) de 21.93 mm es menor que la lámina de agua aprovechable para la profundidad de raíces a 0.60 m (LAzr) de 32.55 mm según parámetro de restricción del Software Aqua.

El porcentaje de agua ajustada (Pa aj) es de 30.32% menor que el porcentaje de agua aprovechable (Pa) dato asumido en cuadro de entrada de la tabla 2.24 de 45% de acuerdo a la revisión bibliográfica tabla 1.9. Vásquez et al (2009).

Además el horario de riego por turno (Ht) resulta 3.84 h/turno, este valor en la práctica podemos ajustar a cuatro hora por turno, porque turnos de riego por día es tres turnos por día, quiere decir que el sistema de riego por aspersión VYR 66 debe regar cuatro horas por turno, el resultado es tres turnos por día durante dos días, el número de turnos por ciclo es 6 turnos por ciclo. Con área de riego por turno de 0.215 hectáreas con caudal requerido de 15.35 m³/h, el volumen de agua requerido para regar el ciclo de riego es de 58.94 m³/turno de los tres turnos del día y para cubrir el riego de los 6 turnos se requiere de 353.61 m³ durante dos días de riego en riego por aspersión VYR 66.

El caudal específico es de 11.90 m³/h/ha y en litros por segundo es de 3.31 l/s/ha entonces para área de 1.29 ha es de 4.26 l/s, para este caudal se diseñara la tubería distribuidora.

3. Diseño agronómico para riego por goteo

El cuadro de entrada se tiene en la **tabla 2.26** donde se ingresa datos de clima, suelo, parcela, cultivo y tipo de riego y cuadro de salida en la **tabla 2.27** ingresan los datos de caudal y diámetro del emisor para procesar los cálculos del diseño final.

Tabla 2.26: Cuadro de entrada para riego por goteo

GOTEO DATOS			
DATOS - RIEGO POR GOTEO			
DATOS DE CLIMA		DATOS DE SUELO	
ET _o	3.52 mm/d	CC	24.25 %
DATOS DE PARCELA		PMP	14.12 %
Área Bruta	2.97 Has	Pea	1.19 gr/cm ³
Área Neta	2.97 Has	Ib	7.85 mm/h
DATOS DE CULTIVO		SISTEMA DE RIEGO	
Dist. laterales	5 m.	EFICIENCIA	90 %
Dist. emisores	4 m.	Hmax- Riego	12 h
Kc	0.89	Intervalo-Riego	7 días
PA	50 % <input type="button" value="PA"/>	Días de paro	3 días
zr	1.20 m		

En el cuadro de entrada **Tabla 2.26** se alimenta datos como la evapotranspiración potencial de 3.52 mm/día para una área de 2.97 ha, el marco de riego existente de 5x4 m, el coeficiente de Cultivo promedio del mes agosto 0.89, profundidad de raíces 1.20 según FAO 56, el porcentaje de agotamiento de 50 %, y la eficiencia de riego 90% estos datos según bibliografía. También el máximo hora de riego 12 horas para el día, intervalo de riego 7 días y la velocidad de infiltración 7.85 mm/h.

En la siguiente **tabla 2.27** cuadro de salida se alimenta como parte del diseño el caudal del emisor de 50 l/h según catálogo de goteros regulables.

Tabla 2.27: Diseño agronómico con AQUA en riego por Goteo

DISEÑO AGRONÓMICO GOTEO

Lamina de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (LDzr)	LDzr	144.66	mm/zr	Turno de Riego por día (Td)	Td	1.00	turno/día
Volumen de agua disponible a una profundidad radicular efectiva (VDzr)	VDzr	1446.6	m ³ /ha/zr	Horas de riego por día (Hd)	Hd	9.00	horas/ciclo
Lamina de agua aprovechamiento a una profundidad radicular efectiva (LAzr)	LAzr	72.33	mm/zr	Horas de riego por ciclo (Hc)	Hc	36.00	horas/ciclo
Superficie	SP	20.00	m ²	Números de turnos por ciclo (Tc)	Tc	4.00	turno/ciclo
Diámetro del bulbo húmedo (db)	db	2.85	m	Superficie bajo riego por turno (St)	St	0.74	has/turno
Porcentaje de área bajo riego (Par)	Par	31.85	%	Dosis de riego bruta por turno (DBt)	DBt	180.29	m ³ /turno
Precipitación horaria de riego (Phr)	Phr	7.85	mm	Caudal Requerido (Qr)	Qr	18.49	m ³ /hora
Intervalo de riego (IR)	IR	7.00	días	Volumen bruto por ciclo de riego (VBC)	VBC	721.16	m ³ /ciclo
Ciclo de Riego (CR)	CR	4.00	días	Caudal específico (Qe)	Qe	6.23	ltrs/s
Lamina de Riego ajustada (LR aj)	Lr aj	68.85	mm	Qe	Qe	1.73	m ³ /hora/has
Porcentaje de área Ajustada (Pa aj)	Pa aj	9.68	%	<p>Notas</p> <ul style="list-style-type: none"> PAR Rreferencial: 30% - 70% Phr < Ib Lraj < LAZr Pa aj < PaTABLA Qe < 1 m³/hora/has 			
Lamina bruta (LB)	LB	76.50	mm	<p>Calcular</p> <p>Borrar</p> <p>Salir</p>			
Dosis bruta (DB)	DB	243.63	m ³ /ha				
Horas de riego por Turno (Ht)	Ht	9.75	horas/turno				

En la **Tabla 2.27** se aprecia que la precipitación horaria de riego (Phr) viene a ser la pluviometría del aspersor resulta 7.85 mm/h este valor se encuentra al límite respecto a la velocidad de infiltración básica de 7.85 mm/h, el cual indica que

puede o no suceder el encharcamiento, pero según bibliografía la pluviometría del aspersor debe ser menor que la velocidad de infiltración básica del suelo.

La lámina de riego ajustado (LRaj) es de 68.85mm menor que la lámina de agua aprovechable para la profundidad de raíces a 1.20 m (LAzr) de 72.33 mm según parámetro de restricción del Software Aqua.

El porcentaje de agua ajustada (Pa aj) es de 9.68% menor que el porcentaje de agua aprovechable (Pa) dato asumido en el cuadro de entrada **tabla 2.26** de 50% para árboles frutales según Vásquez et al (2009).

Además el horario de riego por turno (Ht) es 9.75 h/turno, este valor en la práctica podemos ajustar a 9 hora por turno, turnos de riego por día es un turno por día, quiere decir que el sistema de riego por Goteo riega nueve horas por turno, el número de turnos por ciclo es cuatro turnos por ciclo. Área de riego por turno es de 0.74 ha el dosis de riego bruto que viene a ser el volumen de agua requerido para regar el ciclo de riego es de 180.29 m³/turno para un turno de riego del día, con un caudal requerido de 18.49 m³/h, y para cubrir el riego de los cuatro turnos se requiere de 721.16 m³ en rego por goteo.

El caudal específico es de 6.23 m³/h/ha y en litros por segundo es de 1.73 l/s/ha, para el área de 2.97 ha viene a ser de 5.16 l/s valor referencial que será utilizado en diseño de tubería, porque el verdadero caudal de diseño se encuentra en la programación.

El número de emisor máximo por lateral hasta 13 goteros en un lateral de manguera 16 mm c-4 y funcionamiento de 370 emisores por turno de riego.

2.4.7 Programación de riego

El agua es un factor de producción fundamental para los cultivos, el cual se debe hacer un buen uso del agua disponible para lograr una producción eficiente y obtener altos rendimientos de los cultivos. Para ello se realiza la programación de riego a nivel de turnos de riego, que el agricultor debe saber las interrogantes comunes del porqué, cómo y cuándo regar, en la **Tabla 2.28**. Se muestra los resultados obtenidos de la programación de riego, a partir del diseño agronómico.

Tabla 2.28: Programación de riego

	Turnos / Posicion	LOTE	Sector / Valvula	Area		Tipo Aspensor	Modulo Riego/Aspensor	Caudal				Lamina Maxima a Reponer			Tiempo Operación		Volumen de Riego Requerido	
				Valvula	Turno			Valvula		Turno		Diaria	Frecuencias	Total	Aplicación Riego	Dia	Turno	Dia
								(n°)	(n°)	(l/s)	(m3/h)							
Dia 1	T-1	LOTE 1	AR-1	0.35	0.70	goteo	6.94	2.43	8.75	4.86	17.50	3.48	7.00	24.37	10.00	10	175.00	175.00
		LOTE 2	AR-3	0.35		goteo		2.43	8.75									
	Area Sub-Total Dia 1				0.70													
Dia 2	T-2	LOTE 3	VC-7	0.77	0.77	goteo	6.94	5.35	19.25	5.35	19.25	3.48	7.00	24.37	10.00	10	192.50	192.50
	Area Sub-Total Dia 2				0.77													
Dia 3	T-3	LOTE 4	AR-2	0.75	0.75	goteo	6.94	5.21	18.75	5.21	18.75	3.48	7.00	24.37	10.00	10	187.50	187.50
	Area Sub-Total Dia 3				0.75													
Dia 4	T-4	LOTE 5	VC-5	0.75	0.75	goteo	6.94	5.21	18.75	5.21	18.75	3.48	7.00	24.37	10.00	10	187.50	187.50
	Area Sub-Total Dia 4				0.75													
Dia 5	T-5	LOTE 6	VC-8	0.20	0.20	VYR 66	18.52	3.70	13.33	3.70	13.33	3.92	7.00	27.41	4.00	12	53.33	168.00
	T-6	LOTE 7	VC-8	0.23	0.23	VYR 67		4.26	15.33	4.26	15.33	3.92	7.00	27.41	4.00		61.33	
	T-7	LOTE 8	VC-8	0.20	0.20	VYR 68		3.70	13.33	3.70	13.33	3.92	7.00	27.41	4.00		53.33	
	Area Sub-Total Dia 5				0.63													
Dia 6	T-8	LOTE 9	VC-8	0.20	0.20	VYR 66	18.52	3.70	13.33	3.70	13.33	3.92	7.00	27.41	4.00	12	53.33	176.00
	T-9	LOTE 10	VC-9	0.23	0.23	VYR 67		4.26	15.33	4.26	15.33	3.92	7.00	27.41	4.00		61.33	
	T-10	LOTE 11	VC-9	0.23	0.23	VYR 68		4.26	15.33	4.26	15.33	3.92	7.00	27.41	4.00		61.33	
	Area Sub-Total Dia 6				0.66													
Dia 7	T-11	LOTE 12	VC-1	0.30	0.30	Xecl W	15.43	4.63	16.67	4.63	16.67	3.69	7.00	25.80	5.00	15	83.33	238.89
	T-12	LOTE 13	VC-2	0.27	0.27	Xecl W		4.17	15.00	4.17	15.00	3.69	7.00	25.80	5.00		75.00	
	T-13	LOTE 14	VC-2	0.29	0.29	Xecl W		4.48	16.11	4.48	16.11	3.69	7.00	25.80	5.00		80.56	
	Area Sub-Total Dia 7				0.86													
Area Total de Proyecto				5.12		Has										79.00		1,325.39

En la **tabla 2.28** se muestra los caudales de diseño para cada subunidades de riego para: T-1=4.86 l/s, T- 2=5.35 l/s, T- 3 y T- 4 = 5.21 l/s, T- 5, T- 7 y T- 8 =3.70 l/s, T- 6, T- 9 y T- 10 = 4.26 l/s, T- 11 =4.63 l/s, T- 12 =4.17 l/s y T- 13 = 4.48 l/s; con los cuales se diseña la tubería de conducción y las distribuidoras en el diseño hidráulico, para cada turno de riego.

La demanda total requerido para el sistema es de 1,325.39 m³ de agua, indica que se debe construir un reservorio para esta capacidad.

En el presente sistema de evaluación tiene un reservorio trapezoidal de geomembrana PVC espesor 1.0 mm de 600 m³ con dimensiones de 21.20x10 m base inferior, de 23.70 x 12.50 m la boca superior. Se explica a que deben almacenar dos veces a la semana para garantizar en forma oportuna el riego en el sistema.

2.4.8 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico es el segundo paso después del diseño agronómico se tendrán como datos de: Datos del diseño agronómico, Datos de los emisores (catálogos), los cuales nos permitirá evaluar el comportamiento hidráulico de la tubería de diseño en función a la presión y caudal, de esta manera los emisores deben operar dentro del presión de trabajo, quiere decir que el sistema de riego tiene que operar con una presión tal que, a lo largo de la línea de conducción y distribución existen perdidas de presión, entonces los goteros o emisores deben operar con la presión de trabajo que los fabricantes proporcionan, las presiones de operación para cada emisor son específicas.

Procedimiento

Se utilizó Software WATERCAD 8i, para diseños hidráulicos en tuberías principal - secundaria y la distribuidoras y así poder evaluar el coeficiente de uniformidad de cada sector de riego.

Cabe mencionar que estos cálculos hidráulicos se realizaron para cada uno de los esquemas hidráulicos planteados.

2.4.9 Costos

Para la elaboración de costos se ha desarrollado con Software S10, una vez terminado el diseño hidráulico de cada uno de los sistemas se procedió a metrados por partidas de todos los componentes que tiene cada uno de los sistemas planteados, luego la elaboración del presupuesto de cada uno de ellos con el software mencionado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Coeficiente de uniformidad

La uniformidad de aplicación del agua en el riego por aspersión VYR 66 resulta 87%, en riego por aspersión Xcel Wobbler es de 93% y riego por goteo es de 83%.

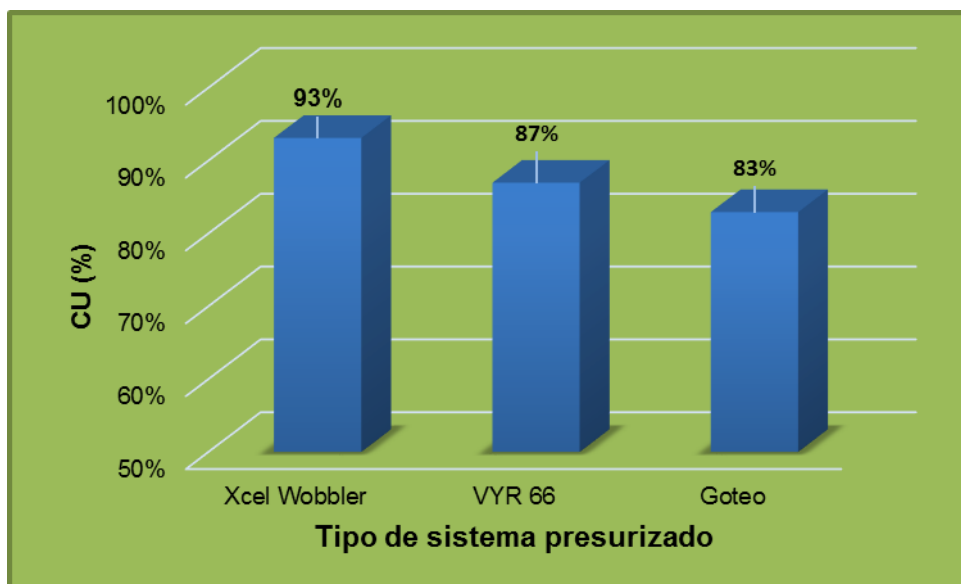


Figura 3.1: Coeficiente de uniformidad del sistema presurizado evaluado en campo

En la **figura 3.1** se tiene el riego por aspersión con Xcel Wobbler con boquilla #8 – lavanda (3.18 mm) se encuentra dentro de la calificación **Buena** con **93%**, según Lapo (2012) valores de coeficiente de uniformidad de 85 – 95% son consideradas buena y el marco de riego 9 x 9 m entre lateral y aspersores se encuentra dentro del 60% de diámetro mojado de 14 m. según indican Pereira et al (2010), Fuentes (2003) y Senninger Irrigación Inc para velocidades del viento menores de 2m/s utilizar el 60% del diámetro mojado para marcos cuadrado y triangular.

El riego por aspersión VYR 66 de $\frac{3}{4}$ " con boquilla 3.96 x 2.38 mm, el resultado de evaluación es de **87%**, el cual se encuentra en la calificación **Buena**, según Lapo (2012) valores de coeficiente de uniformidad de 85 – 95% son consideradas buena, el marco de riego es de 14 x 14 m entre lateral y aspersores, se encuentra del 60% del diámetro mojado de 28 m como indican Pereira et al (2010), Fuentes (2003) y Senninger Irrigación Inc para velocidades del viento menores de 2m/s utilizar el 60% del diámetro mojado para marcos cuadrado y triangular..

En riego por goteo tiene un coeficiente de uniformidad de 83%, este resultado ubica en la calificación de **Aceptable**. Según Lapo (2012) valores de coeficiente de uniformidad de 80 – 85% consideran aceptable. Los emisores son Goteros regulable color rojo con caudales que varía de 15 a 105 l/h, con presiones de trabajo de 1.0 bar hasta 3.0 bares. Esta baja coeficiente de uniformidad que se encuentra en un rango límite inferior es por la inadecuada uniformidad en la regulación de los goteros en cada lateral de riego. En el catálogo establece 18 clics para obtener 50 l/h, con que fue diseñado.

En riego por aspersión VYR 66 planteado con 80% de eficiencia de riego en el diseño agronómico es garantizada el funcionamiento del sistema. Así mismo el riego por aspersión Xcel Wobbler de 85% de eficiencia de riego asumido en el diseño agronómico demuestra que el sistema funcionara correctamente. En cambio en riego por goteo con coeficiente de uniformidad de 83% tendrá algunas deficiencias en la distribución de caudal en cada emisor, puesto el diseño agronómico ha sido planteado con 90% de eficiencia de riego, el cual no se ha encontrado en la evaluación en campo.

3.2 Evaluación de presión y caudal en los emisores

Los resultados se muestran en cada figura de presiones y caudales evaluada en los emisores para cada sistema de riego presurizado existente.

- ❖ En el riego por aspersión con **Xcel Wobbler**, los resultados de presión y caudal en los aspersores se muestran en la **figura 3.2**.

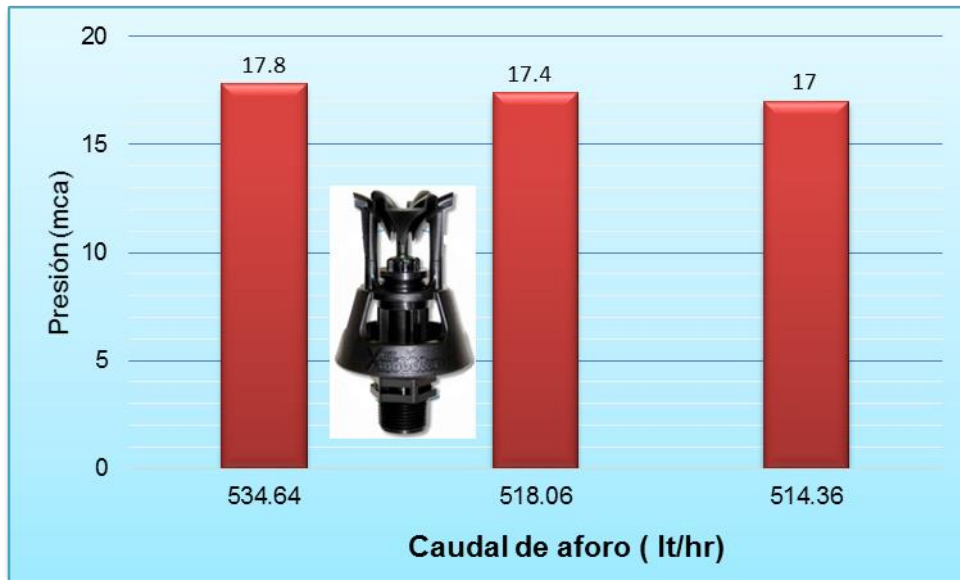


Figura 3.2: Resultado de presión y caudal del aspersor Xcel Wobblers

Los resultados de la **figura 3.2** se ha realizado la evaluación con el lateral del toma hidrante cinco (H-5) según los planos de tubería del anexo 7.2. La presión en dicho toma hidrante es de 18.60 mca y la diferencia de presión del primer aspersor y último aspersor pierda 0.8 m, siendo este valor menor que la 20% de la presión nominal o la presión media de 3.48m, siendo esta afirmación validada según Tarjuelo (1999) y expresa la siguiente relación:

$$\frac{P_m}{\gamma} - \frac{P_n}{\gamma} \leq 0.20 \frac{P_a}{\gamma} \quad (3.1)$$

$$17.8 - 17.0 \leq 0.20(17.4)$$

$$0.8 \text{ m} \leq 3.48 \text{ m}$$

La variación de caudal en el ramal evaluado resulta 22.28 l/h siendo valor inferior al 10% del valor nominal con que fue diseñado de 450 l/h, quiere decir el sistema funciona con normalidad; este resultado hace referencia a Tarjuelo (1999), para el cual se tiene la siguiente relación:

$$534.64 - 512.36 \leq 0.10(450) \quad (3.2)$$

$$22.28 \frac{lt}{hr} \leq 45 \frac{lt}{hr}$$

- ❖ En el riego por aspersión con **VYR 66**, los resultados de presión y caudal en los aspersores se muestran en la **figura 3.3**.

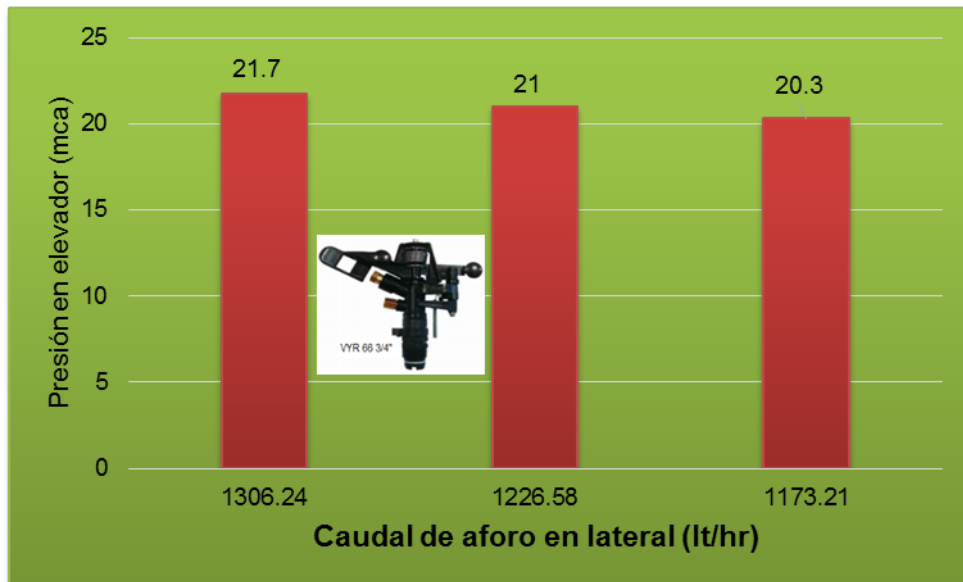


Figura 3.3: Resultado de presión y caudal del aspersor VYR 66

En la **figura 3.3** se tiene el resultado de la evaluación realizado con el lateral del toma hidrante 21 (H-21) con presión en este punto de 27 mca, en funcionamiento de la subunidad de riego nueve, turno de riego más lejano en este sector de riego según los planos de tubería del anexo 7.2.

La pérdida de presión entre el inicio y final del aspersor en la misma lateral es de 1.4 m, siendo este valor menor que la 10% de la presión nominal o la presión media de 4.20 m, siendo esta afirmación validada según Tarjuelo (1999) y expresa la siguiente relación:

$$21.7 - 20.30 \leq 0.20(21) \quad (3.3)$$

$$1.40 \text{ m} \leq 4.20 \text{ m}$$

La variación de caudal en el ramal evaluado resulta 133.03 l/h siendo valor inferior al 10% del valor nominal de 1400 l/h con que fue diseñado de acuerdo al catálogo

de VYRSA, los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros que indican el catálogo, la relación de acuerdo Tarjuelo (1999) menciona la variación de caudal en dicho lateral de la siguiente relación:

$$1306.24 - 1173.21 \leq 0.10(1400) \quad (3.4)$$

$$133.03 \frac{lt}{hr} \leq 140 \frac{lt}{hr}$$

- ❖ En el riego por **Goteo**, los resultados de presión y caudal en los emisores evaluados en la subunidad riego dos según el plano de tubería se tienen los resultados en la **figura 3.4**.

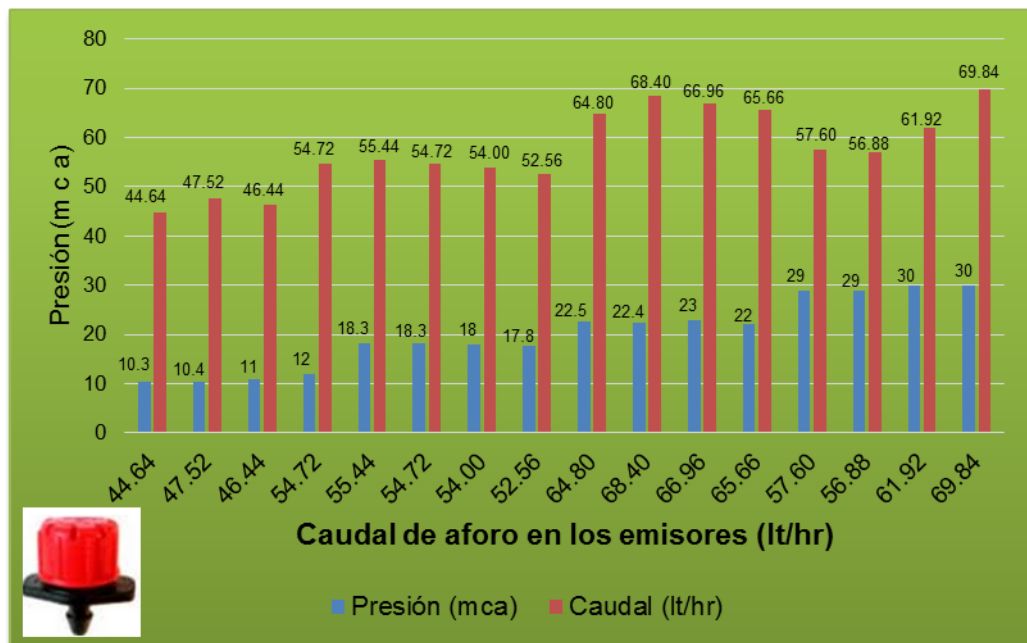


Figura 3.4: Resultado de presión y caudal en emisores de riego por goteo

La evaluación de presión y caudal de los emisores en el riego por goteo ha sido realizado en la subunidad de riego dos en plena funcionamiento elegido por ser el turno más lejano según el esquema del plano de tubería del anexo 7.2.

Se ha evaluado con 4 emisores por lateral un total de 4 laterales y 16 emisores de acuerdo a la metodología del ítem 2.3.4.

Las presiones se encuentran dentro de los parámetros de operación según catalogo seleccionado, puesto que el sistema se encuentra instalada con goteros regulables de color rojo.

Las presiones varían de 10.3 mca hasta 30 mca y con caudales de 44.64 l/h hasta 69.84 l/h, operando los emisores con la regulación de 18 clicks.

Según catalogo para 1.0 bar, para una regulación de 18 clicks se debe obtener de 28 – 30 l/h, en nuestro resultado se obtuvo para 10.30 mca un caudal de 44.64 l/h, siendo este valor regularmente alto, obedece a una regulación no adecuada.

3.3 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se ha realizado con software WaterCad V8i, de acuerdo a la programación de riego en donde se tiene los caudales de diseño para cada turno de riego.

Con fines de evaluar el sistema existente se han planteado como objetivo del presente trabajo, Evaluar el comportamiento del diseño hidráulico con la utilización de las válvulas reductoras de presión (PRV) frente a las cámaras rompe presión tipo 7 con control de nivel (CRP) , para el cual como primero se plantea el diseño hidráulico con la utilización de cámara rompe presión, segundo con la utilización de Reguladores de presión y el tercero diseño hidráulico mixta, siendo esta última diseño existente. Los resultados del diseño hidráulico para cada uno del esquema planteado se tienen en la **figura 3.5, 3.6 y 3.7**.

❖ En la **Figura 3.5** muestra el esquema del diseño hidráulico utilizando para regular las presiones con cámaras rompe presión.

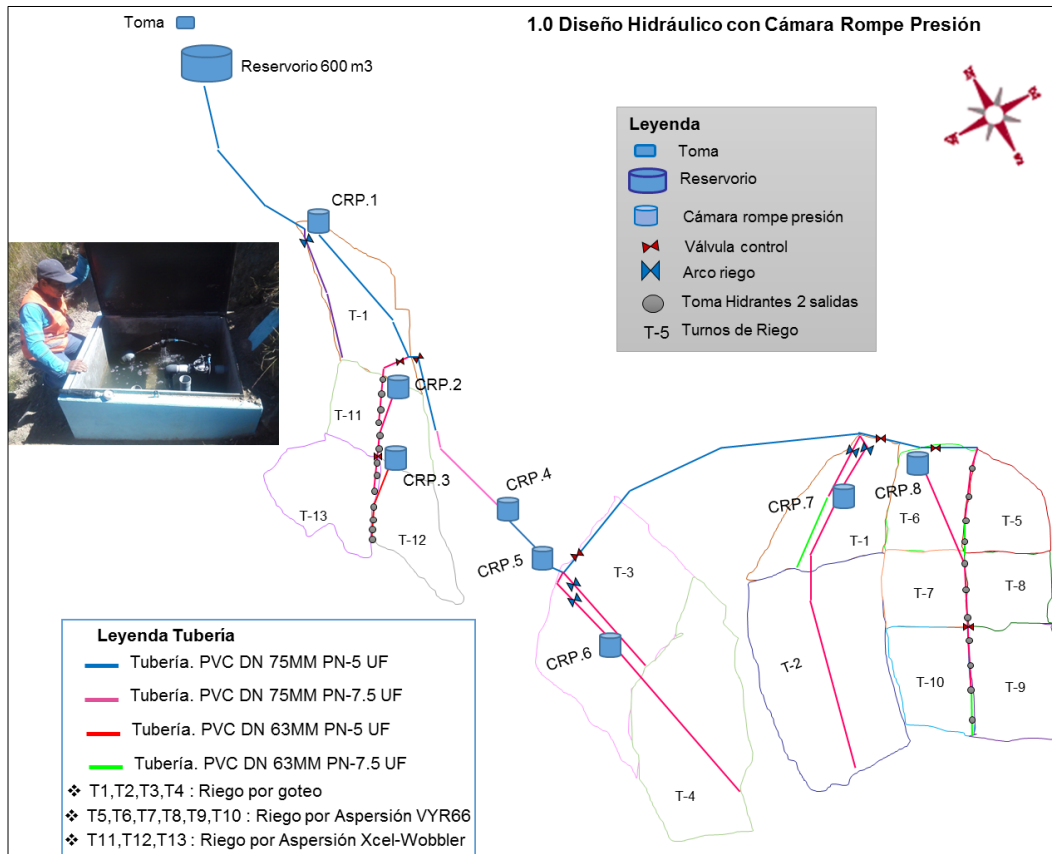


Figura 3.5: Esquema hidráulico con cámara rompe presión (CRP)

En la **Figura 3.5** se tiene el diseño hidráulico planteado con la utilización de cámara rompe presión, para regular las presiones óptimas. El planteamiento se hizo para evaluar los costos, puesto que la velocidad de diseño se encuentra entre 0.7 a 1.9 m/s valores sugeridos según Fuentes (2003) establece rangos de 0.8 a 1.50 m/s y PSI (2006) sugiere de 0.5 a 2.0 m/s.

❖ En la siguiente **Figura 3.6** muestra el esquema del diseño hidráulico utilizando para regular las presiones con reguladores de presión.

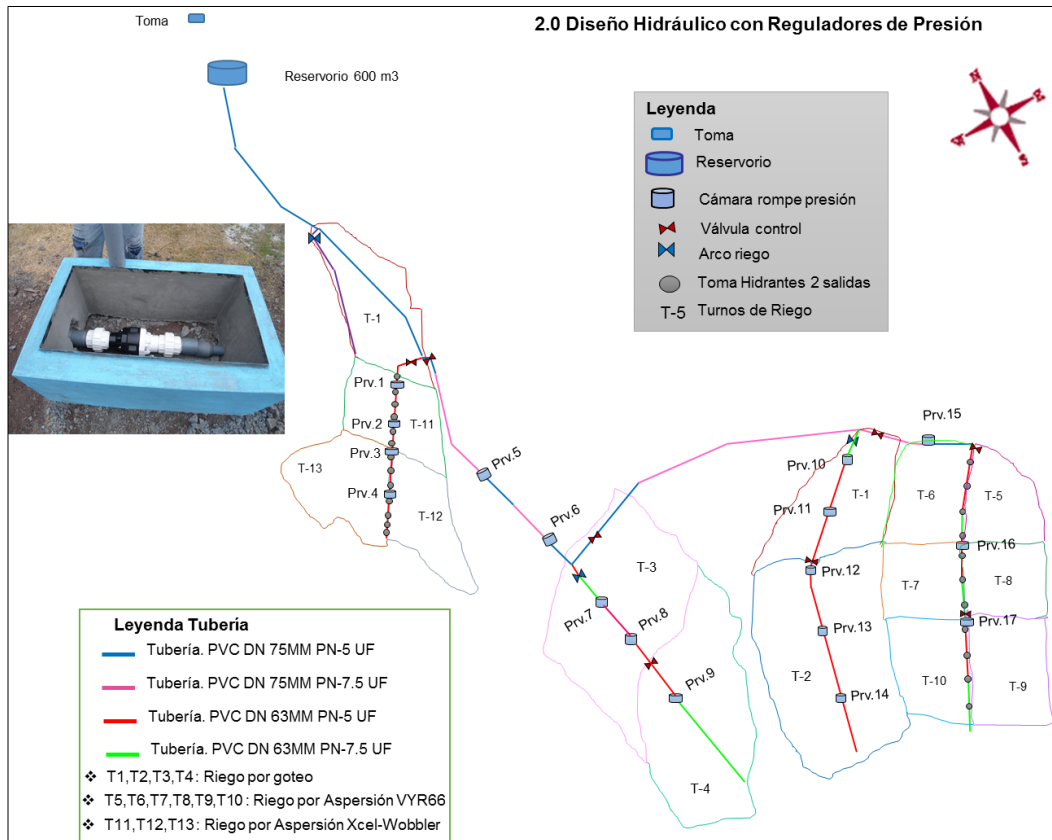


Figura 3.6: Esquema hidráulico con reguladores de presión (PRV)

En la **Figura 3.6** se tiene el diseño hidráulico planteado con la utilización de reguladores de presión, para regular las presiones óptimas. El planteamiento se hizo para evaluar los costos, puesto que la velocidad de diseño se encuentra entre 0.6 a 2.0 m/s valores sugeridos según Fuentes (2003) establece rangos de 0.8 a 1.50 m/s y PSI (2006) sugiere de 0.5 a 2.0 m/s.

❖ En la **Figura 3.7** muestra el esquema del diseño hidráulico mixta con la utilización de cámara rompe presión (CRP) y con reguladores de presión (PRV).

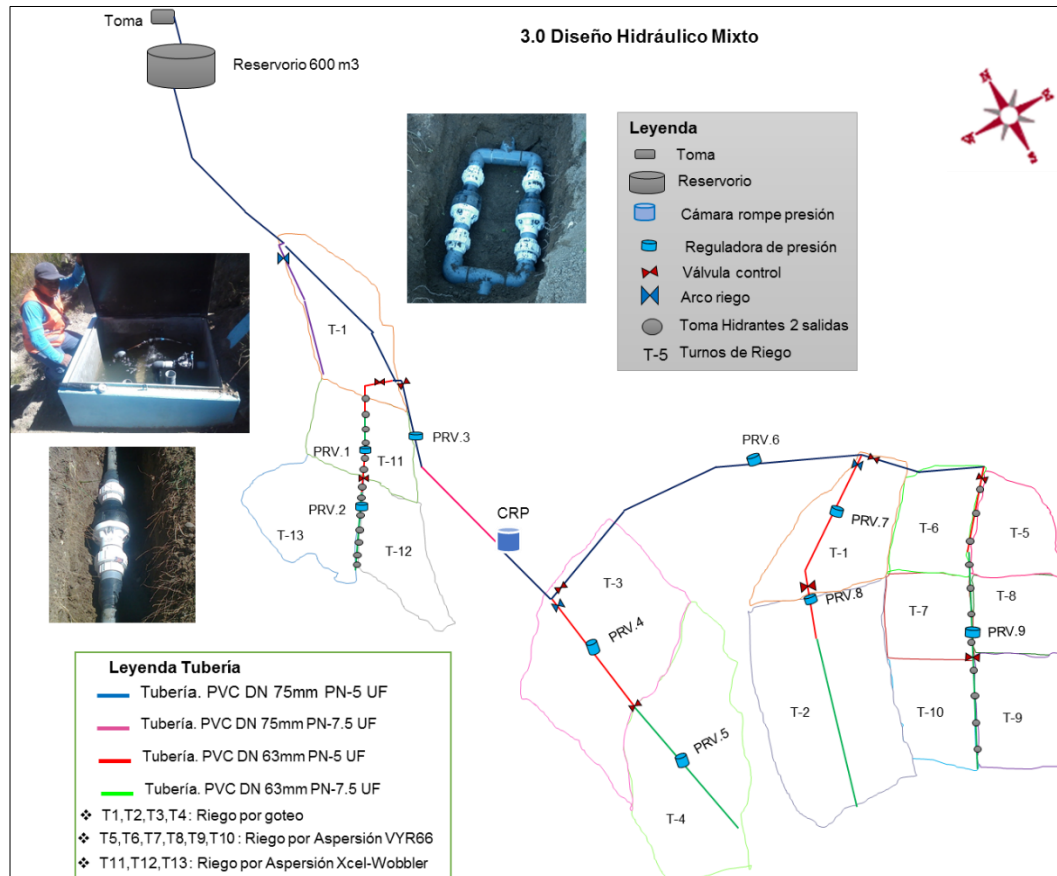


Figura 3.7: Esquema hidráulico mixta

En la **Figura 3.7** se tiene el diseño hidráulico mixta planteado con la utilización de cámaras rompe presión y reguladores de presión, para regular las presiones óptimas. En donde se tiene la velocidad de diseño se encuentra entre 0.6 a 1.9 m/s valores que se encuentra dentro del rango sugeridos según Fuentes (2003) establece rangos de 0.8 a 1.50 m/s y PSI (2006) de 0.5 a 2.0 m/s.

A continuación se presenta la evaluación de presiones en cada uno de los sectores evaluados en campo frente al diseño hidráulico de gabinete, esto nos permite evaluar si los valores obtenidos en teoría es o no es igual en el campo en funcionamiento de cada unidad de riego para ello se muestran de cada uno de ellos en la **figura. 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11** los resultados obtenidos en diseño y la evaluación en campo en funcionamiento.

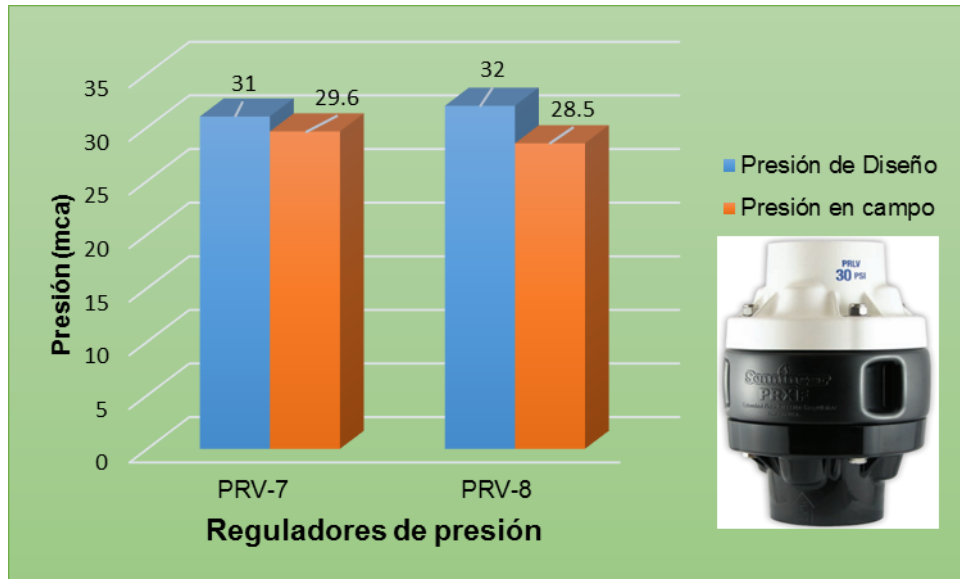


Figura 3.8: Evaluación de presión de diseño y de campo en subunidad dos

En la **figura 3.8** se aprecia reguladores de presión PRXF-LV de 30 PSI, estas reguladores tienen una presión de salida predeterminada por el fabricante a 30 PSI de cualquier presión de llegada hasta 125 PSI, los valores de diseño y el valor encontrado en campo como: PRV-7 tiene en diseño 31 mca frente a 29.60 mca encontrada en campo y en PRV-8 en el diseño tiene 32 mca y resultado de campo es de 28.50 mca, con la diferencia de pérdida de 1.40 m y 3.50 m respectivamente. Estas diferencias en campo son por las pérdidas en las válvulas de control y accesorios en el tramo para ambos reguladores de presión.

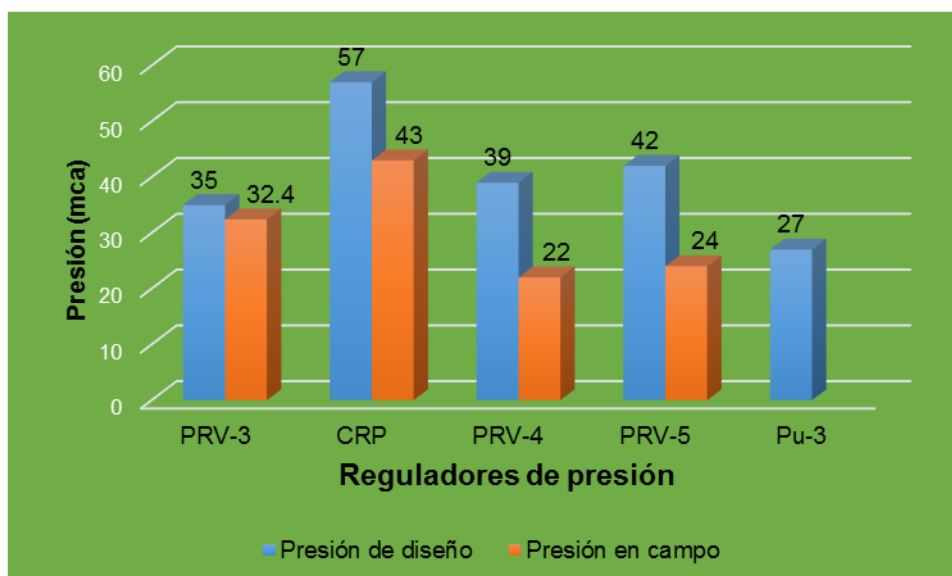


Figura 3.9: Evaluación de presión de diseño y de campo en subunidad cuatro

En la **figura 3.9** se muestra las mismas reguladores de presión de 30 PSI encontrándose presiones en evaluación en campo para PRV-3= 32.4 mca, CRP=43 mca, PRV-4=22 mca y PRV-5=24 mca, frente a las presiones de diseño son menores, quiere decir que la clase de tubería en este tramo están operando dentro de la presión de trabajo como indica Agüero (1997) en la tabla 1.13.

En la **figura 3.10** se muestra la evaluación de presión en toma de hidrantes en funcionamiento de la subunidad de riego nueve en riego por aspersión **VYR 66**.

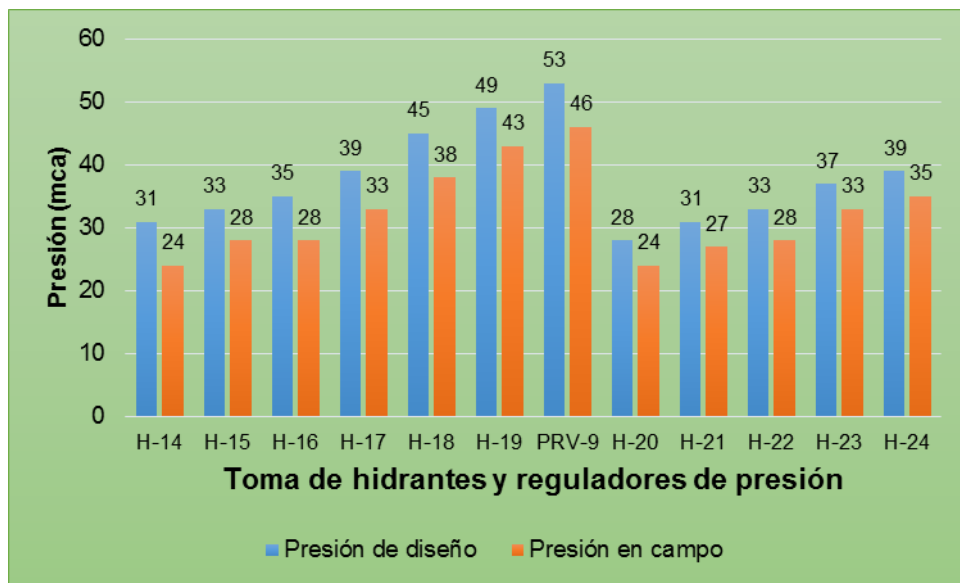


Figura 3.10: Evaluación de presión de diseño y de campo en hidrantes en la subunidad de riego nueve por aspersión con VYR 66

En la **figura 3.10**. Se aprecia reguladores de presión PRV-9 de 40 PSI, el aspersor VYR 66 según catálogo trabaja en las presiones de 28 a 35 mca para el caudal de diseño 1400 l/h, preestablece una presión de 40PSI a la salida sin importar la presión de llegada. Los valores de presión de campo son de barra naranja presiones con que está operando el sistema, por lo tanto el sistema no tendrá problemas con presiones debajo y por encima del que ha sido diseñado.

En la siguiente **figura 3.11**. Se tiene las presiones de evaluación en toma de hidrantes en el sector de riego por aspersión **Xcel Wobbler**.

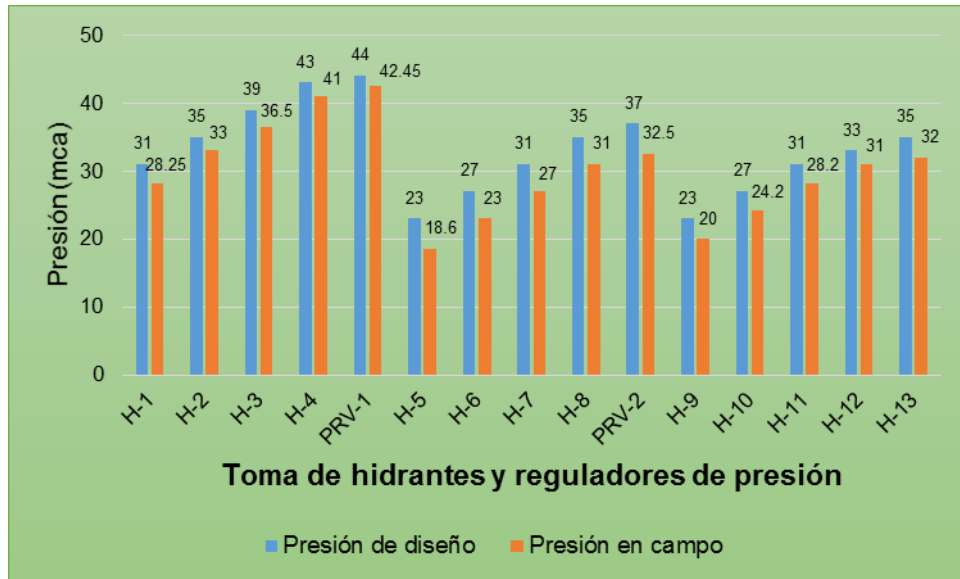


Figura 3.11: Evaluación de presión de diseño y de campo en hidrantes en subunidad de riego 12 por aspersión con Xcel Wobbler

En la **figura 3.11** se aprecia reguladores de presión PRV-1 y PRV-2 de 30 PSI donde en el PRV-1 la presión de diseño a la llegada es de 44 mca y la presión de operación en campo es de 42.45 mca, esta presión de llegada es reducido a presión de 30 PSI equivalente a 21 mca, nuevamente inicia la presión de salida con esta presión, como se observa en el H-5 la presión de diseño es de 23 mca y de campo es de 18.6 mca siendo estas diferencia de presión tomada en el mismo punto es por las pérdidas de carga en los accesorios de hidrantes. Puesto que las presiones se encuentran dentro de presión de operación para cada clase de tubería.

Las presiones en H-2, H-3, H-4, H-5 son muy altos para aspersor de Xcel Wobbler que según catalogo estas operan de 7 a 17.20 mca, necesario instalar un Regulador de presión antes de H-2 así tener presiones no muy altas para este tipo de aspersor.

3.4 Análisis de costos

De acuerdo al segundo objetivo se ha determinado los costos de inversión para cada diseño hidráulico de la red de conducción y distribución mediante el uso de cámara rompe presión, reguladores de presión y mixta.

Primero se ha planteado el diseño hidráulico con la utilización de cámara rompe presión (CRP) tipo 7 con control de nivel, el cual resulta un costo de inversión de S/.184,530.68 soles, como se muestra en la **figura 3.12**.

Obteniéndose 8 cámaras rompe presión tipo 7 con control de nivel, para óptimas condiciones de funcionamiento de los emisores, con lateral semifijo de cobertura total manguera PE de 32 mm C-6 para riego por aspersión y riego por goteo con manguera PE de 16 mm C-4.

El segundo planteamiento consiste el diseño hidráulico con la utilización de reguladores de presión Senninger, para limitar la presión estática (sin flujo) modelo PRXF – LV de 3" tanto la entrada y salida opera con caudal hasta 17 034 l/s, el costo de inversión se de S/. 160,498.94 soles, se tiene en la **figura 3.12**.

Obteniéndose 17 reguladores de presión 3 unidades de 40 PSI y 14 unidades de 30 PSI, para óptimas condiciones de funcionamiento de los emisores, con lateral semifijo de cobertura manguera PE de 32 mm C-6 en el riego por aspersión y riego por goteo con manguera PE de 16 mm C-4.

El tercer planteamiento del diseño hidráulico Mixta, con la utilización de cámara rompe presión y reguladores de presión siendo el costo de inversión de S/. 158,179.80 soles como se observa en la **figura 3.12**.

Reportando una cámara rompe presión tipo 7 con control de nivel y 9 unidades de reguladores de presión, instalados uno de 40 PSI y 8 unidades de 30 PSI con lateral móvil en el riego por aspersión con manguera PE de 32 mm C-6 y riego por goteo con manguera PE de 16 mm C-4, este sistema existente en funcionamiento.

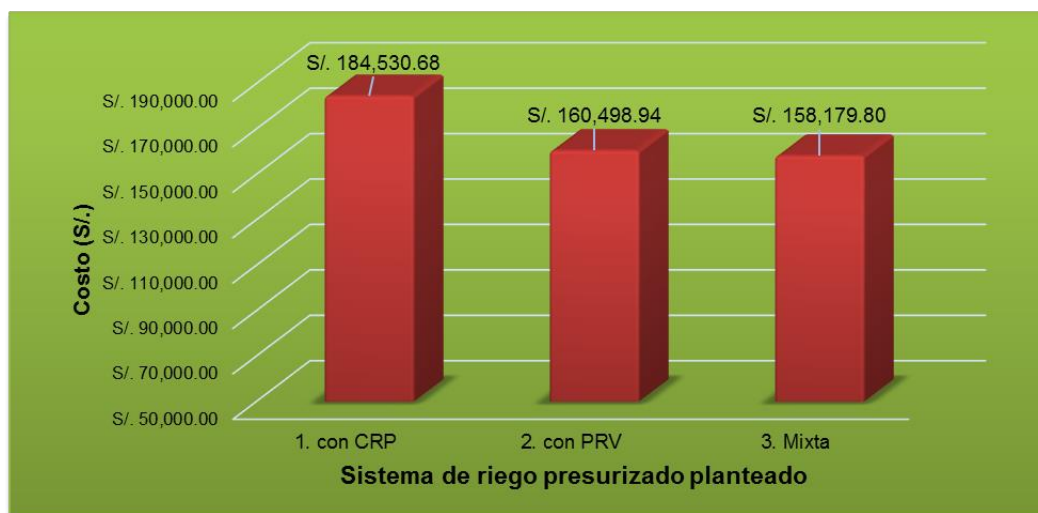


Figura 3.12: Costo de inversión en sistema de riego presurizado

En la **Figura 3.12** se tiene una variación de costos con cámaras rompe presión frente a la utilización de reguladores de presión en S/. 24,031.74 soles, y frente a la tercer diseño hidráulico mixto de S/. 26,350.88 soles.

En la siguiente **figura 3.13** se tiene el costo directo de inversión por hectárea a nivel parcelario.



Figura 3.13: Costo directo de inversión por hectárea a nivel parcelario

El costo directo de inversión a nivel parcelario por hectárea podemos apreciar en la **figura 3.13**, para diseño hidráulico con cámaras rompe presión se tiene de S/. 10, 962.39 soles por hectárea, mientras en el diseño hidráulico con reguladores de presión tiene un costo de inversión por hectárea de S/.9,545.47 soles, así mismo el diseño hidráulico mixta se obtuvo de S/. 9,578.63 soles por hectárea. Siendo estos valores obtenidos guardan relación respecto al parámetro establecido en riego tecnificado según **(R.M N° 0110 – 2016 - MINAGRI)**, de la ley 28585 en el artículo 12 indica la inversión por hectárea para los sistemas de riego tecnificado a nivel de parcela hasta ocho (08) UIT (Unidad Impositiva Tributaria). La UIT=S/. 3,950.0 Soles, quiere decir la inversión por hectárea a nivel parcelario no debe exceder S/. 31,600 soles.

IV. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se arribó son las siguientes:

1. En el sistema de riego presurizado mixto utilizando la cámara rompe presión y reguladores de presión, se obtuvo para riego por aspersión utilizando aspersores VYR 66 un coeficiente de uniformidad de 87% en marco de riego de 14 m entre laterales y 14 m entre emisores. Así mismo para aspersores Xcel Wobbler se obtuvo 93% en marcos de riego de 9 m entre laterales y 9 m entre emisores y para riego por goteo se determinó 83%.
2. Las presiones evaluadas en campo con los reguladores de presión en cada sector evaluado guardan relación con los resultados del diseño hidráulico, es así la presión de operación en los emisores de los aspersores VYR 66, Xcel Wobbler y goteo están operando dentro del parámetro del 20 % de la presión media, así mismo la variación de caudal se encuentra en un 10% del caudal de diseño planteado en el diseño agronómico.
3. Se ha obtenido el costo de inversión para una extensión de 5.12 has, mediante el diseño hidráulico con el uso de cámaras rompe presión se obtuvo de S/.184,530.68 soles, mientras tanto utilizando los reguladores de presión se obtuvo de S/. 160,498.94 soles y en el diseño hidráulico mixta con la utilización de cámaras rompe presión y reguladores de presión se encontró de S/. 158,179.80 soles.

V. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar sistema mixto por tener un comportamiento hidráulico adecuado a las presiones demandas por los emisores de riego y así mismo por el bajo costo de inversión en comparación a los sistemas con cámaras rompe presión.
2. Se recomienda a los beneficiarios de GGE Virgen de Asunción incorporar en el sector de riego por aspersión Xcel Wobbler unos dos reguladores por encontrarse con presiones superiores a 30 mca puesto que según catalogo esta emisor trabaja hasta 17.2 mca, pero con todo las pérdidas que ocurre en los hidrantes, tomar como referencia el segundo diseño hidráulico planteado.
3. Se recomienda en el riego por goteo realizar la regulación de los goteros regulables de manera homogénea de acuerdo catálogo de emisor.
4. Realizar la operación y mantenimiento de los reguladores de presión en cada sector de riego, así mismo se sugiere incorporar la caja de seguridad en los mismos para facilidad la maniobra de estos reguladores.
5. Se recomienda a la Facultad de Ciencias Agrarias a través de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola implementar parcelas de investigación en los sistemas de riego presurizado para contribuir en la investigación del uso eficiente de aplicación del recurso hídrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudelo, L. J y Pino, V. (2012). *Diseño de la red de distribución de un Mini-Distrito de riego para los corregimientos la Palma y tres puertas, Municipio de Restrepo (Valle del Cauca)*. (Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrícola). Universidad del Valle. Santiago de Cali.

Agüero, P. R. (1997). *Agua Potable para poblaciones rurales*. Lima - Perú.

Anten, M y Willet, H. (2000). *Diseño de Pequeños sistemas de riego por aspersión en ladera*. Cajamarca - Perú.

Arango, J. (1998). *Manual de Operación y Mantenimiento para los Sistema de riego en ladera*. Universidad Nacional de Colombia.

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. Food and Agricultural Organization. Rome.

Bartolomé, J y Vega, I. (2005). *Curso de riego para Agricultores, Proyecto de autogestión del agua en la agricultura*. Castilla – La Mancha.

Bob. P. F. (2005). *Las exigencias de irrigación de aguacate*. Departamento de Agricultura, Australia Occidental.

Briceño, M. I; Álvarez, F; Barahona, U. (2012). *Manual de riego y drenaje*. El Zamorano, Honduras. 115p

Burbano, J. (2005). *Presupuesto: enfoque moderno de planeación y control de recursos*. Mc Graw Hill Bogotá. Tercera edición.

Cañamero, K. M; Laguna, Y. T; Helfgott, L. S. *Aplicaciones de Software KGOTEO en el diseño y evaluación de sistema de riego presurizado*.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT (1979). *Semilla de buena*. Guía de estudio Cali - Colombia

Cisneros, A. R. (2003). *Apuntes de la materia de Riego y Drenaje*. (Apuntes de la Materia de Riego y Drenaje). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Coronado, U. D. V. (2010). *Evaluación del sistema de riego por goteo instalado en la Finca Agrícola "Carmen Aurelia Espinoza"*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola). Universidad de los Andes, Trujillo – Venezuela.

Flores, H. A. (2007). *Manejo de agua y fertirriego en aguacate*. (Monografía para obtener título de ingeniero agrónomo en irrigación). Buenavista, Saltillo, Coahuila – México.

Fuentes, Y. J. L. (2003). *Técnicas de Riego*. 4ta Edición revisada y ampliada, Ediciones Mundi - Prensa, Madrid.

Gaete, V. L. (2001). *Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado*. (Trabajo de titulación para optar el título de Ingeniero ejecución mecánico). Universidad de Talca.

Gurovich, L. A. (1985). *Fundamentos y diseño de Sistemas de riego*, Instituto Interamericano de Corporación para la Agricultura- IICA. San José, Costa Rica.

Instituto Nacional de Adecuación de Tierras. INAT (1997). *Manual para la Operación y Mantenimiento de sistemas de riego en pequeña escala*. Sincelejo – Sucre. INAT. p83

Lapo, P. C. M. (2012). *Diseño óptimo de sistemas de riego a presión y su eficiencia hidro – energética aplicación en el caso de Loja*. (Tesis de Master en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente). Universidad Politécnica de Valencia. Ecuador.

Lemus, G; Ferreyra, R; Gil, P; Sepúlveda, P. Maldonado, P; Toledo, C; Barrera, C. y Celedón, J. M. (2010). *El cultivo del palto*, tercera edición. Boletín INIA, 129. Chile.

Macías, M; Vergara, V; Macías, V; Bazurto, M. (2011). *Adaptación e Instalación de un sistema de riego por aspersión, para cultivos comerciales establecidos en la comunidad el milagro del cantón Portoviejo*. (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Técnica de Manabí.

Maldonado, I. I. (2002). *Curso Internacional Manejo de Microcuencia y prácticas conservacionistas de suelo y agua*, días 7 – 8 – 9 mayo 2001. Serie Actas INIA- N° 22, Quilamapu, Chillan – Chile. p 213

Mateo, J. (1961). *Leguminosas de grano*. Primera Edición. Editorial Salvatierra S.A. Madrid. Barcelona - España.

Matta, C. R. (1998). *Instalación, Manejo y Mantenimiento de sistemas de riego presurizado*, Comisión Nacional de Riego y el Departamento de riego y drenaje de la Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad de Concepción, Chillan - Chile.

Medina, S. J. A. (1997). *Riego por goteo*. Ediciones Mundi – Prensa. 4ta edición revisada y ampliada, Madrid.

OPS/CEPIS, (2004). *Organización Panamericana de la Salud, del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima – Perú

Pereira, L. S; Valero, J. A; Picornell, B. M. R; Tarjuelo, M. J. M. (2010). *El Riego y sus Tecnologías*, Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla – La Mancha (DREA – UCLM) Campus universitario s/n 02071 Albacete. España.

Pizarro, C. F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF), goteo, micro aspersión, exudación*. 3ra edición revisada y ampliada Ediciones Mundi – Prensa, Madrid, Barcelona, México.

Programa Subsectorial de Irrigaciones – PSI. (2006). *Guía para la elaboración de Expedientes Técnicos de riego Presurizado. Componente B: Riego Tecnificado*, Lima –Perú.

Programa Subsectorial de Irrigaciones – PSI. (2007). *Manual de Supervisión. Componente B: Riego Tecnificado*. Perú.

Programa Subsectorial de Irrigaciones – PSI. (2015). *Instalación de un sistema de riego tecnificado por goteo para el grupo de gestión empresarial virgen de asunción, distrito de churcampa, provincia churcampa, región Huancavelica*. Perú.

Ramos, S. J. (1998). *Costos y Presupuestos en Edificación*. Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO. Lima – Perú.

Rondón, F. (2001). *Presupuesto teoría y práctica integrad*. Ediciones Fragor. Caracas – Venezuela.

Salas, A. y Pérez, L. (2007). *Open Course Ware*. Universidad de Sevilla. Curso on line: Hidráulica y Riegos

Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías, Abastecimiento de agua, redes, riegos*. Alfa omega Bogotá- Colombia.

Salgado. E. (1990). Manejo del riego. Curso internacional producción, postcosecha y comercialización de paltas. UCV, Viña del Mar, 2-3-4-5 de Octubre. [En línea]. Consultado el 15 de agosto de 2016. Disponible en: http://www.avocadosource.com/Journals/CIVDMCHILE_1990/CIVDMCHILE_1990_PG_10.pdf

SANBASUR, (2003). *Manual de Capacitación a Jass zona Alto Andina N° 3*. Cusco – Perú.

Sánchez, G. P; Ramírez, M. P. (2000). *Fertilización y nutrición del aguacatero*. Edición. Mundi-prensa. México

Snih, M. (2006). *El riego por goteo*. 1ra. Edición. Shifayim – Israel

Tarjuelo, M. J. M. (1999). *El Riego por Aspersión y su Tecnología*, 2da Edición revisada y ampliada. Ediciones Mundi – Prensa, Madrid.

Ulanicki, B & Skworcow, P. (2014). Why PRVs Tends to Oscillate at Low Flows. *Procedia Engineering* 89. US. 378 – 385.

Vásquez, A. (2000), *Manejo de Cuencas Alto andinas*. Tomo 2 – Perú.

Vásquez, A; Vásquez, I; Vílchez, G. (2009). *Principios Básicos del riego*. UNALM – Lima - Perú.

Villablanca, F. A; Villavicencio, P. A. (2010). *Componentes de un Cabezal de Riego presurizado*. Informativo N° 15 Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Gobierno de Chile, INIA URURI, Región de Arica y Parinacota, Chile.

Villón, B. M. (2005). *Diseño de Estructuras Hidráulicas*. Editorial Villón Segunda edición, Lima – Perú.

Voyset, V. O. (1979). *Resultados del IBYAN arbustivo*. Cali - Colombia

Zepeda, S. (1995). *Manual de Instalaciones*, Editorial Limusa S.A. de C: V. México.

Citas electrónicas.

www.seninnger.com, productos para riego de cobertura total

<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29541.pdf>.

(Maldonado I, Isaac (2002).)

http://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_5_Manual_de_Riego_y_Drenaje..pdf (ver de Briceño, Miguel, Álvarez, Francisco, Barahona, Ulises (2012))

http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/Course_listing

Ver Salas et al (2007)

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico

Anexo 2. Planos

- 2.1. Plano topográfico
- 2.2. Plano de tubería (Esquema hidráulico 1)
- 2.3. Plano de tubería (Esquema hidráulico 2)
- 2.4. Plano de tubería (Esquema hidráulico 3)
- 2.5. Plano de cámara rompe presión tipo 7
- 2.6. Plano de reguladores de presión
- 2.7. Plano de arco riego
- 2.8. Plano de toma de hidrantes
- 2.9. Plano de lateral de riego aspersión VYR 66
- 2.10. Plano de lateral de riego aspersión Xcel Wobbler.

Anexo 3. Presupuesto

- 3.1. Presupuesto diseño hidráulico con cámara rompe presión
- 3.2. Presupuesto diseño hidráulico con reguladores de presión
- 3.3. Presupuesto diseño hidráulico mixto

Anexo 4. Diseños y cálculos del proyecto

- 4.1. Evaluación de coeficiente de uniformidad en riego por aspersión
- 4.2. Cálculo de velocidad de infiltración básica (Ib)
- 4.3. Diseño hidráulico mixta

Anexo 5. Datos meteorológicos estación Huanta

- 5.1. Precipitación mensual estación meteorológica Huanta
- 5.2. Temperatura media mensual estación meteorológica Huanta
- 5.3. Humedad relativa media mensual estación meteorológica Huanta

Anexo 6. Análisis de laboratorio

- 6.1. Análisis físico de suelo
- 6.2. Análisis de agua

Anexo 7. Manual de operación y mantenimiento de riego presurizado

Anexo 1.

Panel fotográfico



Foto 1. Realizando nuevo trabajo topográfico desde toma de captación con estación total.



Foto 2. Ubicación de hidrantes con estación total, se observa el prisma tomando lectura.



Foto 3. Ubicación de Cámara rompe presión con estación total, se observa el prisma tomando lectura.



Foto 4. Ubicación de válvula de purga con estación total, se observa el prisma tomando lectura.



Foto 5. Proceso de nivelación de terreno para la prueba de infiltración con cilindro infiltrómetro.



Foto 6. Instalación de cilindro infiltrómetro y el proceso de lectura del descenso de agua como se aprecia en el imagen.



Foto 7. Calicata para la obtención de muestra de suelo.



Foto 8. Calicata donde se observa la profundidad de capa arable que va de 40 a 60cm de profundidad.



Foto 9. Toma de muestras representativas se observa que son homogéneos de calicata a calicata.



Foto 10. El cuarteo de la muestra recolectada representativa de toda el área de riego para ser llevado al laboratorio.



Foto 11. Medición de caudal en el aspersor Xcel Wobbler.



Foto 12. Medición de caudal en el aspersor VYR 66.



Foto 13. Evaluación de presiones dinámicas de funcionamiento en campo en los hidrantes con el uso de manómetro de 6.0 bares.



Foto 14. Evaluación de presiones dinámicas de funcionamiento en reguladoras de presión con el uso de manómetro de 6.0 bares.



Foto 15. Evaluación de presiones dinámicas de funcionamiento en lateral de riego por goteo con el uso de manómetro de 6.0 bares.



Foto 7.1.16. Evaluación de caudal en los emisores de riego por goteo con una taza de 1000 mililitros de volumen.



Foto 17. Evaluación de presión de operación en la subunidad de riego 12 aspersion VYR 66, con manómetro de 6.0 bares.



Foto 18. Evaluación de presión dinámica en funcionamiento de un turno de riego seleccionado en el riego por aspersión Xcel Wobbler, con el uso de manómetro de 6.0 bares.



Foto 19. Evaluación de prueba de uniformidad de riego en un marco de 7 x 7, con total de 49 datos en riego por aspersión VYR 66, medición con probeta de 100 mililitros.



Foto 20. Lectura de lámina de agua en riego por aspersión VYR 66.



Foto 21. Lectura de lámina de agua en riego por aspersión Xcel Wobbler.

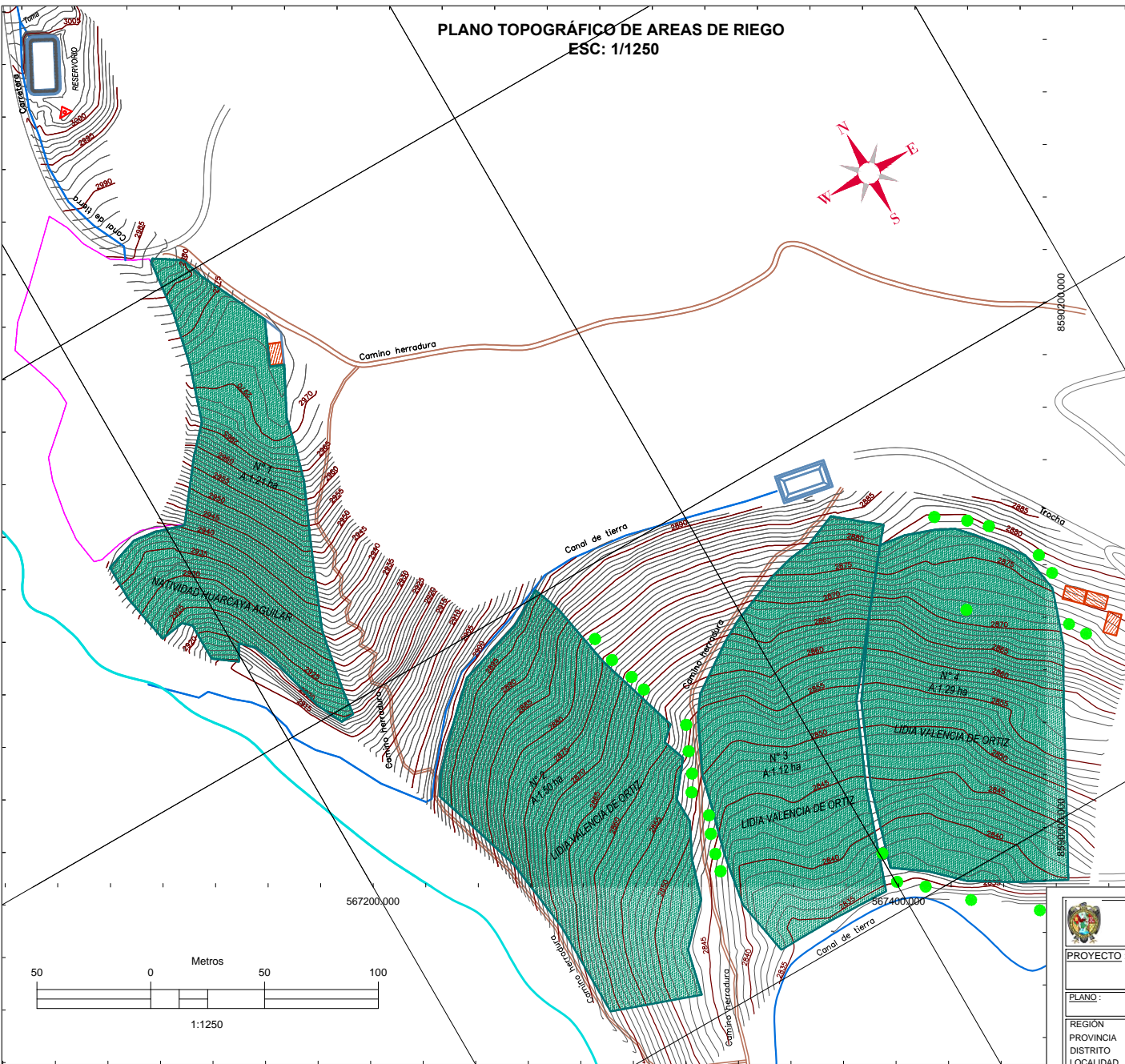
Anexo 2. Planos

- 2.1. Plano topográfico
- 2.2. Plano de tubería (esquema hidráulico 1)
- 2.3. Plano de tubería (esquema hidráulico 2)
- 2.4. Plano de tubería (esquema hidráulico 3)
- 2.5. Plano de Cámara rompe presión tipo 7
- 2.6. Plano de reguladores de presión
- 2.7. Plano de arco riego
- 2.8. Plano Toma de hidrantes
- 2.9. Plano de lateral de riego aspersion VYR 66
- 2.10. Plano de lateral de riego por aspersion Xcel Wobbler

567400.000

567600.000

PLANO TOPOGRÁFICO DE AREAS DE RIEGO ESC: 1/1250



8590400.000

8590200.000

567200.000

567400.000

8590200.000

8590000.000

567200.000

567400.000

LEYENDA

- Reservorio de geomembrana
- Carretera
- Camino herradura
- Parcelas Beneficiadas
- Parcelas no Beneficiadas
- Casas o viviendas
- Canal existente
- Quebrada / río
- Curvas mayores
- Curvas menores
- BMs
- Arboles

GGE VIRGEN DE ASUNCION

N°	DESCRIPCION	Area (ha)
1	NATIVIDAD HUARCAYA AGUILAR	1.21
2	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.50
3	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.12
4	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.29
	TOTAL	5.12



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



PROYECTO : "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCÁVELICA - 2016"

PLANO : TOPOGRÁFICO DE AREAS DE RIEGO

LAMINA : 01

REGIÓN : Huancavelica
PROVINCIA : Churcampa
DISTRITO : Churcampa
LOCALIDAD : Pichcay

ASESOR : Ing. Herbert Nuñez Alfaro
DISEÑO : Bach. Martín Allicahuamán Matías
DIBUJO : Bach. Martín Allicahuamán Matías

PT-01

ESCALA : 1/1250

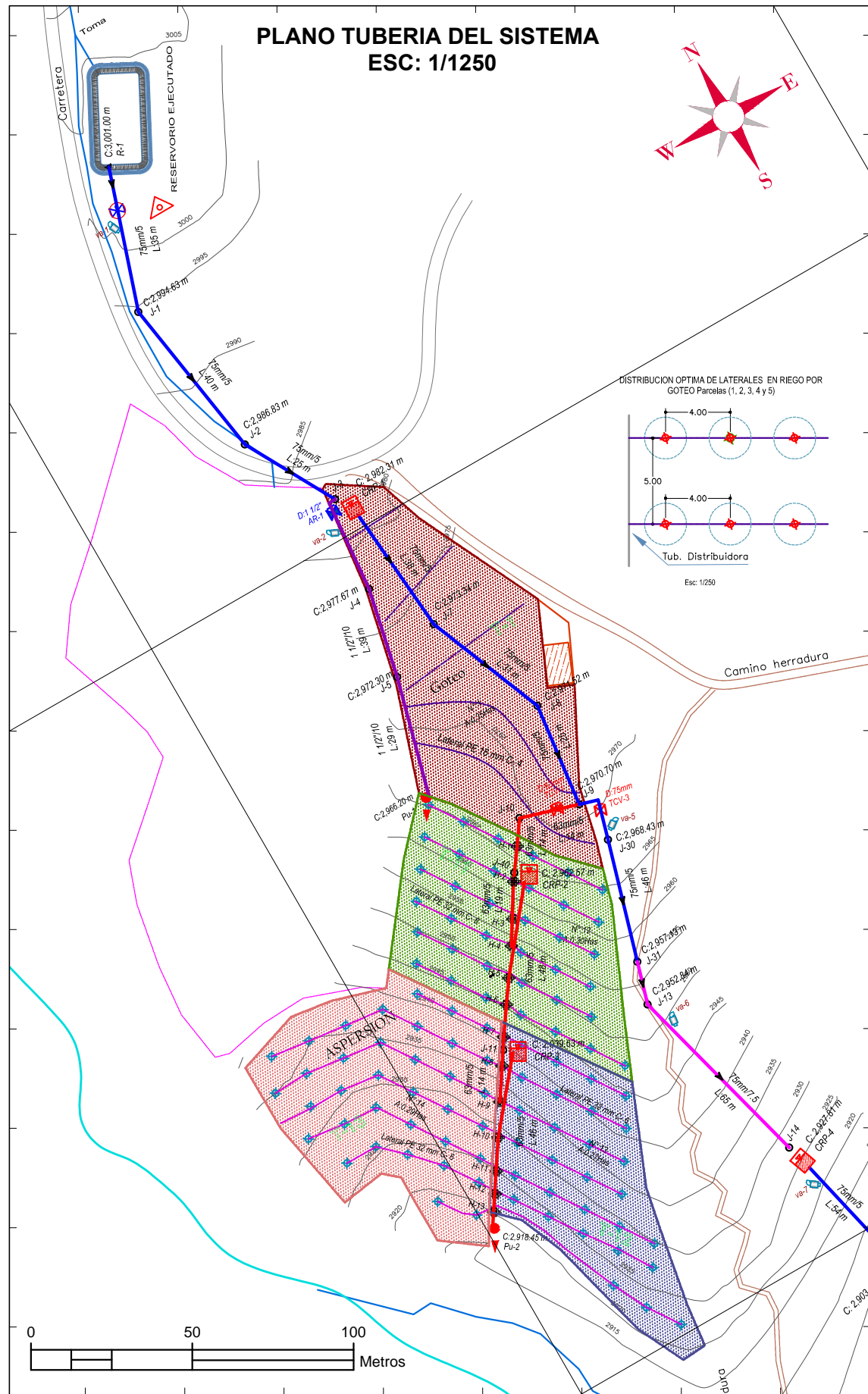
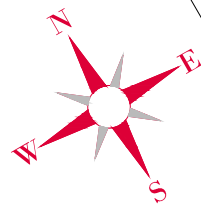
FECHA : Junio - 2016

DIBUJO : Bach. Martín Allicahuamán Matías

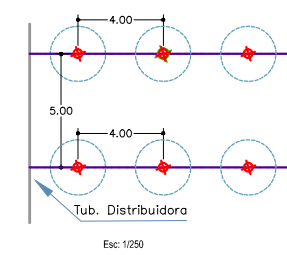
COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L

567400.000

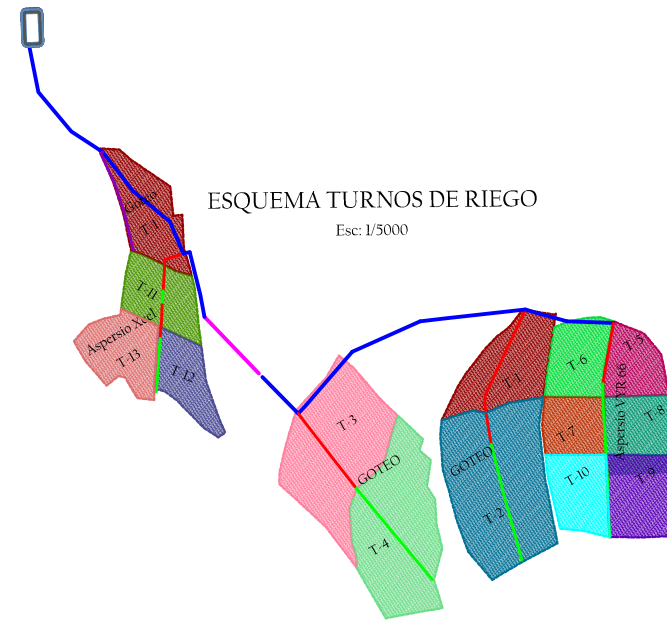
**PLANO TUBERIA DEL SISTEMA
ESC: 1/1250**



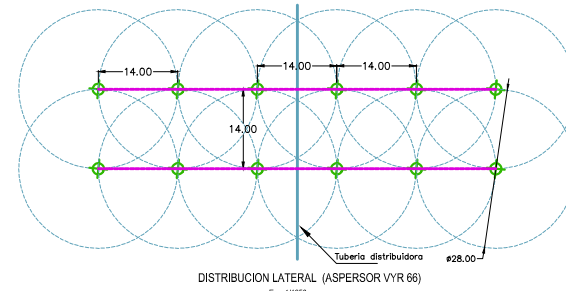
DISTRIBUCION OPTIMA DE LATERALES EN RIEGO POR GOTEO Parcelas (1, 2, 3, 4 y 5)



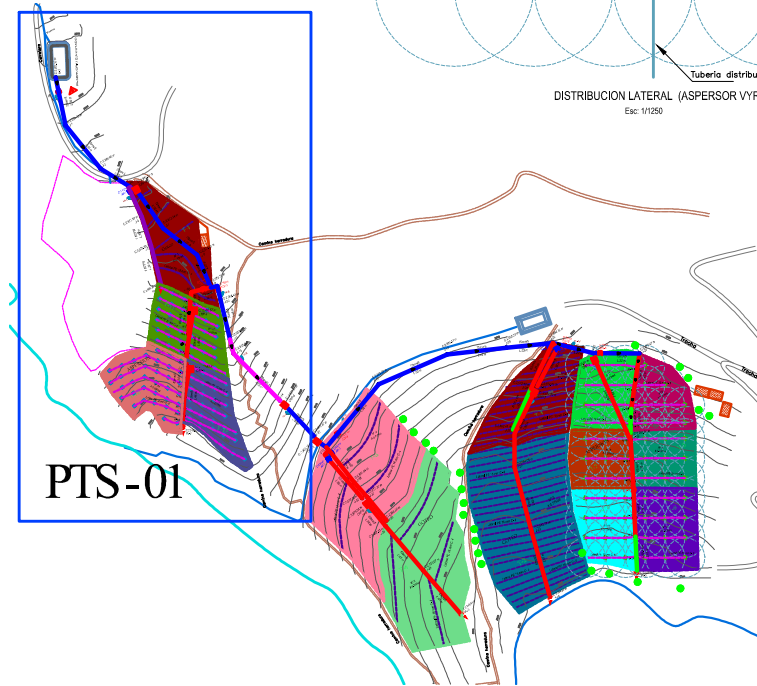
ESQUEMA TURNOS DE RIEGO
Esc: 1/5000



DISTRIBUCION OPTIMA DE HIDRANTES Y LATERALES RIEGO POR ASPERSION (Parcelas de 6 a 11)

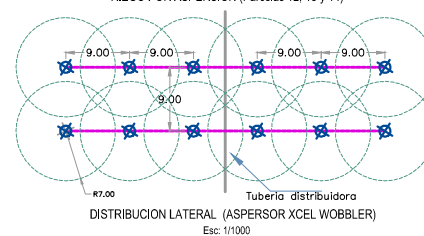


DISTRIBUCION LATERAL (ASPERSOR VYR 66)
Esc: 1/250



PTS-01

DISTRIBUCION OPTIMA DE HIDRANTES Y LATERALES RIEGO POR ASPERSION (Parcelas 12, 13 y 14)



LEYENDA

	Tubo PVC 75mm C-7.5 UF		Cabezal Riego
	Tubo PVC 75mm C-5 UF		Válvula de aire 1"
	Tubo PVC 63mm C-7.5 UF		Arcos de Riego
	Tubo PVC 63mm C-5 UF		Lat.mang. HDPE 1" C-6
	Tubo PVC 1 1/2" sp C-10		Lat.mang. HDPE 16mm C-4
	CRP-Cámara Rompe Presión		Aspersor Xcel Wobbler
	h.Toma Hidrante una salida		Aspersor VYR 66
	H.Toma Hidrante dos Salidas		Goterros
	Válvula de Control en reservorio		PU: Válvula de purga
	TCV:Valv. Control en el Sistema		Dados de Concreto
	PRV: Reguladora de presión		Viviendas
	Reservorio		Camino de Herradura
	Canal de riego existente		Carretera
	BMs		Curvas mayores
	T-1 Turnos de Riego		Curvas menores
			Parcelas Atendidas
			Parcelas No Atendidas

GGE VIRGEN DE ASUNCION

N°	DESCRIPCION	Area (ha)
1	NATIVIDAD HUARCAYA AGUILAR	1.21
2	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.50
3	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.12
4	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.29
	Total	5.12

CUADRO DE TURNOS DE RIEGO POR TIPO DE RIEGO

Tipo de Riego	Turno	Lote N°	Area (has)	Beneficiario
Riego por Goteo	T-1	1	0.35	Natividad Huarcaya
		2	0.35	Lidia Valencia
	T-2	3	0.77	Lidia Valencia
	T-3	4	0.75	Lidia Valencia
	T-4	5	0.75	Lidia Valencia
Area total goteo			2.97	
Riego por aspersión VYR 66	T-5	6	0.2	Lidia Valencia
	T-6	7	0.23	Lidia Valencia
	T-7	8	0.2	Lidia Valencia
	T-8	9	0.2	Lidia Valencia
	T-9	10	0.23	Lidia Valencia
	T-10	11	0.23	Lidia Valencia
Area total aspersión VYR66			1.29	
Riego por aspersión Xcel Wobbler	T-11	12	0.28	Natividad Huarcaya
	T-12	13	0.29	Natividad Huarcaya
	T-13	14	0.29	Natividad Huarcaya
Area total aspersión Xcel W			0.86	

Fuente: El Autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMP - HUANCAMELICA - 2016"

PLANO: TUBERÍA DEL SISTEMA CON CÁMARA ROMPEPRESIÓN (1)

LAMINA: 02

REGIÓN: Huancavelica
PROVINCIA: Churcampa
DISTRITO: Churcampa
LOCALIDAD: Pichcay

ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro
DISEÑO: Bach. Martín Alliccahuamán Matías
DIBUJO: Bach. Martín Alliccahuamán Matías

ESCALA: 1/1250
FECHA: Junio - 2016

COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L

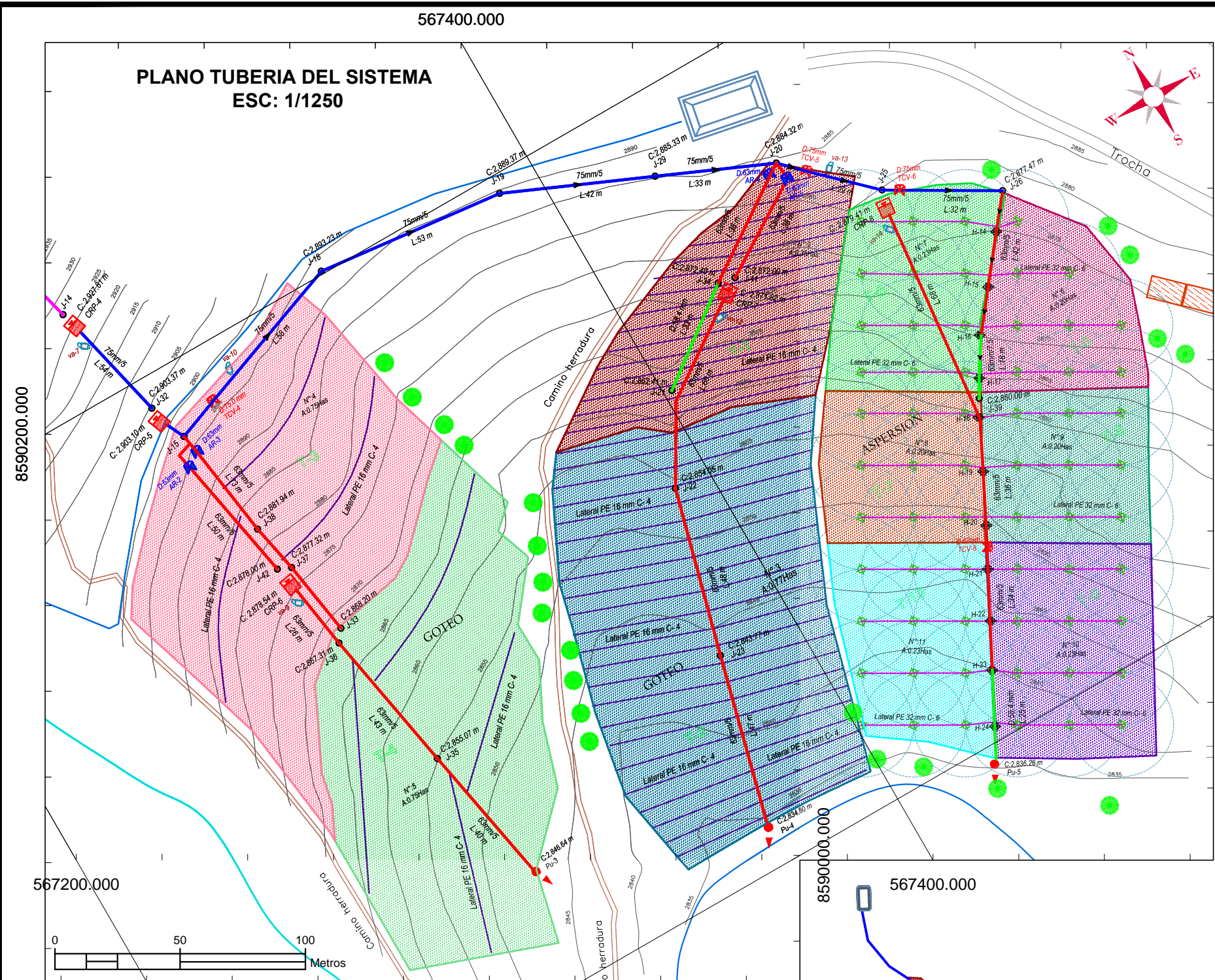
PTS-01

8590400.000

8590400.000

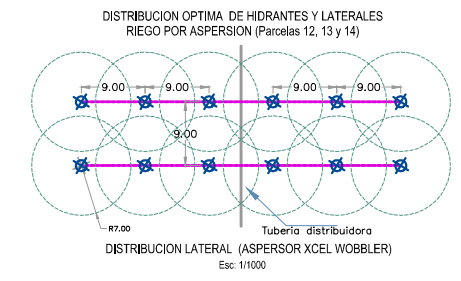
8590200.000

567200.000



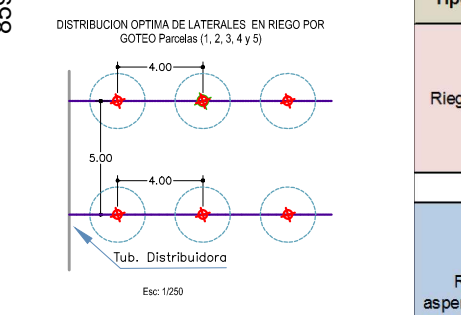
LEYENDA

	Tubo PVC 75mm C-7.5 UF		Cabezal Riego
	Tubo PVC 75mm C-5 UF		Válvula de aire 1"
	Tubo PVC 63mm C-7.5 UF		Arcos de Riego
	Tubo PVC 63mm C-5 UF		Lat.mang. HDPE 1" C-6
	Tubo PVC 1 1/2" sp C-10		Lat.mang. HDPE 16mm C-4
	CRP: Cámara Rompe Presión		Aspersor Xcel Wobblers
	h:Toma Hidrante una salida		Aspersor VYR 66
	H:Toma Hidrante dos Salidas		Goteros
	Válvula de Control en reservorio		PU: Válvula de purga
	TCV:Valv. Control en el Sistema		Dados de Concreto
	PRV: Reguladora de presión		Viviendas
	Reservorio		Camino de Herradura
	Canal de riego existente		Carretera
	BMs		Curvas mayores
	Turnos de Riego		Curvas menores
			Parcelas Atendidas
			Parcelas No Atendidas



GGE VIRGEN DE ASUNCION

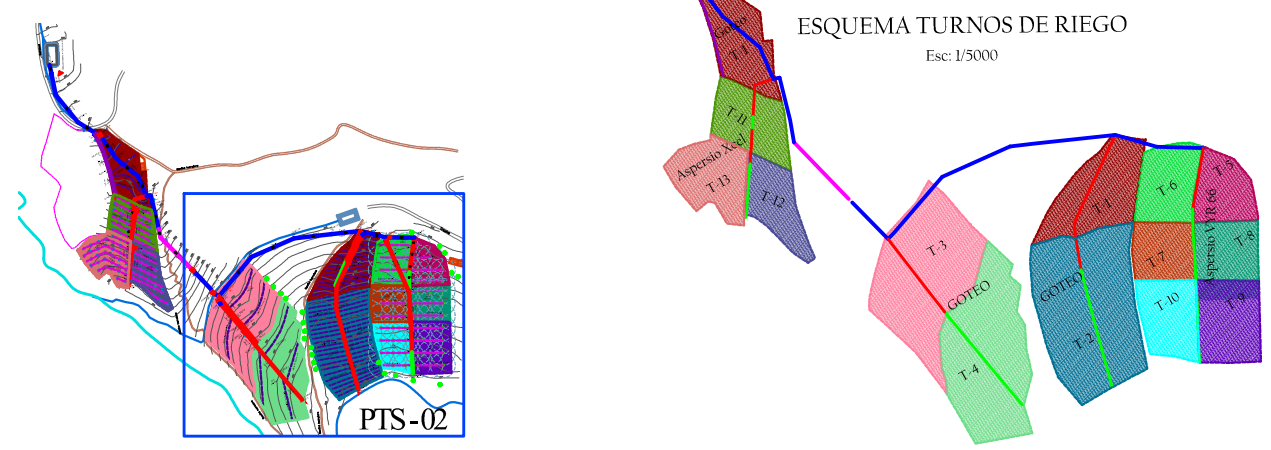
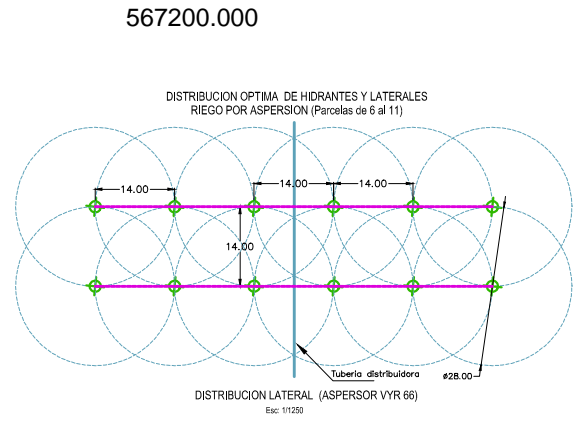
N°	DESCRIPCION	Area (ha)
1	NATIVIDAD HUARCAYA AGUILAR	1.21
2	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.50
3	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.12
4	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.29
	Total	5.12



CUADRO DE TURNOS DE RIEGO POR TIPO DE RIEGO

Tipo de Riego	Turno	Lote N°	Area (has)	Beneficiario
Riego por Goteo	T-1	1	0.35	Natividad Huarcaya
		2	0.35	Lidia Valencia
	T-2	3	0.77	Lidia Valencia
	T-3	4	0.75	Lidia Valencia
	T-4	5	0.75	Lidia Valencia
Area total goteo			2.97	
Riego por aspersión VYR 66	T-5	6	0.2	Lidia Valencia
	T-6	7	0.23	Lidia Valencia
	T-7	8	0.2	Lidia Valencia
	T-8	9	0.2	Lidia Valencia
	T-9	10	0.23	Lidia Valencia
	T-10	11	0.23	Lidia Valencia
Area total aspersión VYR66			1.29	
Riego por aspersión Xcel Wobblers	T-11	12	0.28	Natividad Huarcaya
	T-12	13	0.29	Natividad Huarcaya
	T-13	14	0.29	Natividad Huarcaya
Area total aspersión Xcel W			0.86	

Fuente: El Autor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCAMELICA - 2016"

PLANO: TUBERÍA DEL SISTEMA CON CÁMARA ROMPEPRESIÓN (1)

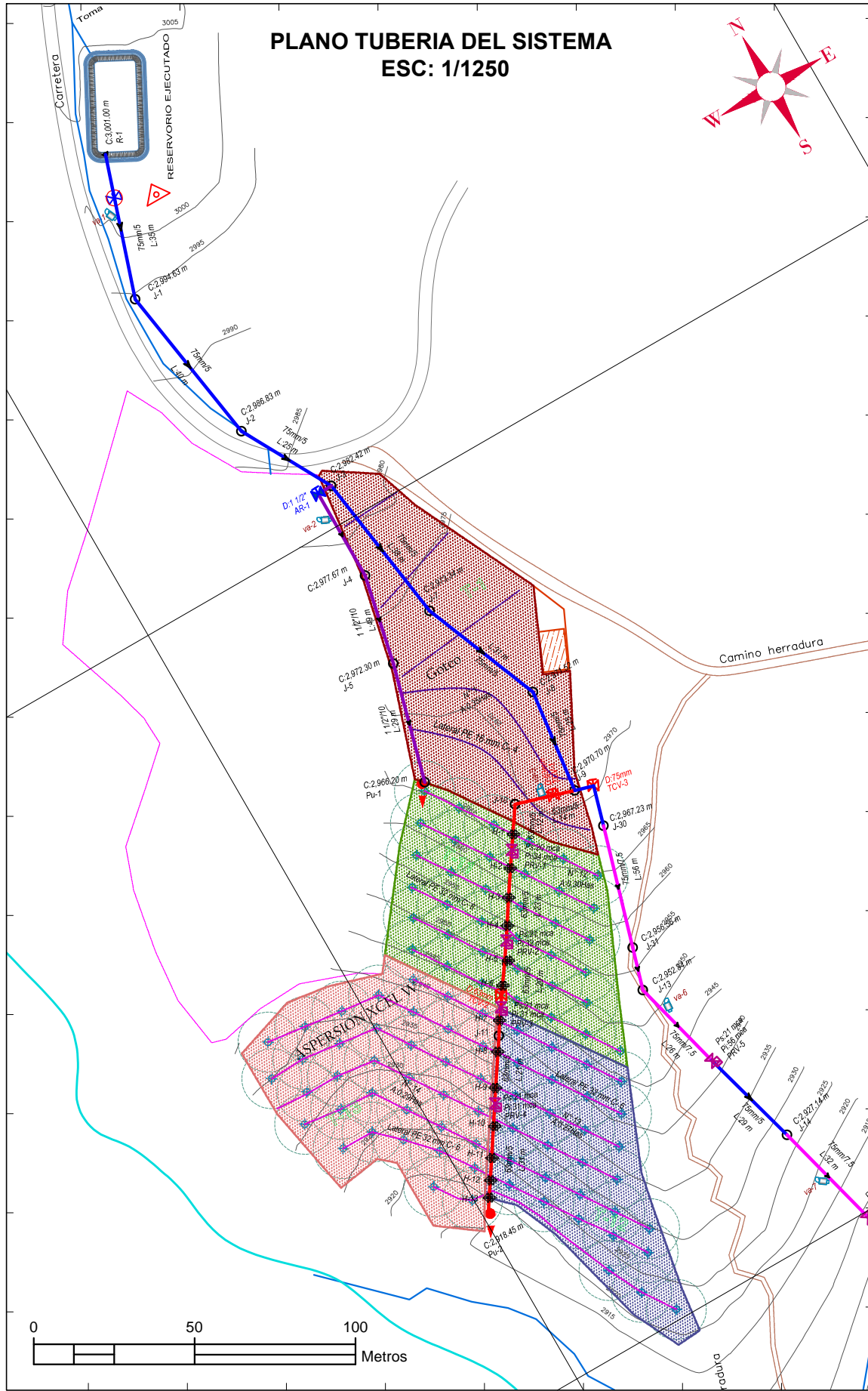
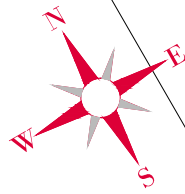
LAMINA: 02.1

REGIÓN : Huancavelica	ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro	PTS-02
PROVINCIA : Churcampa	DISEÑO: Bach. Martín Alliccahuamán Matías	
DISTRITO : Churcampa	DIBUJO: Bach. Martín Alliccahuamán Matías	
LOCALIDAD : Pichcay		

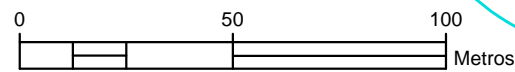
ESCALA: 1/1250 FECHA: Junio - 2016 COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L

567400.000

**PLANO TUBERIA DEL SISTEMA
ESC: 1/1250**



8590400.000

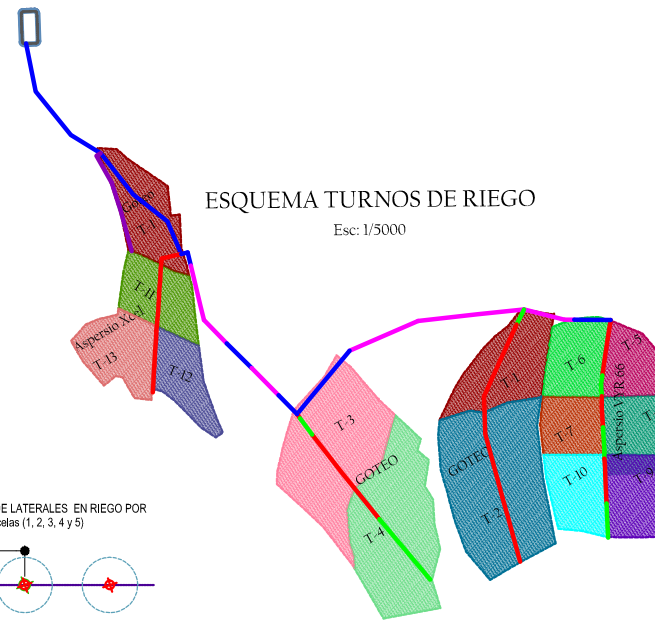


567200.000

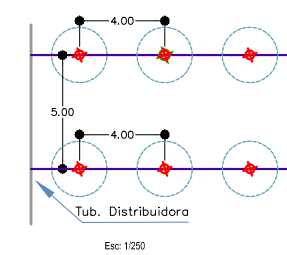
8590400.000

8590200.000

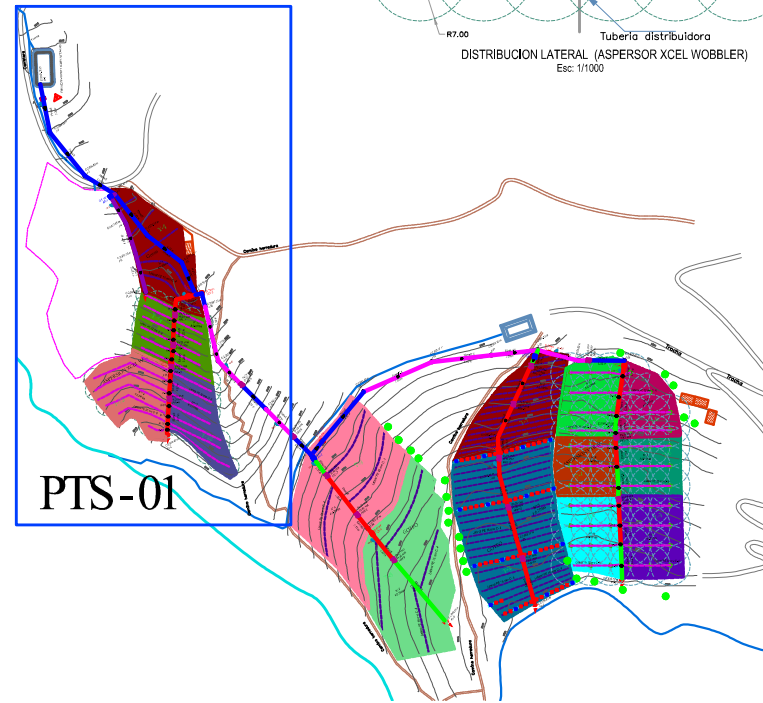
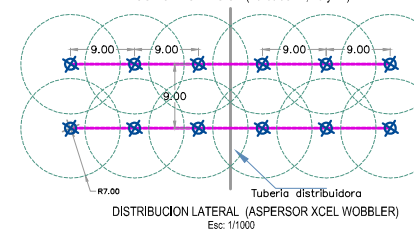
ESQUEMA TURNOS DE RIEGO
Esc: 1/5000



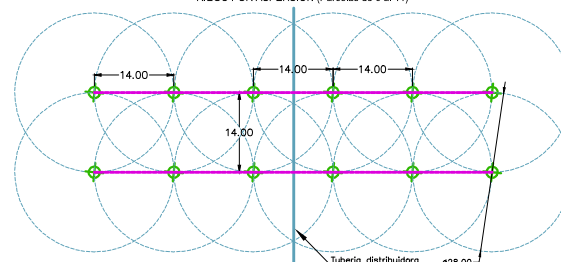
DISTRIBUCION OPTIMA DE LATERALES EN RIEGO POR GOTEO Parcelas (1, 2, 3, 4 y 5)



DISTRIBUCION OPTIMA DE HIDRANTES Y LATERALES RIEGO POR ASPERSION (Parcelas 12, 13 y 14)



DISTRIBUCION OPTIMA DE HIDRANTES Y LATERALES RIEGO POR ASPERSION (Parcelas de 6 al 11)



LEYENDA			
	Tubo PVC 75mm C-7.5 UF		Cabezal Riego
	Tubo PVC 75mm C-5 UF		Válvula de aire 1"
	Tubo PVC 63mm C-7.5 UF		Arcos de Riego
	Tubo PVC 63mm C-5 UF		Lat.mang. HDPE 1" C-6
	Tubo PVC 1 1/2" sp C-10		Aspersor Xcel Wobbler
	CRP: Cámara Rompe Presión		Aspersor VYR 66
	h:Toma Hidrante una salida		Gotosos
	H:Toma Hidrante dos Salidas		PU: Válvula de purga
	Válvula de Control en reservorio		Dados de Concreto
	TCV:Valv. Control en el Sistema		Viviendas
	PRV: Reguladora de presión		Camino de Herradura
	Reservorio		Carretera
	Canal de riego existente		Curvas mayores
	BMs		Curvas menores
	T-T		Parcelas Atendidas
			Parcelas No Atendidas

GGE VIRGEN DE ASUNCION		
N°	DESCRIPCION	Area (ha)
1	NATIVIDAD HUARCAYA AGUILAR	1.21
2	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.50
3	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.12
4	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.29
		5.12

CUADRO DE TURNOS DE RIEGO POR TIPO DE RIEGO				
Tipo de Riego	Turno	Lote N°	Area (has)	Beneficiario
Riego por Goteo	T-1	1	0.35	Natividad Huarcaya
		2	0.35	Lidia Valencia
	T-2	3	0.77	Lidia Valencia
	T-3	4	0.75	Lidia Valencia
	T-4	5	0.75	Lidia Valencia
Area total goteo			2.97	
Riego por aspersión VYR 66	T-5	6	0.2	Lidia Valencia
	T-6	7	0.23	Lidia Valencia
	T-7	8	0.2	Lidia Valencia
	T-8	9	0.2	Lidia Valencia
	T-9	10	0.23	Lidia Valencia
	T-10	11	0.23	Lidia Valencia
Area total aspersión VYR66			1.29	
Riego por aspersión Xcel Wobbler	T-11	12	0.28	Natividad Huarcaya
	T-12	13	0.29	Natividad Huarcaya
	T-13	14	0.29	Natividad Huarcaya
Area total aspersión Xcel W			0.86	

Fuente: El Autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMP - HUANCAMELICA - 2016"

PLANO: TUBERIA DEL SISTEMA CON REGULADORES DE PRESIÓN (2)

REGION: Huancavelica **ASESOR:** Ing. Herbert Nuñez Alfaro

PROVINCIA: Churcampa **DISEÑO:** Bach. Martín Alliccahuamán Matías

DISTRITO: Churcampa **DIBUJO:** Bach. Martín Alliccahuamán Matías

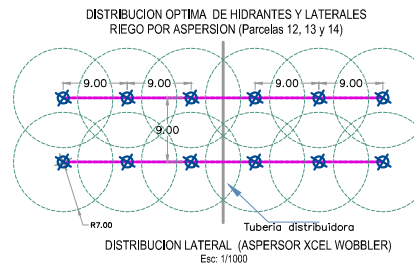
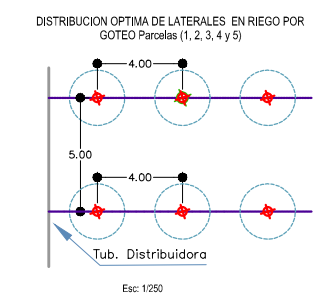
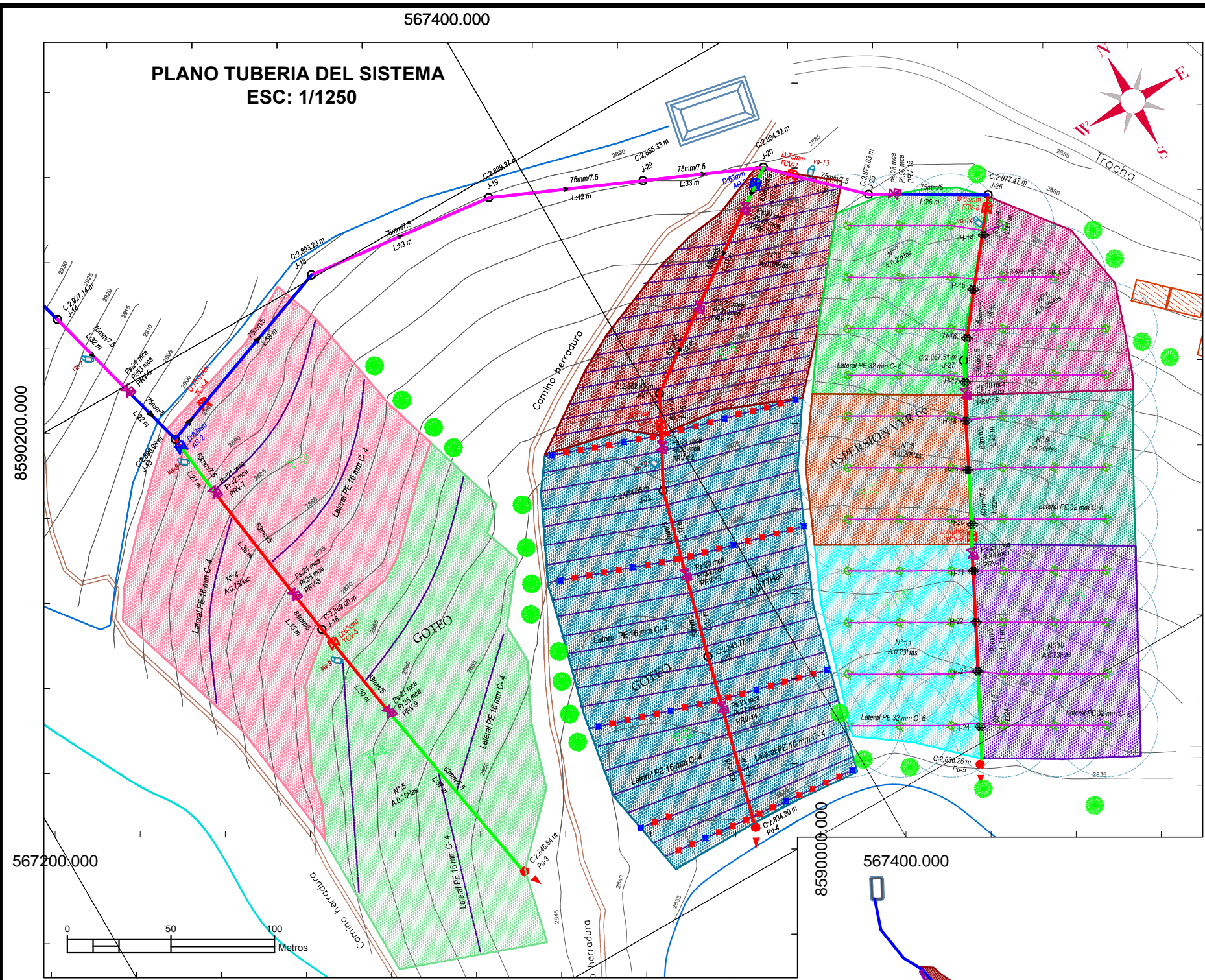
LOCALIDAD: Pichcay

ESCALA: 1/1250 **FECHA:** Junio - 2016

LAMINA : 03

PTS-01

COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L



LEYENDA

	Tubo PVC 75mm C-7.5 UF		Cabezal Riego
	Tubo PVC 75mm C-5 UF		Válvula de aire 1"
	Tubo PVC 63mm C-7.5 UF		Arcos de Riego
	Tubo PVC 63mm C-5 UF		Lat.mang. HDPE 1" C-6
	Tubo PVC 1 1/2" sp C-10		Lat.mang. HDPE 16mm C-4
	CRP-Cámara Rompe Presión		Aspersor Xcel Wobbler
	h.Toma Hidrante una salida		Aspersor VYR 66
	H.Toma Hidrante dos Salidas		Gotosos
	Válvula de Control en reservorio		PU: Válvula de purga
	TCV:Valv. Control en el Sistema		Dados de Concreto
	PRV: Reguladora de presión		Viviendas
	Reservorio		Camino de Herradura
	Canal de riego existente		Carretera
	BMs		Curvas mayores
	Turnos de Riego		Parcelas Atendidas
			Parcelas No Atendidas

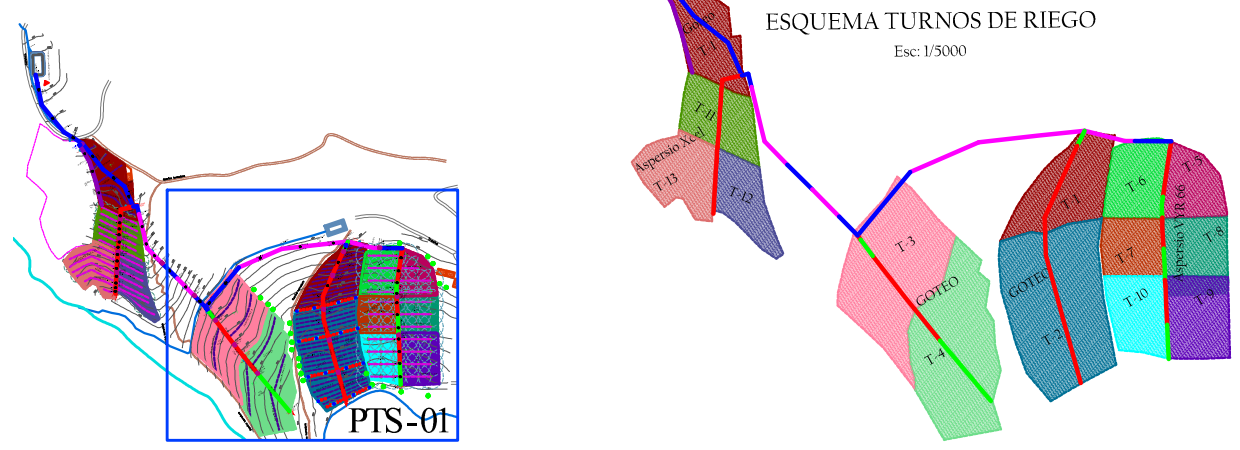
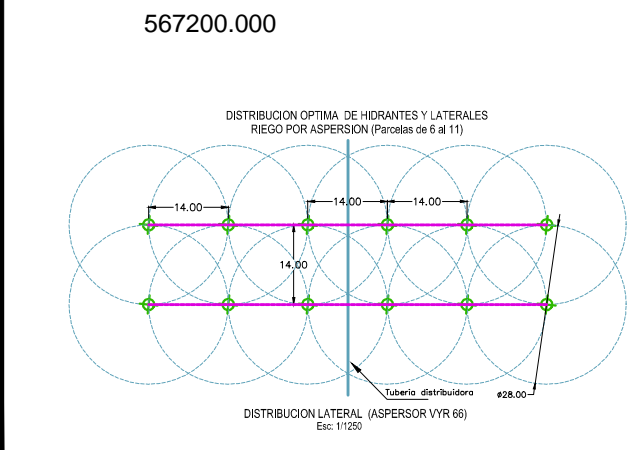
GGE VIRGEN DE ASUNCION

N°	DESCRIPCION	Area (ha)
1	NATIVIDAD HUARCAYA AGUILAR	1.21
2	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.50
3	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.12
4	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.29
	Total	5.12

CUADRO DE TURNOS DE RIEGO POR TIPO DE RIEGO

Tipo de Riego	Turno	Lote N°	Area (has)	Beneficiario
Riego por Goteo	T-1	1	0.35	Natvidad Huarcaya
	T-2	2	0.35	Lidia Valencia
	T-3	3	0.77	Lidia Valencia
	T-4	4	0.75	Lidia Valencia
	T-5	5	0.75	Lidia Valencia
Area total goteo				2.97
Riego por aspersión VYR 66	T-6	6	0.2	Lidia Valencia
	T-7	7	0.23	Lidia Valencia
	T-8	8	0.2	Lidia Valencia
	T-9	10	0.23	Lidia Valencia
	T-10	11	0.23	Lidia Valencia
Area total aspersión VYR66				1.29
Riego por aspersión Xcel Wobler	T-11	12	0.28	Natvidad Huarcaya
	T-12	13	0.29	Natvidad Huarcaya
	T-13	14	0.29	Natvidad Huarcaya
Area total aspersión Xcel W				0.86

Fuente: El Autor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMP - HUANCAMELICA - 2016"

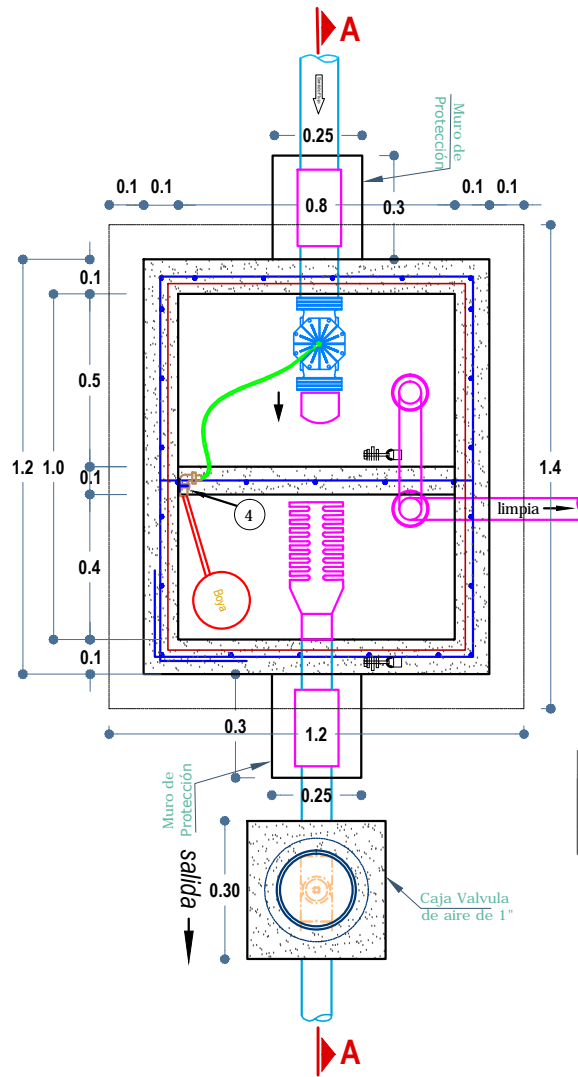
PLANO: TUBERIA DEL SISTEMA CON REGULADORES DE PRESIÓN (2) LAMINA: 03.1

REGIÓN: Huancavelica ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro
 PROVINCIA: Churcampa DISEÑO: Bach. Martín Alliccahuamán Matías
 DISTRITO: Churcampa DIBUJO: Bach. Martín Alliccahuamán Matías
 LOCALIDAD: Pichcay ESCALA: 1/1250 FECHA: Junio - 2016

PTS-01

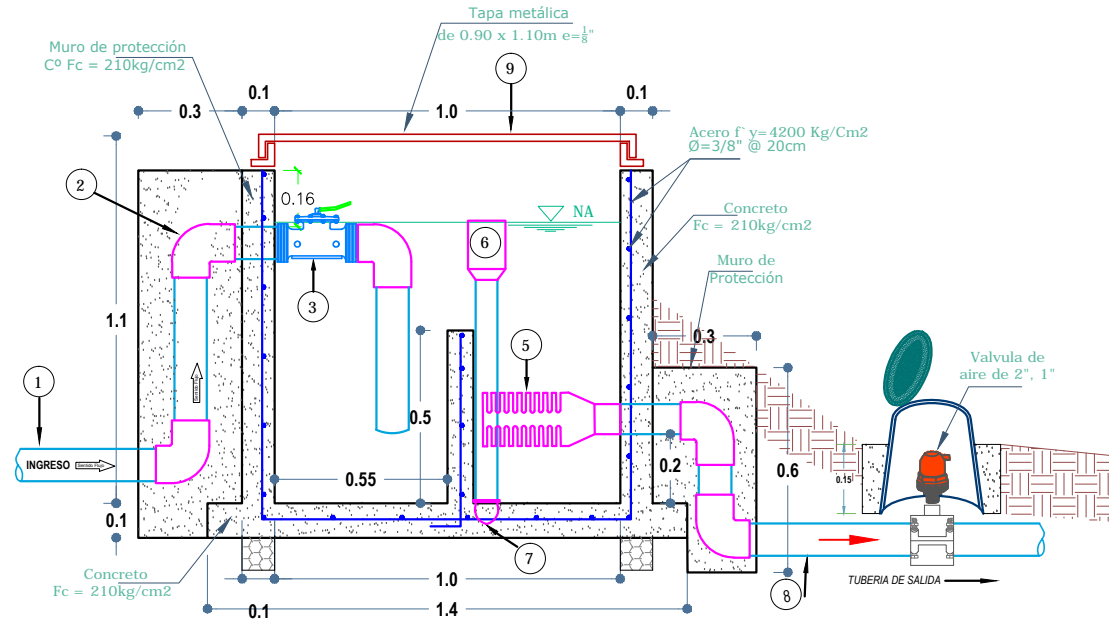
COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L

CAMARA ROMPEPRESION TIPO 7



VISTA EN PLANTA

ESC: 1/20



PERFIL CORTE A-A

ESC: 1/20

Nº	DESCRIPCION VALVULA DE AIRE
1	COLLARIN DE 110, 90, 63MM(2",1") R/H
2	VALVULA DE AIRE 2",1" MOD-D-040 R/M
3	Cono de HDPE incluido tapa de 0.22x0.14x0.20m

Nº	ACCESORIOS EN CRP TIPO 7
1	Tubería de llagada de DN. 110, 90, 75, 63 mm
2	Codo 90° PVC sp de DN. 110, 90, 75, 63 mm
3	Válvula hidráulica con control de nivel ø 3", 2"
4	Boya de 2"
5	Canastilla de PVC DN. de 160 a 110, 110 a 90, 63mm
6	Reducción PVC SP de DN. 110 a 90mm, 90 a 63mm
7	Tubería de limpia PVC de DN. 90, 63 mm
8	Tubería de salida de DN. 110, 90, 75, 63 mm
9	Tapa metálica F°G° de 0.90x1.10m e=1/8"

ESPECIFICACIONES TECNICAS

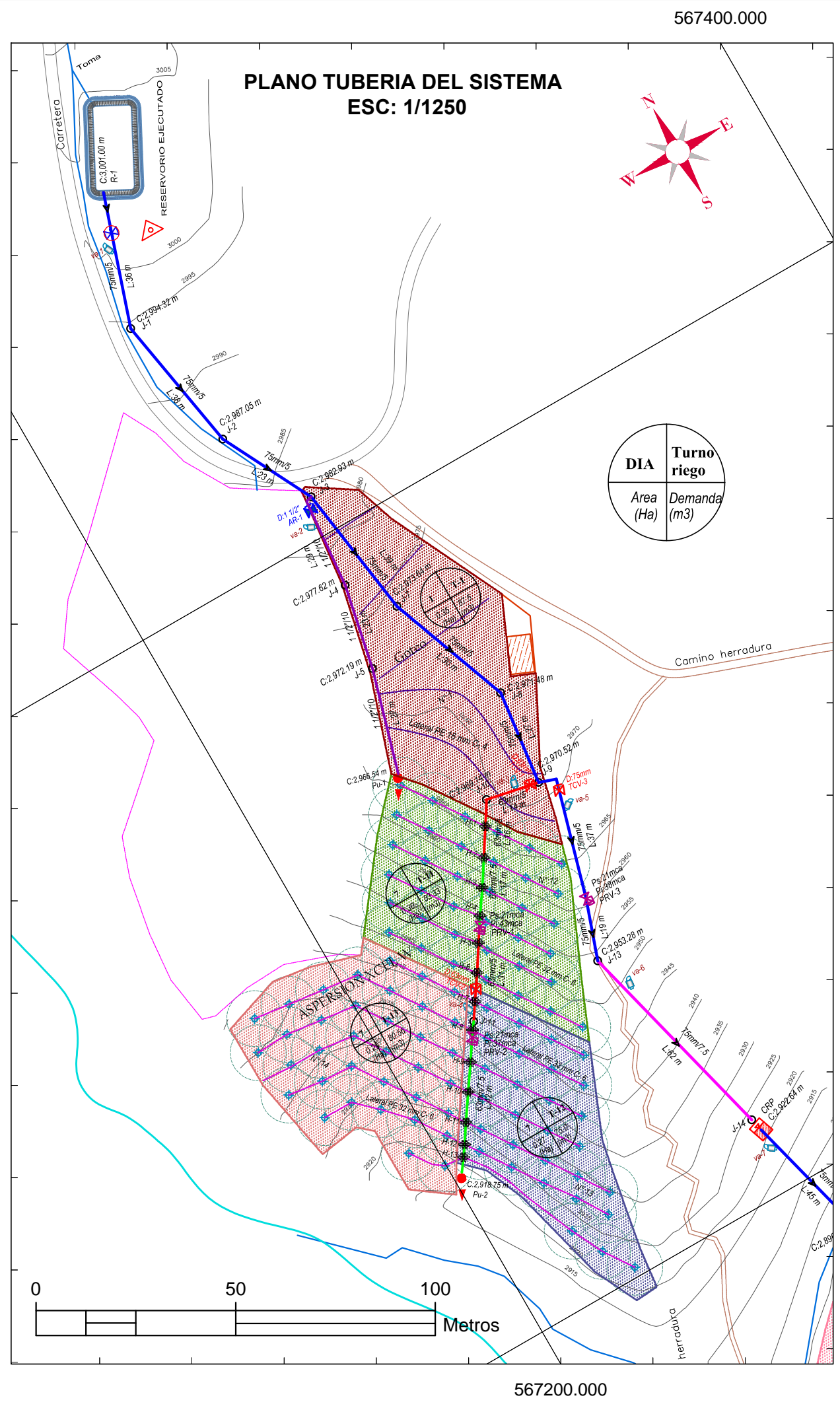
CONCRETO : Caja de derivación, pozo decantadora, caja valvula control, cja de hidrantes, caja de purga, aire. usar concreto $F_c=175\text{kg/cm}^2$ proporción: 1:2:3
 Cámara de carga, CRP, reservorios, desarenador usar $C' f_c=210\text{kg/cm}^2$.
 AGREGADO GRUESO=ø 3/8"; ARENA GRUESA LIMPIA Y SELECTA
 AGUA 22 Lts./bis. de cemento.
 ACERO : $f_y=4200\text{ Kg/cm}^2$. - $f_s=1685\text{ Kg/cm}^2$. Utilizar alambrcn de $\phi=1/4"$ En la Tapa
 ADITIVOS : SE USARA SEGUN NORMAS DEL FABRICANTE TIPO "SIKA"
 DESENCOFRADO: A LOS 07 DIAS DEL VACEADO
 CURADO : AGUA CEMENTO POR UNA SEMANA
 OTROS : SE PERMITE EL USO DE CAJAS Y APOYOS PRE FABRICADOS SUJETO A LAS ESPECIFICACIONES DEL PRESENTE PROYECTO
 TUBERIA Y ACCESORIOS: Tubería y accesorios PVC deben cumplir NTP 1452, NTP 399.002 para fluidos a presión



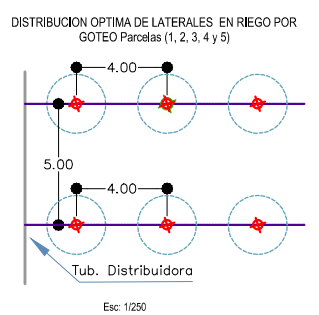
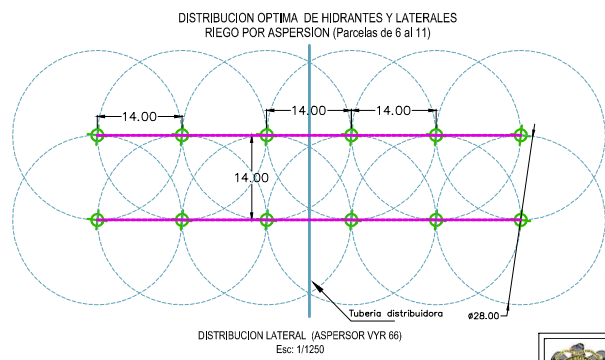
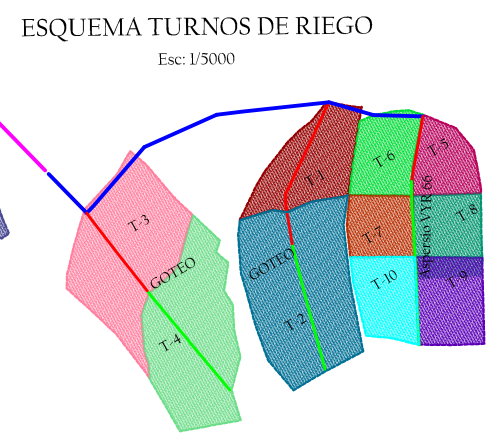
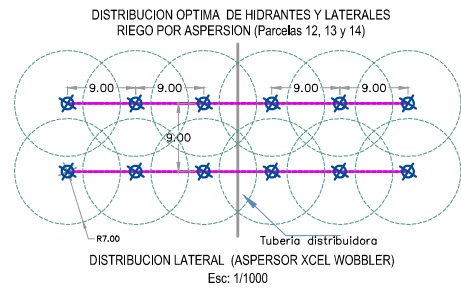
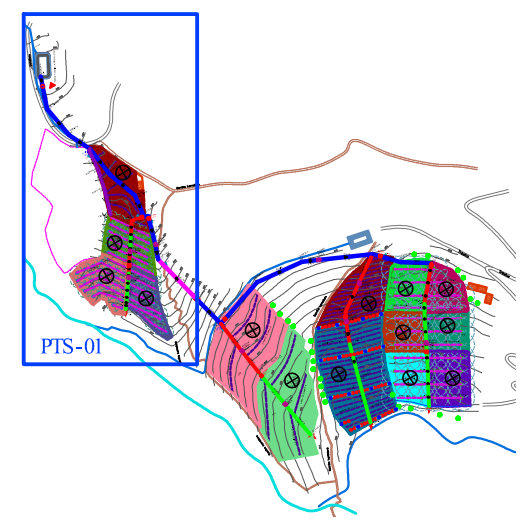
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



PROYECTO :		"COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMP - HUANCVELICA - 2016"	
PLANO :		CÁMARA ROMPEPRESIÓN TIPO 7	
REGIÓN :		Huancavelica	
PROVINCIA :		Churcampa	
DISTRITO :		Churcampa	
LOCALIDAD :		Pichcay	
ESCALA:	INDICADA	FECHA:	Junio - 2016
ASESOR:		Ing. Herbert Nuñez Alfaro	
DISEÑO:		Bach. Martín Allcahuamán Matías	
DIBUJO:		Bach. Martín Allcahuamán Matías	
LAMINA :		05	
COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L		OA-01	



DIA	Turno riego
Area (Ha)	Demanda (m3)



LEYENDA

	Tubo PVC 75mm C-7.5 UF		Cabezal Riego
	Tubo PVC 75mm C-5 UF		Válvula de aire 1"
	Tubo PVC 63mm C-7.5 UF		Arcos de Riego
	Tubo PVC 63mm C-5 UF		Lat.mang. HDPE 1" C-6
	Tubo PVC 1 1/2" sp C-10		Lat.mang. HDPE 16mm C-4
	CRP: Cámara Rompe Presión		Aspersor Xcel Wobbler
	h: Toma Hidrante una salida		Aspersor VYR 66
	H: Toma Hidrante dos Salidas		Gotosos
	Válvula de Control en reservorio		PU: Válvula de purga
	TCV: Válv. Control en el Sistema		Dados de Concreto
	PRV: Reguladora de presión		Viviendas
	Reservorio		Camino de Herradura
	Canal de riego existente		Carretera
	BMs		Curvas mayores
	Turnos de Riego		Curvas menores
			Parcelas Atendidas
			Parcelas No Atendidas

GGE VIRGEN DE ASUNCION

Nº	DESCRIPCION	Area (ha)
1	NATIVIDAD HUARCAYA AGUILAR	1.21
2	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.50
3	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.12
4	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.29
		5.12

CUADRO DE TURNOS DE RIEGO POR TIPO DE RIEGO

Tipo de Riego	Turno	Lote Nº	Area (has)	Beneficiario
Riego por Goteo	T-1	1	0.35	Natividad Huarcaya
		2	0.35	Lidia Valencia
	T-2	3	0.77	Lidia Valencia
	T-3	4	0.75	Lidia Valencia
	T-4	5	0.75	Lidia Valencia
Area total goteo			2.97	
Riego por aspersión VYR 66	T-5	6	0.2	Lidia Valencia
	T-6	7	0.23	Lidia Valencia
	T-7	8	0.2	Lidia Valencia
	T-8	9	0.2	Lidia Valencia
	T-9	10	0.23	Lidia Valencia
	T-10	11	0.23	Lidia Valencia
Area total aspersión VYR66			1.29	
Riego por aspersión Xcel Wobbler	T-11	12	0.28	Natividad Huarcaya
	T-12	13	0.29	Natividad Huarcaya
	T-13	14	0.29	Natividad Huarcaya
Area total aspersión Xcel W			0.86	

Fuente: El Autor

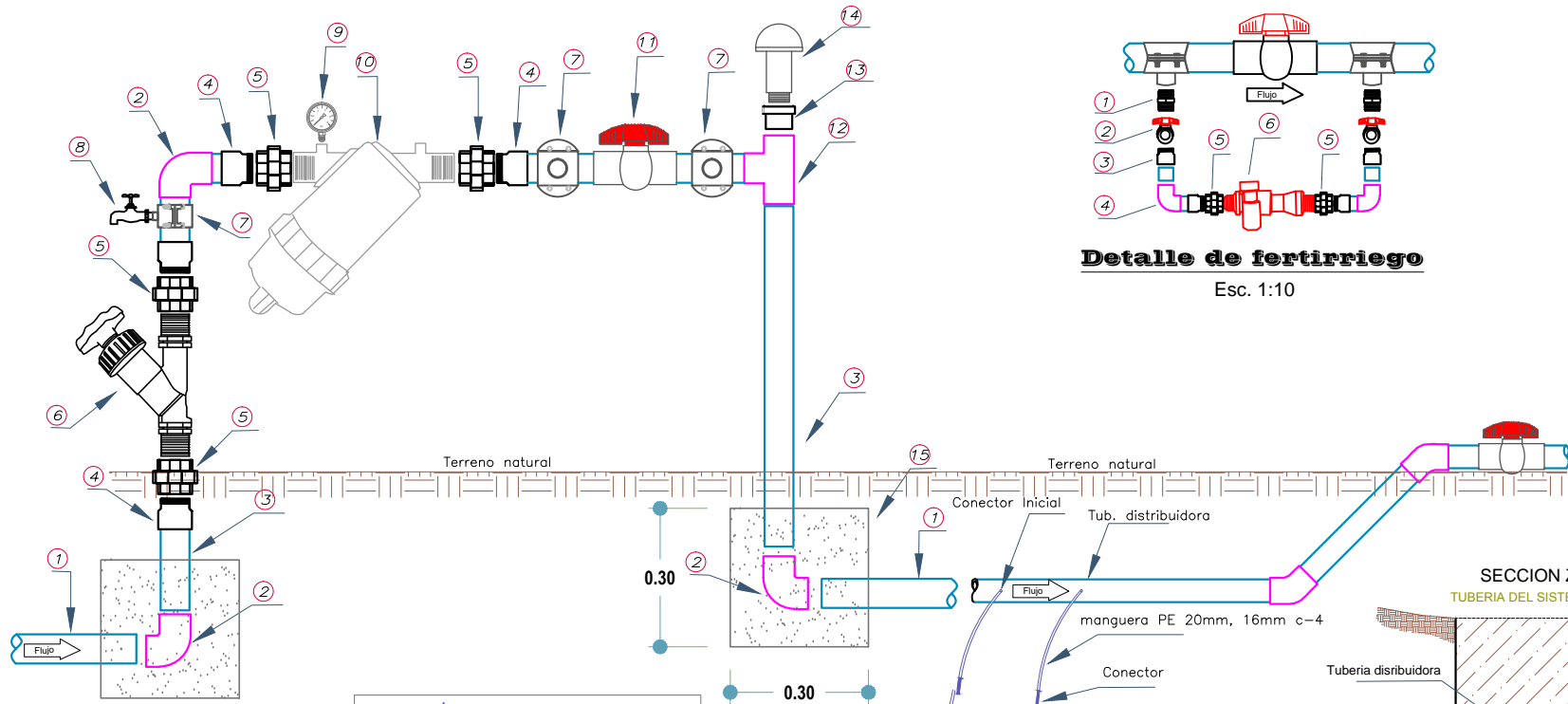
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCÁVELICA - 2016"

PLANO: TUBERÍA DEL SISTEMA MIXTA (3)	LAMINA: 04
REGION: Huancavelica	ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro
PROVINCIA: Churcampa	DISEÑO: Bach. Martín Allcchuamán Matías
DISTRITO: Churcampa	DIBUJO: Bach. Martín Allcchuamán Matías
LOCALIDAD: Pichcay	FECHA: Junio - 2016
ESCALA: 1/1250	COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L

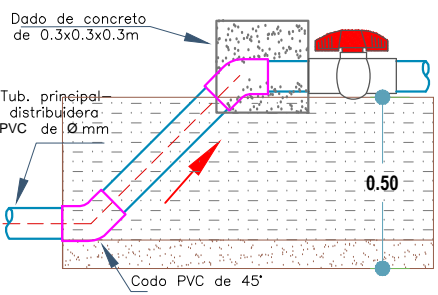
PTS-01

ARCO DE RIEGO TIPO



Detalle de fertirriego
Esc. 1:10

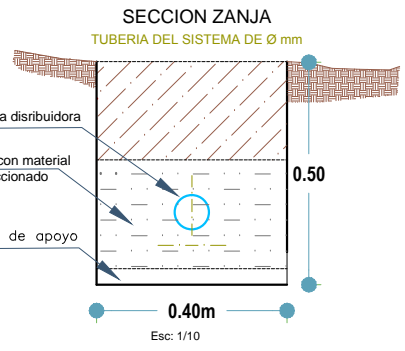
ARCO DE RIEGO
ESC. 1:10



Detalle Valvula de Purga
ESC: 1/10

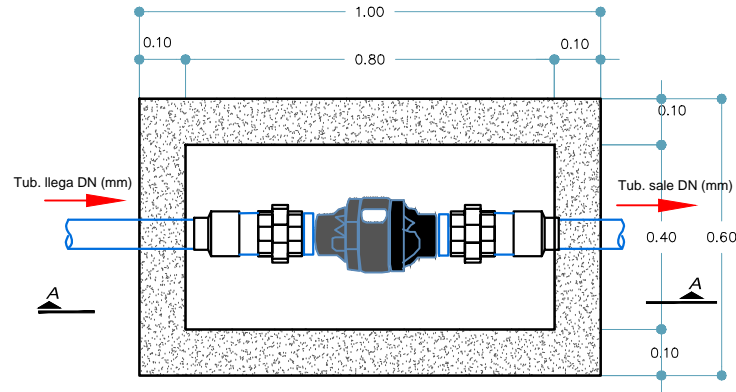
DESCRIPCIÓN ARCO DE RIEGO	
1	Tub. de la red PVC de Ø.110, 90,63mm, 1 1/2"
2	Codo PVC 90° SP de Ø 4", 3",2", 1 1/2"
3	Tubería elevador PVC de Ø 4", 3",2", 1 1/2"
4	Adaptador UPR PVC C/R M de 4", 3",2", 1 1/2"
5	Union Universal C/R H de 4",3",2", 1 1/2"
6	Valvula Oblicua de 3", 2", 1 1/2"
7	Collarin de 110, 90, 63mm a 1",3/4"
8	Grifo de F" G" de 1/2"
9	Manometro de Glicerina
10	Filtro de anillos de 3", 2" de 75 Mesh
11	Valvula PVC tipo bola de 4", 3", 2"
12	Tee PVC SP de Ø 4", 3",2", 1 1/2"
13	Buji PVC de 3", 2", 1 1/2" x 1" C/R H
14	Valvula de aire de 1" simple efecto
15	Dado de anclaje de 30 x30x30cm
	Buschin HDPE de 1" a 1/2" para grifo

DESCRIPCIÓN DEL FERTIRRIEGO	
1	Niple HDPE C/R M de 1", 3/4"
2	Valvula PVC tipo bola de 1", 3/4"
3	Adaptador UPR PVC C/R M de 1", 3/4"
4	Codo PVC 90° SP de 1", 3/4"
5	Union Universal C/R H de 1", 3/4"
6	Inyector venturi de 1", 3/4" (completo)
	Buschin HDPE de 1" a 3/4" (para casos)



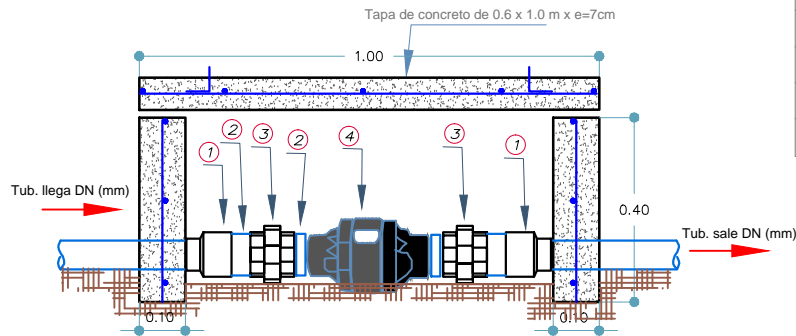
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA		
PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCÁVELICA - 2016"		
PLANO: ARCO DE RIEGO DE 2"		LAMINA: 07
REGION: Huancavelica PROVINCIA: Churcampa DISTRITO: Churcampa LOCALIDAD: Pichcay	ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro DISEÑO: Bach. Martín Alccahuamán Matías	OA-03
ESCALA: INDICADA FECHA: Junio - 2016	DIBUJO: Bach. Martín Alccahuamán Matías	

REGULADORES DE PRESIÓN T-1



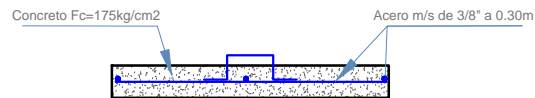
VISTA EN PLANTA

ESC. 1:15



PERFIL CORTE A-A

ESC. 1:15



Detalle tapa de concreto

Esc. 1:15

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO : Caja de derivación, poza decantadora, caja valvula control, caja de hidrantes, caja de purga, aire. usar concreto $F_c=175\text{kg/cm}^2$ proporción: 1:2:3
Cáma de carga, CRP, reservorios, desarenador usar $C' f_c=210\text{Kg/cm}^2$.
AGREGADO GRUESO= $\emptyset 3/8"$; ARENA GRUESA LIMPIA Y SELECTA
AGUA 22 Lts./bis. de cemento.

ACERO : $f_y=4200\text{ Kg/cm}^2$ - $f_s=1685\text{ Kg/cm}^2$. Utilizar alambrcn de $\emptyset=1/4"$ En la Tapa

ADITIVOS : SE USARA SEGUN NORMAS DEL FABRICANTE TIPO "SIKA"

DESENCOFRADO: A LOS 07 DIAS DEL VACEADO

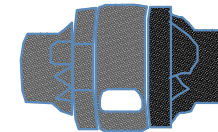
CURADO : AGUA CEMENTO POR UNA SEMANA

OTROS : SE PERMITE EL USO DE CAJAS Y APOYOS PRE FABRICADOS SUJETO A LAS ESPECIFICACIONES DEL PRESENTE PROYECTO

TUBERIA Y ACCESORIOS: Tubería y accesorios PVC deben cumplir NTP ISO 1452, NTP 399.002 para fluidos a presión

DESCRIPCIÓN REGULADORA DE PRESIÓN T-1

- ① Tub. PVC SAP de " \emptyset " mm tub. Distribuidora
- ② Reducción PVC SP de 3" a 2.5", 2"
- ③ Niple PVC de 3"
- ④ Unión Universal S/R PVC de 3"
- ⑤ Reguladora de presión 3"
- ⑥ Tapa concreto de 0.60x1.0m.



**Reguladora de 3"
Senninger PRXF-LV**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



PROYECTO : "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMP - HUANCAMELICA - 2016"

PLANO : REGULADORES DE PRESIÓN T-1

LAMINA : 06

REGIÓN : Huancavelica
PROVINCIA : Churcampa
DISTRITO : Churcampa
LOCALIDAD : Pichcay

ASESOR : Ing. Herbert Nuñez Alfaro
DISEÑO : Bach. Martín Alliccahuamán Matías

OA-02

ESCALA : INDICADA
FECHA : Junio - 2016

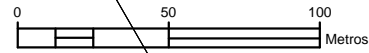
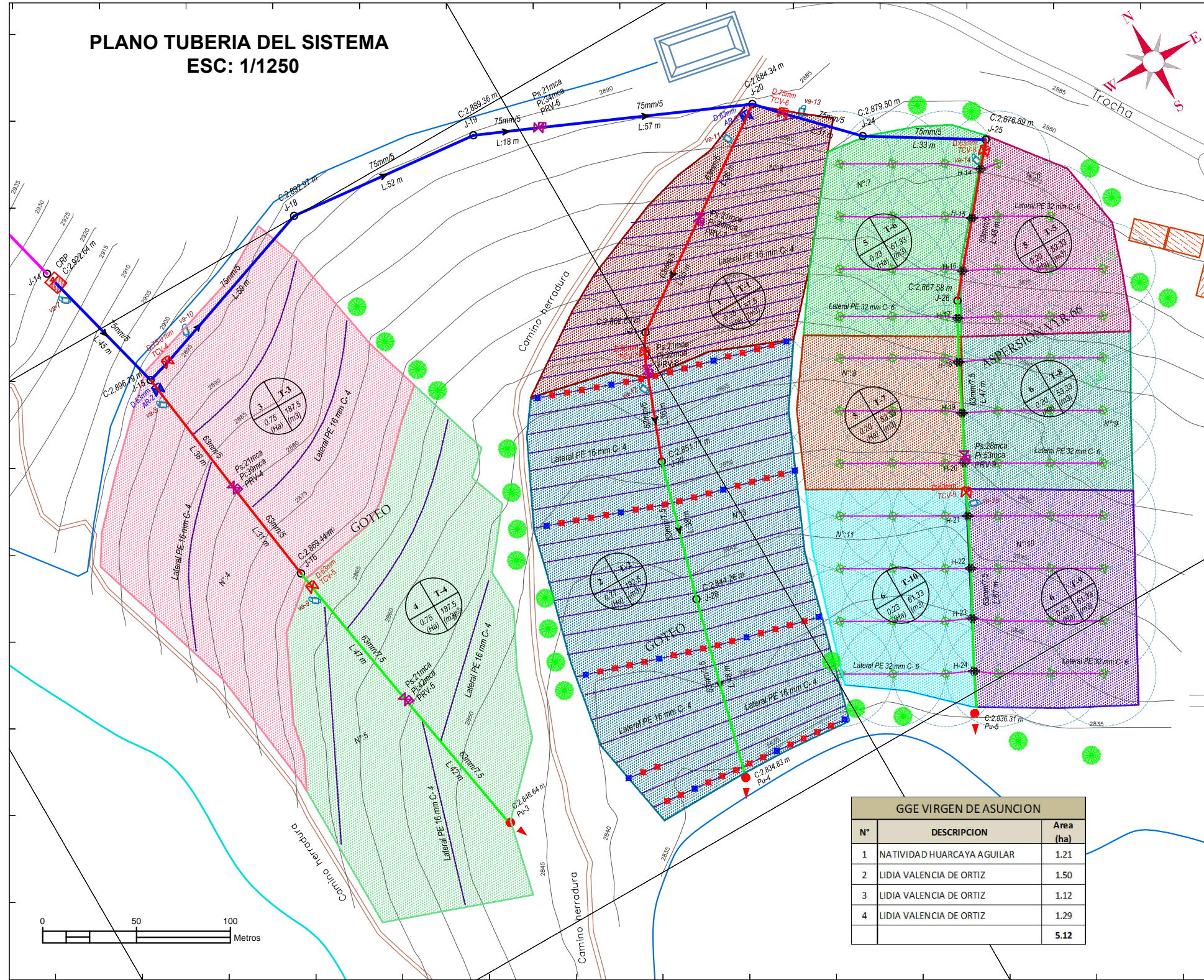
DIBUJO : Bach. Martín Alliccahuamán Matías

COORDENAS UTM WGS 84
ZONA 18 - L

**PLANO TUBERIA DEL SISTEMA
ESC: 1/1250**

8590200.000

567400.000



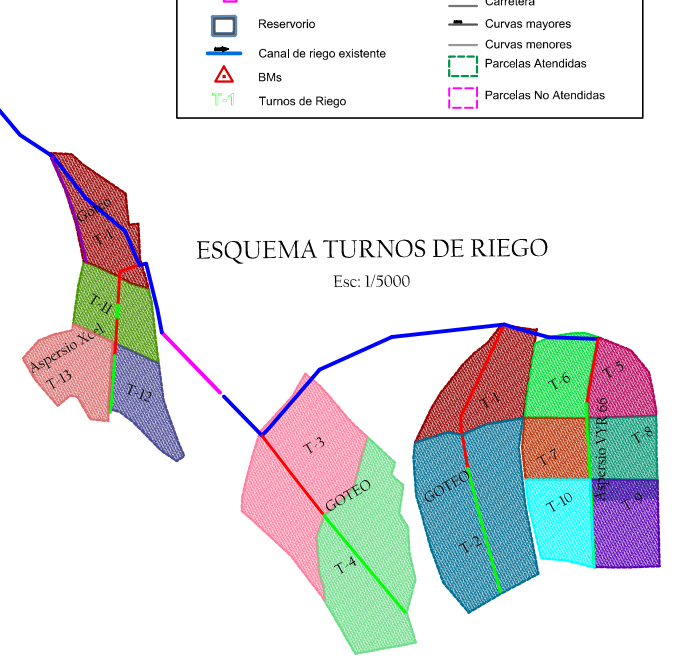
567200.000

567400.000

LEYENDA

	Tubo PVC 75mm C-7.5 UF		Cabezal Riego
	Tubo PVC 75mm C-5 UF		Válvula de aire 1"
	Tubo PVC 63mm C-7.5 UF		Arcos de Riego
	Tubo PVC 63mm C-5 UF		LaL.mang. HDPE 1" C-6
	Tubo PVC 1 1/2" sp C-10		LaL.mang. HDPE 16mm C-4
	CRP: Cámara Rompe Presión		Aspersor Xcel Wobblers
	h:Toma Hidrante una salida		Aspersor VYR 66
	H:Toma Hidrante dos Salidas		Goteros
	Válvula de Control en reservorio		PU: Válvula de purga
	TCV:Valv. Control en el Sistema		Dados de Concreto
	PRV: Reguladora de presión		Viviendas
	Reservorio		Camino de Herradura
	Canal de riego existente		Carretera
	BMs		Curvas mayores
	Turnos de Riego		Curvas menores
			Parcelas Atendidas
			Parcelas No Atendidas

ESQUEMA TURNOS DE RIEGO
Esc: 1/5000

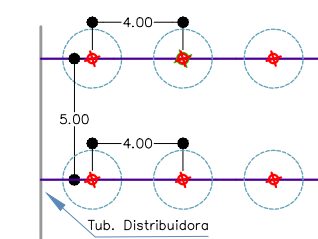


DIA	Turno riego
Area (Ha)	Demanda (m3)

GGE VIRGEN DE ASUNCION

N°	DESCRIPCION	Area (ha)
1	NATIVIDAD HUARCAYA AGUILAR	1.21
2	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.50
3	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.12
4	LIDIA VALENCIA DE ORTIZ	1.29
	TOTAL	5.12

DISTRIBUCION OPTIMA DE LATERALES EN RIEGO POR GOTEO Parcelas (1, 2, 3, 4 y 5)



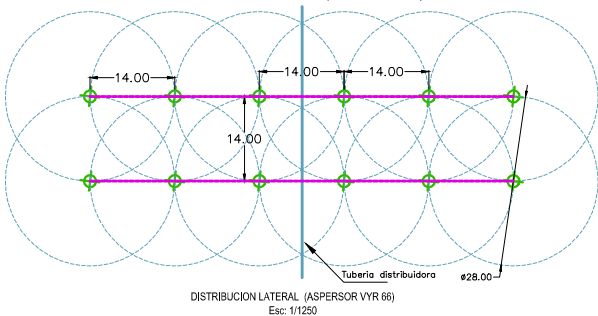
Esc: 1/250

CUADRO DE TURNOS DE RIEGO POR TIPO DE RIEGO

Tipo de Riego	Turno	Lote N°	Area (has)	Beneficiario
Riego por Goteo	T-1	1	0.35	Natividad Huarcaya
	T-2	2	0.35	Lidia Valencia
	T-3	3	0.77	Lidia Valencia
	T-4	4	0.75	Lidia Valencia
Area total goteo				2.97
Riego por aspersión VYR 66	T-5	6	0.2	Lidia Valencia
	T-6	7	0.23	Lidia Valencia
	T-7	8	0.2	Lidia Valencia
	T-8	9	0.2	Lidia Valencia
	T-9	10	0.23	Lidia Valencia
	T-10	11	0.23	Lidia Valencia
Area total aspersión VYR66				1.29
Riego por aspersión Xcel Wobblers	T-11	12	0.28	Natividad Huarcaya
	T-12	13	0.29	Natividad Huarcaya
	T-13	14	0.29	Natividad Huarcaya
Area total aspersión Xcel W				0.86

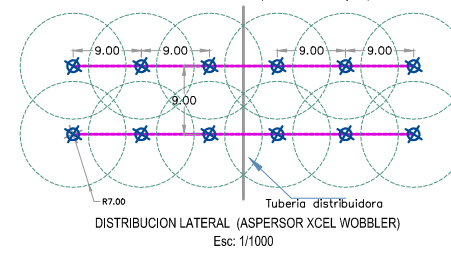
Fuente: El Autor

DISTRIBUCION OPTIMA DE HIDRANTES Y LATERALES RIEGO POR ASPERSION (Parcelas 6 a 11)



DISTRIBUCION LATERAL (ASPERSOR VYR 66)
Esc: 1/1250

DISTRIBUCION OPTIMA DE HIDRANTES Y LATERALES RIEGO POR ASPERSION (Parcelas 12, 13 y 14)



DISTRIBUCION LATERAL (ASPERSOR XCEL WOBBLER)
Esc: 1/1000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMP - HUANCAMELICA - 2016"

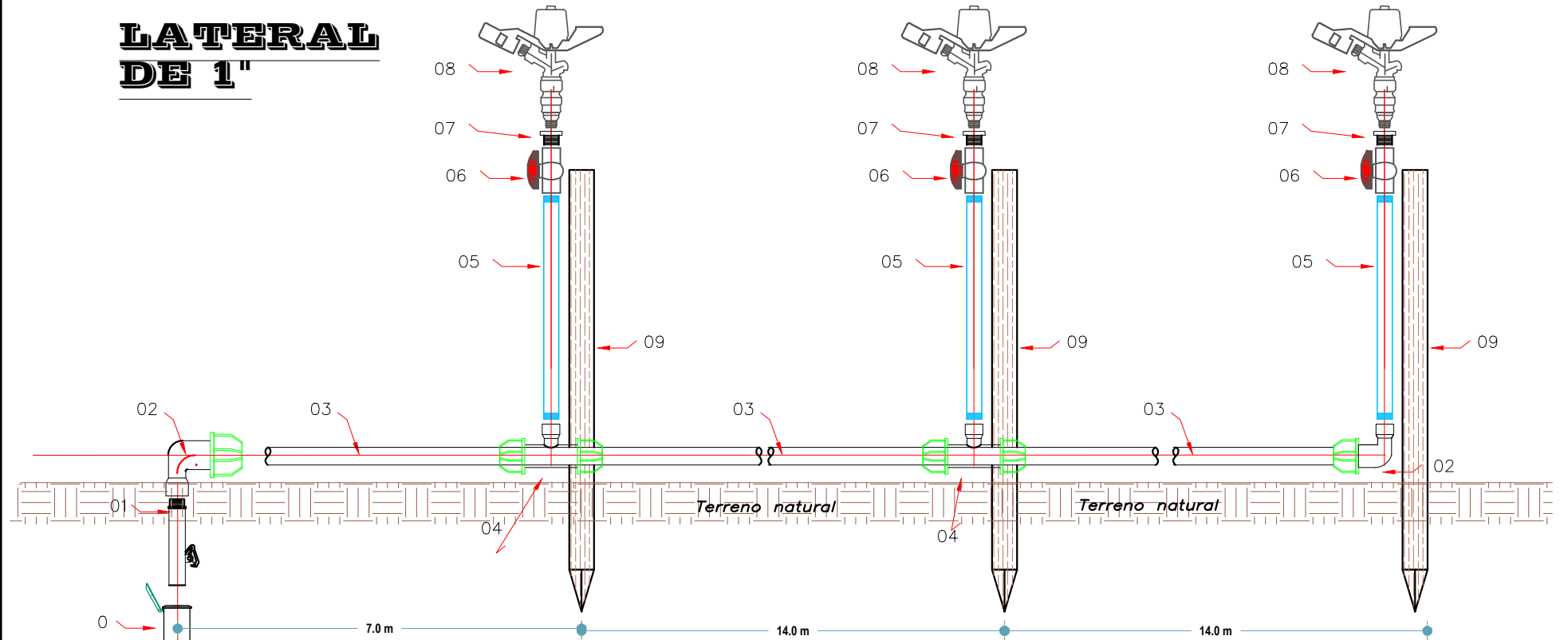
PLANO: TUBERÍA DEL SISTEMA MIXTA (3)

LAMINA: 04.1

REGIÓN : Huancavelica	ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro	PTS-02
PROVINCIA : Churcampa	DISEÑO: Bach. Martín Allicahuamán Matías	
DISTRITO : Churcampa	DIBUJO: Bach. Martín Allicahuamán Matías	COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L
LOCALIDAD : Pichcay	FECHA: Junio - 2016	

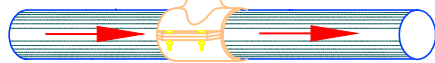
ESCALA: 1/1250

LATERAL DE 1"



LATERAL DE RIEGO CON ASPERSOR VYR 66 (3/4")

0. VÁLVULA DE ACOPLE RAPIDO 1" VIENE DEL HIDRANTE
1. VALVULA BAYONETA 1"
2. CODO FITING 1"
3. MANGUERA HDPE DE 1" C-6
4. TEE FITING 1"
5. ELEVADOR PVC SP 399.002 1" DE 1.20M C-10
6. Válvula PVC tipo bola de 1"
7. BUSCHIN DE HDPE C/RH DE 1 - $\frac{3}{4}$ "
8. ASPERSOR VYR 66 DE $\frac{3}{4}$ ",
9. CUARTON DE 2"x2"x1.50M PARA SOPORTE DE ASPERSOR.

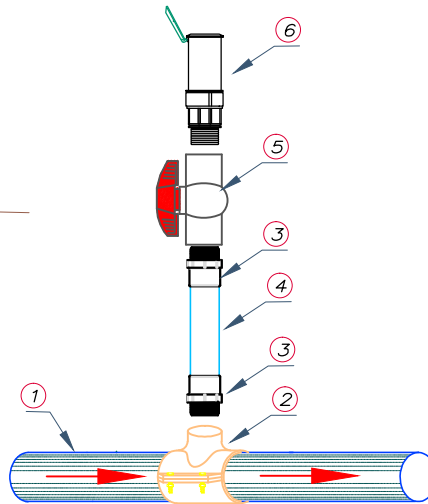
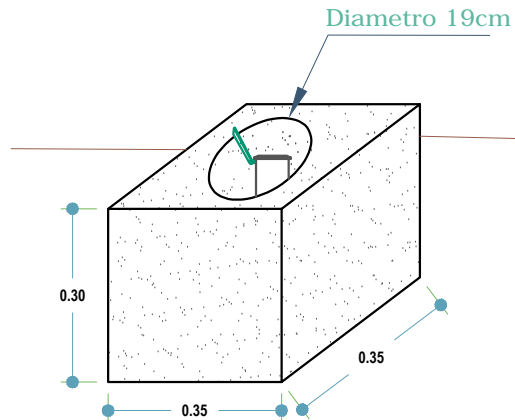
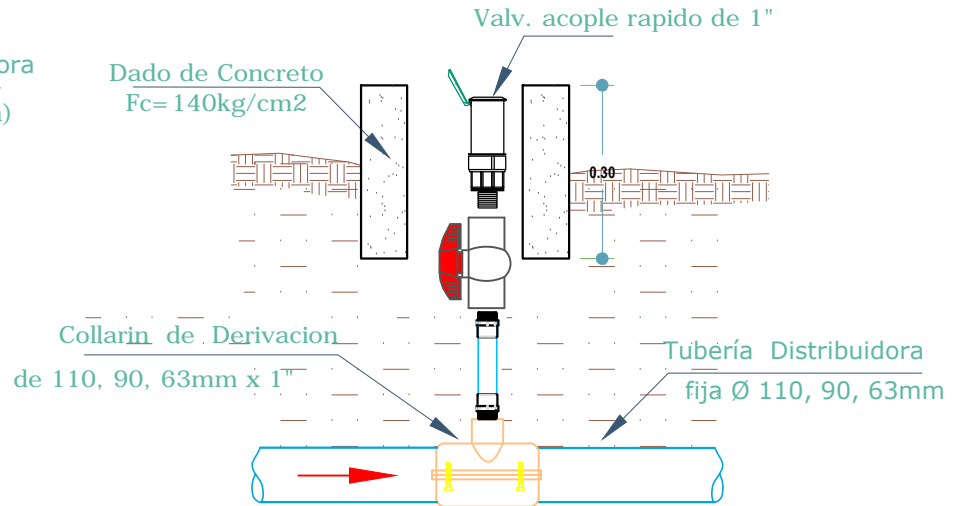
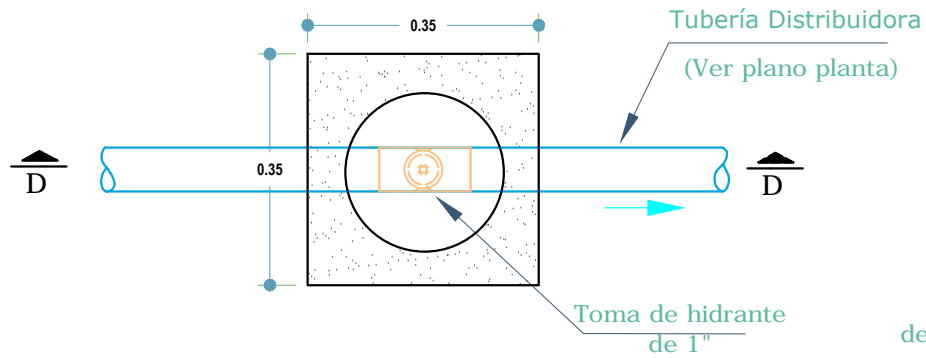


DETALLE DE HIDRANTE



ESC. 1:10

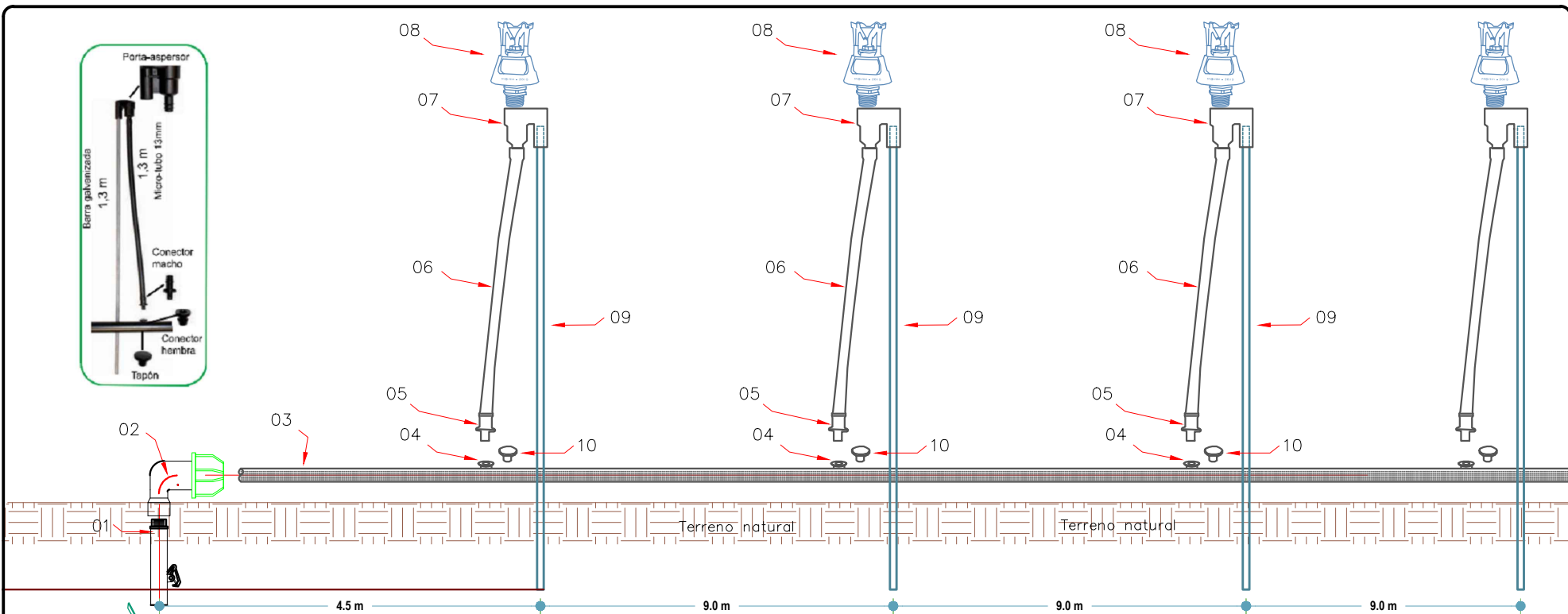
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA		
PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCÁVELICA - 2016"		
PLANO: LATERAL DE RIEGO DE 1" (ASPERSOR VYR 66)		LAMINA: 09
REGIÓN : Huancavelica PROVINCIA : Churcampa DISTRITO : Churcampa LOCALIDAD : Pichcay	ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro	<h1>OA-05</h1>
ESCALA: INDICADA FECHA: Junio - 2016	DIBUJO: Bach. Martín Allicahuamán Matias	
COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L		

TOMA DE HIDRANTES DE 1"



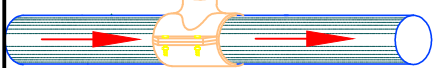
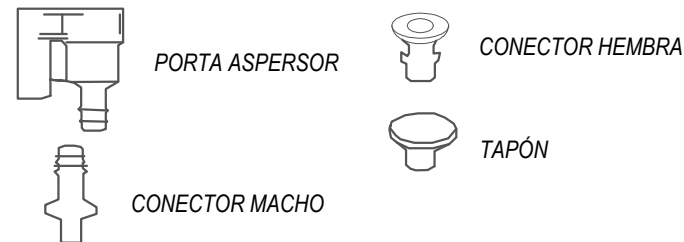
	DESCRIPCION TOM HIDRANTE TIPO I	Und	Cant
1	Tubería PVC tub, Distribuidora Ø90,75,63mm	Und	01
2	Collarin de Derivacion Ø x 1"	Und	01
3	Adaptador UPR PVC SP de 1" R/Macho	Und	02
4	Niple de PVC de 1"x 0.40 m	Und	01
5	Valvula PVC tipo Bola de 1"	Und	01
6	Válvula de Acople Rapido (VAR) 1"	Und	01

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA		
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCÁVELICA - 2016"		
PLANO : TOMA DE HIDRANTE DE 1"		LAMINA : 08
REGIÓN : Huancavelica PROVINCIA : Churcampa DISTRITO : Churcampa LOCALIDAD : Pichcay	ASESOR : Ing. Herbert Nuñez Alfaro	OA-04
ESCALA : INDICADA FECHA : Junio - 2016	DISEÑO : Bach. Martín Allicahuamán Matías	
DIBUJO : Bach. Martín Allicahuamán Matías		COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L



LATERAL DE RIEGO CON ASPERSOR XCEL WOBBLER



- 0. VÁLVULA DE ACOPLÉ RAPIDO 1" VIENE DEL HIDRANTE
- 1. VALVULA BAYONETA 1"
- 2. CODO FITING 1"
- 3. MANGUERA HDPE DE 1" C-6
- 4. CONECTOR HEMBRA 3/4"
- 5. CONECTOR MACHO 3/4"
- 6. MANGUERA DE HDPE DE 13MM
- 7. PORTA ASPERSOR DE 3/4"
- 8. ASPERSOR XCEL WOBBLER DE 3/4"
- 9. TUBO DE F°G° DE 1.3M"
- 10. TAPÓN



DETALLE HIDRANTE

ESC. 1:10

LATERAL DE RIEGO

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA		
PROYECTO: "COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA, CHURCAMPÁ - HUANCAMELICA - 2016"		
PLANO: LATERAL DE RIEGO DE 1" (ASPERSOR XCEL WOBBLER)		LAMINA: 10
REGIÓN: Huancavelica PROVINCIA: Churcampa DISTRITO: Churcampa LOCALIDAD: Pichcay	ASESOR: Ing. Herbert Nuñez Alfaro DISEÑO: Bach. Martín Allicahuamán Matías	<h1>0A-06</h1>
ESCALA: INDICADA FECHA: Junio - 2016	DIBUJO: Bach. Martín Allicahuamán Matías	
		COORDENAS UTM WGS 84 ZONA 18 - L

Anexo 3. Presupuesto

- 3.1. Presupuesto diseño hidráulico con cámara rompe presión
- 3.2. Presupuesto diseño hidráulico con reguladoras de presión
- 3.3. Presupuesto diseño hidráulico mixto

Hoja resumen

Obra	0801031	"COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA" (E1)
Localización	090501	HUANCAVELICA - CHURCAMPÁ - CHURCAMPÁ
Fecha Al	31/05/2016	

Presupuesto base

001	"INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO"		165,086.64
		(CD) S/.	165,086.64
	COSTO DIRECTO		165,086.64
	Gastos Generales 8.0564%		13,300.04
	Elaboración de Expediente Técnico		3,072.00
	Supervisor		3,072.00
			=====
	TOTAL DE PRESUPUESTO REQUERIDO		184,530.68

Descompuesto del costo directo

MANO DE OBRA	S/.		49,169.73
MATERIALES	S/.		97,790.25
EQUIPOS	S/.		18,057.81
SUBCONTRATOS	S/.		
Total descompuesto costo directo	S/.		165,017.79

Nota : Los precios de los recursos incluyen I.G.V. son vigentes al : 31/05/2016

Hoja resumen

Obra	0801030	"COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA" (E2)
Localización	090501	HUANCAVELICA - CHURCAMPÁ - CHURCAMPÁ
Fecha Al	31/05/2016	

Presupuesto base

001	"INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO"		148,054.91
		(CD) S/.	148,054.91
	COSTO DIRECTO		148,054.91
	Gastos Generales 4.2552%		6,300.03
	Elaboración de Expediente Técnico		3,072.00
	Supervisor		3,072.00
			=====
	TOTAL DE PRESUPUESTO REQUERIDO		160,498.94

Descompuesto del costo directo

	MANO DE OBRA	S/.	42,422.77
	MATERIALES	S/.	89,294.06
	EQUIPOS	S/.	16,272.70
	SUBCONTRATOS	S/.	
	Total descompuesto costo directo	S/.	147,989.53

Nota : Los precios de los recursos incluyen I.G.V. son vigentes al : 31/05/2016

Hoja resumen

Obra	0801029	“COMPORTAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO MEDIANTE REGULADORES DE PRESIÓN EN RIEGO PRESURIZADO EN LADERA” (E3)
Localización	090501	HUANCAVELICA - CHURCAMPА - CHURCAMPА
Fecha Al	31/05/2016	

Presupuesto base

001	"INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO"		145,735.79
		(CD) S/.	145,735.79
	Costo Directo		145,735.79
	Gastos Generales 4.3229%		6,300.01
	Elaboración de Expediente Técnico		3,072.00
	Supervisor		3,072.00
			=====
	TOTAL DE PRESUPUESTO REQUERIDO		158,179.80

Descompuesto del costo directo

	MANO DE OBRA	S/.	42,214.96
	MATERIALES	S/.	86,695.10
	EQUIPOS	S/.	16,759.83
	SUBCONTRATOS	S/.	
	Total descompuesto costo directo	S/.	145,669.89

Nota : Los precios de los recursos no incluyen I.G.V. son vigentes al : 31/05/2016

Anexo 4. Diseños y cálculos

4.1. Evaluación de coeficiente de uniformidad en riego por aspersión

Determinación del Coeficiente de Uniformidad Riego por Aspersión (CU) VYR 66				Determinación del Coeficiente de Uniformidad Riego por Aspersión (CU) Xcel Wobbler			
N°	x_i	n	$ x_i - \bar{x} $	N°	x_i	n	$ x_i - \bar{x} $
1	344	1	180.08	1	154	1	7.78
2	151	1	12.92	2	162	1	15.78
3	157	1	6.92	3	149	1	2.78
4	175	1	11.08	4	141	1	5.22
5	158	1	5.92	5	138	1	8.22
6	167	1	3.08	6	153	1	6.78
7	270	1	106.08	7	144	1	2.22
8	143	1	20.92	8	145	1	1.22
9	155	1	8.92	9	132	1	14.22
10	182	1	18.08	10	132	1	14.22
11	198	1	34.08	11	145	1	1.22
12	179	1	15.08	12	153	1	6.78
13	169	1	5.08	13	128	1	18.22
14	178	1	14.08	14	127	1	19.22
15	126	1	37.92	15	148	1	1.78
16	142	1	21.92	16	138	1	8.22
17	172	1	8.08	17	146	1	0.22
18	169	1	5.08	18	156	1	9.78
19	161	1	2.92	19	134	1	12.22
20	158	1	5.92	20	150	1	3.78
21	149	1	14.92	21	165	1	18.78
22	136	1	27.92	22	173	1	26.78
23	138	1	25.92	23	155	1	8.78
24	165	1	1.08	24	147	1	0.78
25	139	1	24.92	25	149	1	2.78
26	147	1	16.92	26	144	1	2.22
27	172	1	8.08	27	144	1	2.22
28	173	1	9.08	28	158	1	11.78
29	145	1	18.92	29	164	1	17.78
30	143	1	20.92	30	168	1	21.78
31	156	1	7.92	31	139	1	7.22
32	168	1	4.08	32	128	1	18.22
33	150	1	13.92	33	131	1	15.22
34	168	1	4.08	34	143	1	3.22
35	167	1	3.08	35	118	1	28.22
36	139	1	24.92	36	163	1	16.78
37	142	1	21.92	48			
38	141	1	22.92	49			
39	136	1	27.92	Suma=	5264.00	n=	362.44
40	175	1	11.08	\bar{x} =promedio	146.22	36	$\sum x_i - \bar{x} $
41	168	1	4.08	$Cu = 100 \left(1 - \frac{\sum x_i - \bar{x} }{\bar{x}n} \right)$	Cu =	93.11	
42	185	1	21.08	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> Interpretación del CU 90 % - más uniformidad excelente 80 % - 90 % uniformidad buena 70 % - 80 % uniformidad regular menos 70 % uniformidad inaceptable </div>			
43	142	1	21.92	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> Dónde: Cu = Coeficiente de uniformidad en % Σ = Sumatoria x_i = Lectura de la cantidad de agua en cada recipiente en cm³ \bar{x} = Promedio de las lecturas de los recipientes en cm³ n = Numero de recipientes </div>			
44	124	1	39.92	$Cu = 100 \left(1 - \frac{\sum x_i - \bar{x} }{\bar{x}n} \right)$			
45	122	1	41.92	Cu = 86.96			
46	138	1	25.92				
47	165	1	1.08				
48	170	1	6.08				
49	215	1	51.08				
Suma=	8032.00	n=	1047.76				
\bar{x} =promedio	163.92	49	$\sum x_i - \bar{x} $				

4.2. Calculo de velocidad de infiltración básica (I_b)

MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS							
Nº	Tiempo de Oportunidad Acumulado (T _o) (min)	Velocidad Infiltración Instantánea (I) (cm/hr)	x = LogT _o	y = Log (I)	x.y	x ²	y ²
1	1.00	66.0	0.000	1.820	0.000	0.000	3.311
2	2.00	84.0	0.301	1.924	0.579	0.091	3.703
3	4.00	93.0	0.602	1.968	1.185	0.362	3.875
4	6.00	45.0	0.778	1.653	1.286	0.606	2.733
5	8.00	63.0	0.903	1.799	1.625	0.816	3.238
6	10.00	84.0	1.000	1.924	1.924	1.000	3.703
7	15.00	33.6	1.176	1.526	1.795	1.383	2.330
8	20.00	45.6	1.301	1.659	2.158	1.693	2.752
9	30.00	48.0	1.477	1.681	2.483	2.182	2.827
10	40.00	45.6	1.602	1.659	2.658	2.567	2.752
11	55.00	45.2	1.740	1.655	2.881	3.029	2.739
12	75.00	41.4	1.875	1.617	3.032	3.516	2.615
13	95.00	37.8	1.978	1.577	3.120	3.911	2.488
14	120.00	32.4	2.079	1.511	3.141	4.323	2.282
Suma			16.813	23.975	27.868	25.478	41.347
			$\sum X_i$	$\sum Y_i$	$\sum X_i Y_i$	$\sum X_i^2$	$\sum Y_i^2$

Descripción	CÁLCULOS
$X_i = \log(t_{acum.})$	Promedio:
$Y_i = \log(I_{acum.})$	n 14
I = Velocidad Infiltración Instantánea	\bar{x} 1.201
$Antilog_b^x = N = b^x$	\bar{y} 1.712
$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$	Cálculo valores de a y b
$a_o = \bar{Y}_i - B \bar{X}_i$	b -0.175
$a = Antilog(a_o)$	a₀ 1.922
$I = a T_o^b$	a 83.644
$r^2 = \frac{(\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n})^2}{(\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n})(\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n})}$	Ecuación de velocidad de Infiltración (I) $I = 160.647 T_o^{-0.317}$
Tiempo Básico (T_b)	Relación de Confiabilidad
$T_b = 10b$ (hrs)	r² 0.556
$T_b = 600b$ (min)	55.61%
Infiltración Básica (I _b)	Tiempo Basico (T_b)
$I_b = a T_b^b$	Si T _o = T _b
	T_b = 1.748 hr
	T_b = 104.89 min
	Velocidad de Infiltración Instantánea (I)
	I_b = 0.785 (min/hr)
	I_b = 7.85 (mm/hr)

Anexo 4.3.

Diseño Hidráulico mixta

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 1. Resultado de cálculo hidráulico Turno 1 (día 1)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diámetro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.86	1.22	0.02	0.73	3,000.27	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.86	1.22	0.02	0.76	2,999.51	12	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.86	1.22	0.02	0.47	2,999.04	16	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.22	2,998.82	25	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.17	2,998.65	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.15	2,998.49	28	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.03			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.18	2,981.74	38	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.11	2,981.65	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	2.43	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	2.43	0.64	0.006	0.39	2,981.26	59	
P-15	T-1	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.25	2,922.05	25	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.07			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.25	2,921.72	29	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.29	2,921.43	32	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.1	2,908.07	34	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	2.43	0.61	0.006	0.32	2,907.77	23	
P-50	J-20	2,884.34	AR-3	2,880.80	10		59.8	63mm / 5	PVC	150	2.43	0.87	0.013	0.14			
P-64	AR-3	2,880.80	PRV-7	2,873.26	23		59.8	63mm / 5	PVC	150	2.43	0.87	0.013	0.32	2,894.29	21	
P-65	PRV-7	2,873.26	J-21	2,862.69	34	2.43	59.8	63mm / 5	PVC	150	2.43	0.87	0.013	0.46	2,893.85	31	
P-46	J-3	2,982.93	AR-1	2,983.03	4		43.4	1 1/2" / 10	PVC	150	2.43	1.64	0.062	0.22			
P-47	AR-1	2,983.03	J-4	2,977.62	24	0	43.4	1 1/2" / 10	PVC	150	2.43	1.64	0.062	1.52	2,997.29	20	
P-5	J-4	2,977.62	J-5	2,972.19	22	1.43	43.4	1 1/2" / 10	PVC	150	2.43	1.64	0.062	1.4	2,995.89	24	
P-6	J-5	2,972.19	Pu-1	2,966.54	27	1	43.4	1 1/2" / 10	PVC	150	1	0.68	0.012	0.33	2,995.56	29	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 2. Resultado de cálculo hidráulico Turno 2 (día 2)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diámetro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.87	3,000.13	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.91	2,999.22	12	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.56	2,998.65	16	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.95	2,997.71	24	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.73	2,996.97	25	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.66	2,996.31	26	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.11			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.76	2,981.74	35	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.45	2,981.31	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	5.35	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	5.35	1.41	0.027	1.68	2,979.62	57	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	1.09	2,921.21	24	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.31			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	1.09	2,919.80	27	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	1.26	2,918.54	29	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	0.42	2,908.07	31	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.35	1.34	0.024	1.38	2,906.71	22	
P-50	J-20	2,884.34	AR-3	2,880.80	10		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.35	1.91	0.056	0.6			
P-64	AR-3	2,880.80	PRV-7	2,873.26	23		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.35	1.91	0.056	1.38	2,894.29	31	29.6
P-65	PRV-7	2,873.26	J-21	2,862.69	34	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	5.35	1.91	0.056	1.98	2,892.33	30	
P-40	J-21	2,862.69	TCV-7	2,861.10	5		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.35	1.91	0.056	0.32			
P-66	TCV-7	2,861.10	PRV-8	2,859.16	7		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.35	1.9	0.056	0.41	2,880.20	32	28.5
P-67	PRV-8	2,859.16	J-22	2,851.71	22	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	5.35	1.9	0.056	1.31	2,878.90	27	
P-118	J-22	2,851.71	J-28	2,844.26	38	3.35	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	5.35	2	0.063	2.43	2,876.47	32	
P-119	J-28	2,844.26	Pu-4	2,834.83	48	2	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2	0.75	0.01	0.49	2,875.98	41	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 3. Resultado de cálculo hidráulico Turno 3 (día 3)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diametro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.83	3,000.17	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.87	2,999.30	12	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.54	2,998.77	16	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.9	2,997.86	24	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.7	2,997.17	26	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.63	2,996.54	26	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.11			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.72	2,981.74	35	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.43	2,981.33	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	5.21	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	5.21	1.38	0.026	1.6	2,979.72	57	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	1.04	2,921.26	24	
P-48	J-15	2,896.79	AR-2	2,893.19	7		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.21	1.86	0.053	0.44			
P-58	AR-2	2,893.19	PRV-4	2,880.58	27		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.21	1.86	0.053	1.62	2,901.62	39	
P-59	PRV-4	2,880.58	J-16	2,869.44	29	5.21	59.8	63mm / 5	PVC	150	5.21	1.86	0.053	1.66	2,899.97	30	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 4. Resultado de cálculo hidráulico Turno 4 (día 4)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Díametro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.83	3,000.17	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.87	2,999.30	12	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.54	2,998.77	16	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.9	2,997.86	24	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.7	2,997.17	26	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.63	2,996.54	26	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.11			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.72	2,981.74	35	32.4
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	0.43	2,981.33	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	5.21	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	5.21	1.38	0.026	1.6	2,979.72	57	43
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	5.21	1.31	0.023	1.04	2,921.26	24	
P-48	J-15	2,896.79	AR-2	2,893.19	7		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.21	1.86	0.053	0.44			
P-58	AR-2	2,893.19	PRV-4	2,880.58	27		59.8	63mm / 5	PVC	150	5.21	1.86	0.053	1.62	2,901.62	39	22
P-59	PRV-4	2,880.58	J-16	2,869.44	29	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	5.21	1.86	0.053	1.66	2,899.97	30	
P-36	J-16	2,869.44	TCV-5	2,867.08	5		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	5.21	1.95	0.06	0.35			
P-60	TCV-5	2,867.08	PRV-5	2,855.45	39		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	5.21	1.95	0.06	2.44	2876.5	42	24
P-61	PRV-5	2,855.45	Pu-3	2,846.64	41	5.21	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	5.21	1.95	0.06	2.51	2,873.99	27	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 5. Resultado de cálculo hidráulico Turno 5 (día 5)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diametro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.44	3,000.56	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.46	3,000.10	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.29	2,999.82	17	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.48	2,999.34	26	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.37	2,998.97	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.33	2,998.63	28	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.06			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.38	2,981.74	21	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.23	2,981.53	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	3.7	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	3.7	0.98	0.014	0.85	2,980.68	58	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.55	2,921.75	25	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.16			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.55	2,921.04	28	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.64	2,920.40	31	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.21	2,908.07	21	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.7	2,907.39	23	
P-38	J-20	2,884.34	TCV-6	2,883.42	9		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.1			
P-39	TCV-6	2,883.42	J-24	2,879.50	22	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.27	2,907.01	27	
P-25	J-24	2,879.50	J-25	2,876.89	33	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.4	2,906.62	30	
P-42	J-25	2,876.89	TCV-8	2,875.55	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.17			
P-96	TCV-8	2,875.55	H-14	2,874.79	4	0.93	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.13	2,906.32	31	
P-98	H-14	2,874.79	H-15	2,872.56	15	0.93	59.8	63mm / 5	PVC	150	2.78	0.99	0.017	0.25	2,906.07	33	
P-100	H-15	2,872.56	H-16	2,870.20	13	0.93	59.8	63mm / 5	PVC	150	1.85	0.66	0.008	0.1	2,905.97	36	
P-101	H-16	2,870.20	J-26	2,867.58	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	0.93	0.33	0.002	0.01	2,905.96	38	
P-102	J-26	2,867.58	H-17	2,864.88	6	0.93	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	0.93	0.35	0.002	0.02	2,905.94	41	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 6. Resultado de cálculo hidráulico Turno 6 (día 5)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diámetro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.57	3,000.43	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.6	2,999.83	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.37	2,999.46	17	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.62	2,998.84	25	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.48	2,998.36	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.43	2,997.93	27	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.07			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.5	2,981.74	21	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.3	2,981.46	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	4.26	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.13	0.018	1.1	2,980.36	58	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.72	2,921.58	25	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.2			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.72	2,920.66	28	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.83	2,919.84	30	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.28	2,908.07	21	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.9	2,907.18	23	
P-38	J-20	2,884.34	TCV-6	2,883.42	9		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.13			
P-39	TCV-6	2,883.42	J-24	2,879.50	22	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.35	2,906.70	27	
P-25	J-24	2,879.50	J-25	2,876.89	33	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.52	2,906.18	29	
P-42	J-25	2,876.89	TCV-8	2,875.55	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.21			
P-96	TCV-8	2,875.55	H-14	2,874.79	4	1.07	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.17	2,905.80	31	
P-98	H-14	2,874.79	H-15	2,872.56	15	1.07	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.2	1.14	0.022	0.32	2,905.48	33	
P-100	H-15	2,872.56	H-16	2,870.20	13	1.07	59.8	63mm / 5	PVC	150	2.13	0.76	0.01	0.13	2,905.34	35	
P-101	H-16	2,870.20	J-26	2,867.58	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	1.07	0.38	0.003	0.02	2,905.33	38	
P-102	J-26	2,867.58	H-17	2,864.88	6	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.07	0.4	0.003	0.02	2,905.30	40	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 7. Resultado de cálculo hidráulico Turno 7 (día 5)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diámetro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.44	3,000.56	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.46	3,000.10	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.29	2,999.82	17	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.48	2,999.34	26	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.37	2,998.97	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.33	2,998.63	28	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.06			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.38	2,981.74	21	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.23	2,981.53	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	3.7	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	3.7	0.98	0.014	0.85	2,980.68	58	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.55	2,921.75	25	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.16			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.55	2,921.04	28	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.64	2,920.40	31	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.21	2,908.07	21	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.7	2,907.39	23	
P-38	J-20	2,884.34	TCV-6	2,883.42	9		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.1			
P-39	TCV-6	2,883.42	J-24	2,879.50	22	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.27	2,907.01	27	
P-25	J-24	2,879.50	J-25	2,876.89	33	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.4	2,906.62	30	
P-42	J-25	2,876.89	TCV-8	2,875.55	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.17			
P-96	TCV-8	2,875.55	H-14	2,874.79	4	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.13	2,906.32	31	
P-98	H-14	2,874.79	H-15	2,872.56	15	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.42	2,905.90	33	
P-100	H-15	2,872.56	H-16	2,870.20	13	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.36	2,905.54	35	
P-101	H-16	2,870.20	J-26	2,867.58	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.19	2,905.35	38	
P-102	J-26	2,867.58	H-17	2,864.88	6	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.7	1.38	0.032	0.21	2,905.14	40	
P-104	H-17	2,864.88	H-18	2,859.04	11	1.24	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.7	1.38	0.032	0.4	2,904.73	46	
P-106	H-18	2,859.04	H-19	2,853.74	13	1.23	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.46	0.92	0.015	0.21	2,904.52	51	
P-107	H-19	2,853.74	PRV-9	2,849.61	13		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.23	0.46	0.004	0.06	2,877.65	28	
P-108	PRV-9	2,849.61	H-20	2,849.22	2	1.23	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.23	0.46	0.004	0.01	2,877.67	28	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 8. Resultado de cálculo hidráulico Turno 8 (día 6)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diámetro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.44	3,000.56	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.46	3,000.10	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.29	2,999.82	17	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.48	2,999.34	26	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.37	2,998.97	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.33	2,998.63	28	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.06			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.38	2,981.74	21	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.23	2,981.53	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	3.7	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	3.7	0.98	0.014	0.85	2,980.68	58	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.55	2,921.75	25	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.16			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.55	2,921.04	28	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.64	2,920.40	31	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.21	2,908.07	21	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.7	2,907.39	23	
P-38	J-20	2,884.34	TCV-6	2,883.42	9		71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.1			
P-39	TCV-6	2,883.42	J-24	2,879.50	22	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.27	2,907.01	27	
P-25	J-24	2,879.50	J-25	2,876.89	33	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	3.7	0.93	0.012	0.4	2,906.62	30	
P-42	J-25	2,876.89	TCV-8	2,875.55	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.17			
P-96	TCV-8	2,875.55	H-14	2,874.79	4	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.13	2,906.32	31	
P-98	H-14	2,874.79	H-15	2,872.56	15	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.42	2,905.90	33	
P-100	H-15	2,872.56	H-16	2,870.20	13	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.36	2,905.54	35	
P-101	H-16	2,870.20	J-26	2,867.58	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.7	1.32	0.028	0.19	2,905.35	38	
P-102	J-26	2,867.58	H-17	2,864.88	6	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.7	1.38	0.032	0.21	2,905.14	40	
P-104	H-17	2,864.88	H-18	2,859.04	11	1.24	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.7	1.38	0.032	0.4	2,904.73	46	
P-106	H-18	2,859.04	H-19	2,853.74	13	1.23	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.46	0.92	0.015	0.21	2,904.52	51	
P-107	H-19	2,853.74	PRV-9	2,849.61	13		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.23	0.46	0.004	0.06	2,877.65	28	
P-108	PRV-9	2,849.61	H-20	2,849.22	2	1.23	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.23	0.46	0.004	0.01	2,877.67	28	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 9. Resultado de cálculo hidráulico Turno 9 (día 6)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diametro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión Dinámica (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.57	3,000.43	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.6	2,999.83	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.37	2,999.46	17	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.62	2,998.84	25	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.48	2,998.36	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.43	2,997.93	27	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.07			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.5	2,981.74	37	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.3	2,981.46	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	4.26	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.13	0.018	1.1	2,980.36	58	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.72	2,921.58	25	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.2			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.72	2,920.66	28	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.83	2,919.84	30	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.28	2,908.07	32	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.9	2,907.18	23	
P-38	J-20	2,884.34	TCV-6	2,883.42	9		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.13			
P-39	TCV-6	2,883.42	J-24	2,879.50	22	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.35	2,906.70	27	
P-25	J-24	2,879.50	J-25	2,876.89	33	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.52	2,906.18	29	
P-42	J-25	2,876.89	TCV-8	2,875.55	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.21			
P-96	TCV-8	2,875.55	H-14	2,874.79	4	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.17	2,905.80	31	24
P-98	H-14	2,874.79	H-15	2,872.56	15	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.55	2,905.25	33	28
P-100	H-15	2,872.56	H-16	2,870.20	13	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.47	2,904.78	35	28
P-101	H-16	2,870.20	J-26	2,867.58	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.24	2,904.53	37	
P-102	J-26	2,867.58	H-17	2,864.88	6	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.27	2,904.26	39	33
P-104	H-17	2,864.88	H-18	2,859.04	11	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.52	2,903.73	45	38
P-106	H-18	2,859.04	H-19	2,853.74	13	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.58	2,903.15	49	43
P-107	H-19	2,853.74	PRV-9	2,849.61	13		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.56	2,877.65	53	46
P-108	PRV-9	2,849.61	H-20	2,849.22	2	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.07	2,877.60	28	24

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)																	
P-109	H-20	2,849.22	TCV-9	2,847.66	6		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.26			
P-110	TCV-9	2,847.66	H-21	2,845.80	8	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.36	2,876.98	31	27
P-112	H-21	2,845.80	H-22	2,844.06	12	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.2	1.19	0.024	0.3	2,876.69	33	28
P-114	H-22	2,844.06	H-23	2,839.75	14	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.13	0.8	0.011	0.17	2,876.52	37	33
P-116	H-23	2,839.75	H-24	2,837.64	15	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.07	0.4	0.003	0.05	2,876.47	39	35
P-117	H-24	2,837.64	Pu-5	2,836.31	8	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	0	0	0	0	2,876.47	40	

Tabla 10. Resultado de cálculo hidráulico Turno 10 (día 6)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diámetro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.57	3,000.43	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.6	2,999.83	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.37	2,999.46	17	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.62	2,998.84	25	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.48	2,998.36	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.43	2,997.93	27	
P-32	J-9	2,970.52	TCV-3	2,970.17	5		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.07			
P-56	TCV-3	2,970.17	PRV-3	2,960.71	30		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.5	2,981.74	21	
P-57	PRV-3	2,960.71	J-13	2,953.28	17	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.3	2,981.46	28	
P-14	J-13	2,953.28	J-14	2,922.64	54	4.26	69.4	75mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.13	0.018	1.1	2,980.36	58	
P-15	CRP	2922.64	J-15	2,896.79	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.72	2,921.58	25	
P-34	J-15	2,896.79	TCV-4	2,896.18	13		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.2			
P-35	TCV-4	2,896.18	J-18	2,892.97	45	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.72	2,920.66	28	
P-19	J-18	2,892.97	J-19	2,889.36	52	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.83	2,919.84	30	
P-62	J-19	2,889.36	PRV-6	2,887.04	17		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.28	2,908.07	21	
P-63	PRV-6	2,887.04	J-20	2,884.34	57	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.9	2,907.18	23	
P-38	J-20	2,884.34	TCV-6	2,883.42	9		71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.13			
P-39	TCV-6	2,883.42	J-24	2,879.50	22	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.35	2,906.70	27	
P-25	J-24	2,879.50	J-25	2,876.89	33	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.26	1.07	0.016	0.52	2,906.18	29	
P-42	J-25	2,876.89	TCV-8	2,875.55	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.21			
P-96	TCV-8	2,875.55	H-14	2,874.79	4	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.17	2,905.80	31	
P-98	H-14	2,874.79	H-15	2,872.56	15	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.55	2,905.25	33	
P-100	H-15	2,872.56	H-16	2,870.20	13	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.47	2,904.78	35	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)																	
P-101	H-16	2,870.20	J-26	2,867.58	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.26	1.52	0.037	0.24	2,904.53	37	
P-102	J-26	2,867.58	H-17	2,864.88	6	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.27	2,904.26	39	
P-104	H-17	2,864.88	H-18	2,859.04	11	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.52	2,903.73	45	
P-106	H-18	2,859.04	H-19	2,853.74	13	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.58	2,903.15	49	
P-107	H-19	2,853.74	PRV-9	2,849.61	13		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.56	2,877.65	28	
P-108	PRV-9	2,849.61	H-20	2,849.22	2	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.07	2,877.60	28	
P-109	H-20	2,849.22	TCV-9	2,847.66	6		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.26			
P-110	TCV-9	2,847.66	H-21	2,845.80	8	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.26	1.59	0.041	0.36	2,876.98	31	
P-112	H-21	2,845.80	H-22	2,844.06	12	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.2	1.19	0.024	0.3	2,876.69	33	
P-114	H-22	2,844.06	H-23	2,839.75	14	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.13	0.8	0.011	0.17	2,876.52	37	
P-116	H-23	2,839.75	H-24	2,837.64	15	1.07	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.07	0.4	0.003	0.05	2,876.47	39	
P-117	H-24	2,837.64	Pu-5	2,836.31	8	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	0	0	0	0	2,876.47	40	

Tabla 11. Resultado de cálculo hidráulico Turno 11 (día 7)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Díametro interior (mm)	Díametro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.63	1.16	0.018	0.67	3,000.33	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.63	1.16	0.018	0.7	2,999.64	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.63	1.16	0.018	0.43	2,999.21	16	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.63	1.16	0.018	0.73	2,998.48	25	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.63	1.16	0.018	0.56	2,997.92	26	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.63	1.16	0.018	0.51	2,997.41	27	
P-28	J-9	2,970.52	TCV-1	2,970.50	5		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.63	1.65	0.043	0.23			
P-29	TCV-1	2,970.50	J-10	2,969.14	9	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.63	1.65	0.043	0.39	2,996.79	28	
P-70	J-10	2,969.14	H-1	2,966.39	6	0.78	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.63	1.65	0.043	0.29	2,996.50	30	
P-72	H-1	2,966.39	H-2	2,961.93	8	0.77	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.85	1.37	0.031	0.29	2,996.22	34	
P-74	H-2	2,961.93	H-3	2,958.02	7	0.77	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.08	1.15	0.023	0.19	2,996.03	38	
P-76	H-3	2,958.02	H-4	2,953.60	7	0.77	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.31	0.86	0.013	0.11	2,995.92	42	
P-77	H-4	2,953.60	PRV-1	2,952.12	2		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.54	0.58	0.006	0.02	2,973.16	21	
P-78	PRV-1	2,952.12	H-5	2,950.06	4	0.77	59.8	63mm / 5	PVC	150	1.54	0.55	0.006	0.03	2,973.14	23	
P-80	H-5	2,950.06	H-6	2,945.90	7	0.77	59.8	63mm / 5	PVC	150	0.77	0.27	0.002	0.01	2,973.13	27	

Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 12. Resultado de cálculo hidráulico Turno 12 (día 7)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diametro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión Dinámica (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.17	1.05	0.015	0.55	3,000.45	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.17	1.05	0.015	0.58	2,999.88	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.17	1.05	0.015	0.36	2,999.52	17	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.17	1.05	0.015	0.6	2,998.92	25	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.17	1.05	0.015	0.46	2,998.46	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.17	1.05	0.015	0.42	2,998.04	27	
P-28	J-9	2,970.52	TCV-1	2,970.50	5		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.49	0.035	0.19			
P-29	TCV-1	2,970.50	J-10	2,969.14	9	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.48	0.035	0.32	2,997.53	28	
P-70	J-10	2,969.14	H-1	2,966.39	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.48	0.035	0.24	2,997.29	31	28.25
P-72	H-1	2,966.39	H-2	2,961.93	8	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.48	0.035	0.33	2,996.96	35	33
P-74	H-2	2,961.93	H-3	2,958.02	7	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.17	1.56	0.04	0.32	2,996.64	39	36.5
P-76	H-3	2,958.02	H-4	2,953.60	7	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.17	1.56	0.04	0.34	2,996.30	43	41
P-77	H-4	2,953.60	PRV-1	2,952.12	2		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.17	1.56	0.04	0.11	2973.16	44	42.45
P-78	PRV-1	2,952.12	H-5	2,950.06	4	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.49	0.035	0.16	2,973.00	23	18.6
P-80	H-5	2,950.06	H-6	2,945.90	7	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.49	0.035	0.28	2,972.72	27	23
P-81	H-6	2,945.90	TCV-2	2,942.29	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.49	0.035	0.25			
P-82	TCV-2	2,942.29	H-7	2,941.30	2	0.59	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.17	1.48	0.035	0.07	2,972.41	31	27
P-83	H-7	2,941.30	J-11	2,938.51	5	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.58	1.27	0.027	0.16	2,972.25	34	
P-84	J-11	2,938.51	H-8	2,936.84	3	0.59	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.58	1.34	0.03	0.1	2,972.15	35	31
P-85	H-8	2,936.84	PRV-2	2,935.08	3		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.99	1.12	0.021	0.08	2956.13	37	32.5
P-86	PRV-2	2,935.08	H-9	2,932.71	5	0.59	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.99	1.12	0.021	0.12	2,956.02	23	20
P-88	H-9	2,932.71	H-10	2,928.58	8	0.6	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.4	0.9	0.014	0.13	2,955.89	27	24.2
P-90	H-10	2,928.58	H-11	2,924.80	8	0.6	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.8	0.67	0.008	0.07	2,955.81	31	28.2
P-92	H-11	2,924.80	H-12	2,922.53	5	0.6	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.2	0.45	0.004	0.02	2,955.79	33	31
P-94	H-12	2,922.53	H-13	2,920.69	4	0.6	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	0.6	0.22	0.001	0	2,955.79	35	32
P-95	H-13	2,920.69	Pu-2	2,918.75	3	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	0	0	0	0	2,955.79	37	

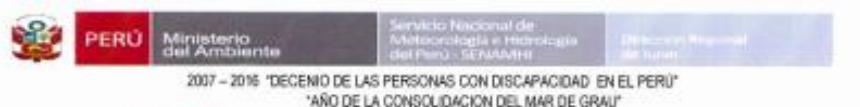
Anexo 4.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL - SECUNDARIA Y DISTRIBUIDORA (Diseño hidráulico Mixta)

Tabla 13. Resultado de cálculo hidráulico Turno 13 (día 7)

Label	Nodo de salida	Elevación de salida	Nodo de llegada	Elevación de llegada	Longitud (m)	Demanda (L/s)	Diametro interior (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal que pasa (L/s)	Velocidad (m/s)	Hf unitaria(m/m)	Hf en tramo (m)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (m H2O)	Presión campo (mca)
P-1	R-1	3001	J-1	2,994.32	36	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.48	1.13	0.017	0.63	3,000.37	6	
P-2	J-1	2,994.32	J-2	2,987.05	37	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.48	1.13	0.017	0.66	2,999.72	13	
P-3	J-2	2,987.05	J-3	2,982.93	23	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.48	1.13	0.017	0.41	2,999.31	16	
P-7	J-3	2,982.93	J-7	2,973.64	38	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.48	1.13	0.017	0.68	2,998.63	25	
P-8	J-7	2,973.64	J-8	2,971.48	30	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.48	1.13	0.017	0.53	2,998.10	27	
P-9	J-8	2,971.48	J-9	2,970.52	27	0	71.2	75mm / 5	PVC	150	4.48	1.13	0.017	0.48	2,997.63	27	
P-28	J-9	2,970.52	TCV-1	2,970.50	5		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.22			
P-29	TCV-1	2,970.50	J-10	2,969.14	9	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.37	2,997.04	28	
P-70	J-10	2,969.14	H-1	2,966.39	6	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.27	2,996.77	30	
P-72	H-1	2,966.39	H-2	2,961.93	8	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.38	2,996.39	34	
P-74	H-2	2,961.93	H-3	2,958.02	7	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.48	1.67	0.045	0.37	2,996.02	38	
P-76	H-3	2,958.02	H-4	2,953.60	7	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.48	1.67	0.045	0.39	2,995.63	42	
P-77	H-4	2,953.60	PRV-1	2,952.12	2		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	4.48	1.67	0.045	0.13	2973.16	21	
P-78	PRV-1	2,952.12	H-5	2,950.06	4	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.18	2,972.98	23	
P-80	H-5	2,950.06	H-6	2,945.90	7	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.32	2,972.66	27	
P-81	H-6	2,945.90	TCV-2	2,942.29	6		59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.28			
P-82	TCV-2	2,942.29	H-7	2,941.30	2	0.64	59.8	63mm / 5	PVC	150	4.48	1.6	0.04	0.08	2,972.30	31	
P-83	H-7	2,941.30	J-11	2,938.51	5	0	59.8	63mm / 5	PVC	150	3.84	1.37	0.03	0.18	2,972.12	34	
P-84	J-11	2,938.51	H-8	2,936.84	3	0.64	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.84	1.43	0.034	0.11	2,972.01	35	
P-85	H-8	2,936.84	PRV-2	2,935.08	3		58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.2	1.19	0.024	0.09	2956.13	21	
P-86	PRV-2	2,935.08	H-9	2,932.71	5	0.64	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	3.2	1.19	0.024	0.13	2,956.00	23	
P-88	H-9	2,932.71	H-10	2,928.58	8	0.64	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	2.56	0.96	0.016	0.15	2,955.85	27	
P-90	H-10	2,928.58	H-11	2,924.80	8	0.64	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.92	0.72	0.009	0.08	2,955.77	31	
P-92	H-11	2,924.80	H-12	2,922.53	5	0.64	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	1.28	0.48	0.004	0.02	2,955.75	33	
P-94	H-12	2,922.53	H-13	2,920.69	4	0.64	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	0.64	0.24	0.001	0.01	2,955.74	35	
P-95	H-13	2,920.69	Pu-2	2,918.75	3	0	58.4	63mm / 7.5	PVC	150	0	0	0	0	2,955.74	37	

Anexo 5. Datos meteorológicos estación Huanta

5.1. Precipitación mensual estación meteorológica Huanta



2007 - 2016 "DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"
"AÑO DE LA CONSOLIDACION DEL MAR DE GRAU"

ESTACIÓN: **CO HUANTA**

LATITUD: 12° 55' 38.64" Sur DPTO.: Ayacucho
LONGITUD: 74° 16' 05.88" Oeste PROV.: Huanta
ALTITUD: 2550 msnm DIST.: Huanta

Parámetro Precipitación Total Mensual (mm) Período: 2005-2015

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2005	44.6	100.3	122.7	13.6	9.0	0.0	5.9	0.0	5.1	32.1	36.5	88.3
2006	97.3	71.6	71.7	31.7	37.0	7.8	0.0	5.4	13.1	37.0	58.1	71.1
2007	100.5	46.3	114.3	22.1	4.8	0.0	4.8	3.6	6.7	42.5	48.3	25.0
2008	79.3	97.0	25.4	4.2	13.6	6.2	0.0	0.0	5.5	20.5	25.3	37.6
2009	91.9	120.5	71.9	48.6	28.8	1.1	10.3	4.7	11.2	17.2	33.7	50.6
2010	163.4	61.1	92.3	36.9	0.0	0.0	0.0	4.0	7.0	41.2	29.4	137.9
2011	208.8	99.3	78.3	29.5	7.6	0.2	1.0	0.2	13.9	21.8	58.6	92.8
2012	89.9	122.3	38.6	50.3	8.3	6.3	6.3	6.2	21.5	21.6	37.3	129.7
2013	132.1	98.0	76.9	34.7	0.8	3.1	1.3	39.2	2.4	57.2	71.4	125.4
2014	126.3	86.6	51.0	12.6	14.2	0.0	3.3	0.0	12.7	48.2	29.9	91.1
2015	169.7	73.6	66.6	69.6	17.4	9.0	11.0	44.2	2.9	23.3	45.7	94.9

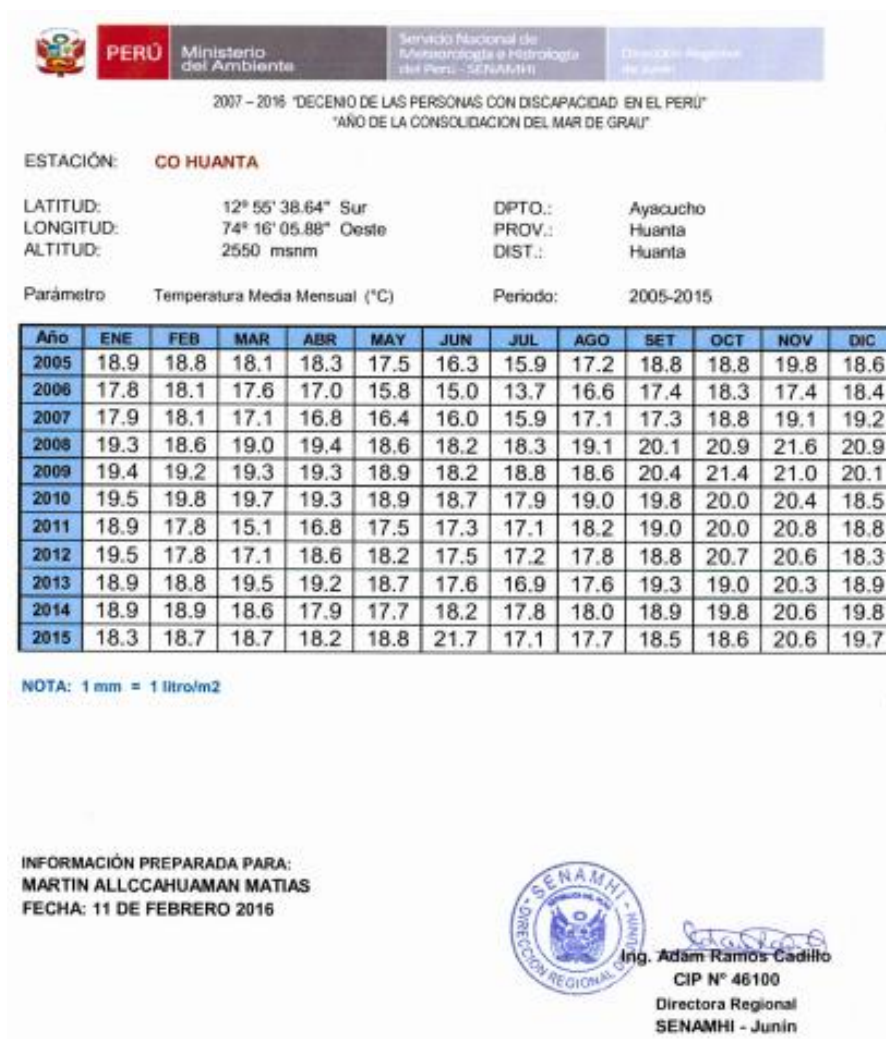
NOTA: 1 mm = 1 litro/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA:
MARTIN ALLCCA HUAMAN MATIAS
FECHA: 11 DE FEBRERO 2016

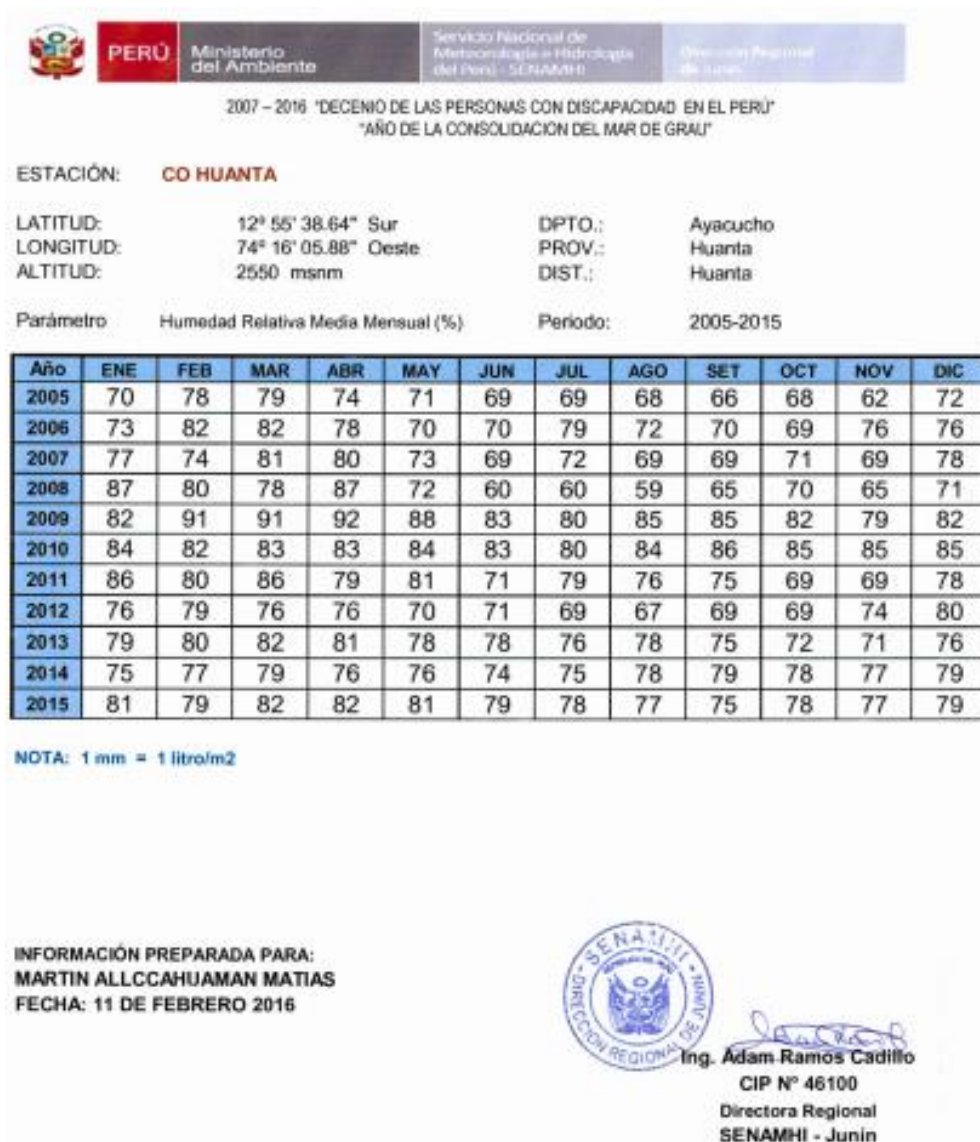


Adam Ramos Cadillo
Ing. Adam Ramos Cadillo
CIP N° 46100
Directora Regional
SENAMHI - Junín

5.2. Temperatura media mensual estación meteorológica Huanta



5.3. Humedad relativa media mensual estación meteorológica Huanta



Anexo 6. Análisis de laboratorio

6.1. Análisis físico de suelo



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORIA Y CAPACITACIÓN EN EVALUACIÓN, MUESTREO DE SUELOS,
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA, USO, MANEJO,
CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS.

ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

1350086

SOLICITANTE: Sr. Martín Alcahuamán Morán

PROYECTO: Instalación del sistema de riego tecnificado por goteo para el GGE Virgen de Asunción, distrito y provincia de Churcampa-Huancavelica.

REGIÓN: Huancavelica

PROVINCIA: Churcampa

DISTRITO: Churcampa

FECHA DE INGRESO: 19-02-16

FECHA DE ENTREGA: 24-02-16

Nº Laboratorio	AS 10654
Nº Campo	Churcampa
Capacidad de campo (%)	24.25
Punto de marchites (%)	14.12
Densidad aparente (g.cc ⁻³)	1.19
Arena (%)	43
Limo (%)	18
Arcilla (%)	39
Clase Textural	Franco
Infiltración básica (mm.h ⁻¹)	11.7

PnD. MARILYN CERDA GÓMEZ
Responsable de Laboratorio

6.2. Análisis de agua



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORIA Y CAPACITACIÓN EN EVALUACIÓN, MUESTREO DE SUELOS,
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA, USO, MANEJO,
CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS.

ANÁLISIS DE AGUA

1150120

SOLICITANTE: Sr. Martín Alicahuamán Matias

PROYECTO: Instalación del sistema de riego tecnificado por goteo para el GGE Virgen de Asunción, distrito y provincia de Churcampa-Huancavelica.


FUENTE: Manantial el Chorro **ALTITUD:** 3009 m.s.n.m. **COORDENADAS:** 8590532.49N; 567256.04E

DEPARTAMENTO: Huancavelica **PROVINCIA:** Churcampa **DISTRITO:** Churcampa

FECHA DE INGRESO: 19-02-16 **FECHA DE RESULTADOS:** 24-02-16

N° Laboratorio	A0489
N° Campo	Churcampa
pH	8.60
C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	580.00
CATIONES (meq/l)	
Calcio	0.96
Magnesio	1.41
Potasio	0.11
Sodio	1.91
Suma de Cationes (meq/l)	4.39
ANIONES (meq/l)	
Nitratos	0.00
Carbonatos	0.21
Bicarbonatos	3.06
Sulfatos	0.36
Cloruros	0.97
Suma de Aniones (meq/l)	4.60
Na (%)	43.50
RAS	1.75
Sales Solubles Totales (ppm)	371.20
Dureza (G.H.F.)	11.77
CLASIFICACIÓN	C2-S1*

*Se trata de aguas de buena calidad aptas para el riego.


Ph.D. MARILENI CERDA GÓMEZ
Responsable de Laboratorio

Anexo 7.

Manual de Operación y Mantenimiento de riego presurizado



Anexo 7.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Riego presurizado



1.0 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, como consecuencia de la instalación de cultivos de alta rentabilidad en nuestro país, también se ha iniciado un proceso de cambio del riego por gravedad hacia los sistemas de riego tecnificado por Aspersión, Micro aspersión y goteo.

Este tipo de riego consiste en simular la lluvia pero controlando el tiempo y su intensidad, mediante una amplia variedad de aspersores diseñados para operar a diferentes presiones, espaciamentos y tamaños, de acuerdo a los requerimientos de los cultivos, suelos, presiones y caudales.

Sus principales ventajas son: el ahorro del agua, evitando pérdidas por evaporación, filtración y desbordamiento en la conducción y distribución del agua. Este riego es apropiado para el riego en la agricultura de ladera, evitando la erosión de los suelos y la pérdida de su fertilidad, es de fácil operación por los miembros de la familia previamente capacitados. Finalmente, aumenta los rendimientos de los cultivos al darle humedad suficiente y en el momento que necesita la planta.

Entre sus desventajas tenemos: Elevado costo, poca uniformidad del riego cuando hay bastante viento, requiere de agua casi limpia y libre de elementos extraños que puedan malograr los accesorios y válvulas que conforman el sistema de riego.

El riego por aspersión te permite:

- Regar los cultivos en forma uniforme y controlada.
- Reducir las pérdidas por conducción y distribución.
- Reducir los efectos de las heladas.
- Mejorar la eficiencia y economía en la aplicación de fertilizantes.
- Reducir los trabajos de nivelación de suelos.
- Reducir el peligro de erosión de los suelos.
- Reducir la necesidad de mano de obra para regar.
- Regar parejo sin desperdicio de agua.

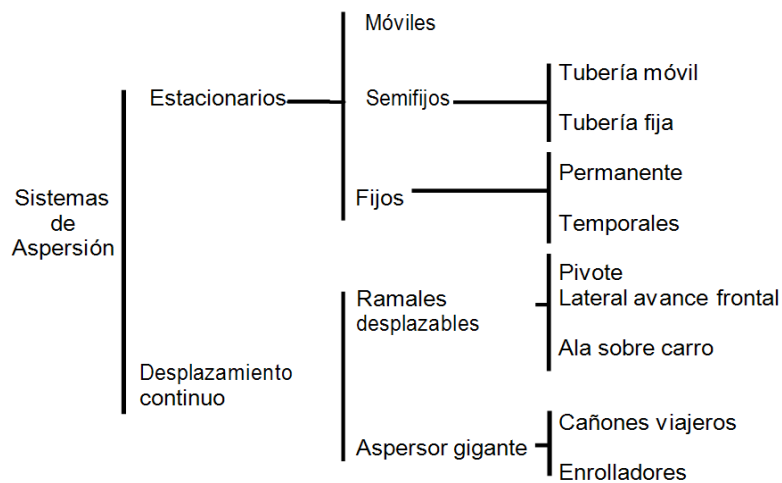
El riego por aspersión adquiere mayor importancia en situaciones de pendientes fuertes o cuando los suelos son arenosos o muy arcillosos, donde no es recomendable el uso de riego superficial.

La Operación y Mantenimiento de un sistema de riego por aspersión requiere acciones o labores de manejo de cada uno de los componentes del sistema para garantizar un adecuado funcionamiento y asegurar el periodo de vida útil para el cual fue diseñado.



Figura 1: Capacitación de funcionamiento de aspersores a los beneficiarios.

Tipos de riego por aspersión



Factores que afectan el Riego

La pendiente es importante afecta la forma del área mojada del aspersor y influye sobre la presión de salida de los aspersores a lo largo de los laterales.

En cuanto al clima, el factor más importante es el viento que arrastra las gotas de agua cambiando la forma del área mojada y el espaciamiento recomendado.

La colocación más recomendable de los aspersores en el campo puede ser cuadrada o rectangular para los sistemas de riegos móviles o semifijos, mientras que la disposición triangular lo es recomendada para el sistema fijo, puesto que se logra una mayor uniformidad.



La operación del sistema

Se tiene un total de 13 turnos de riego, 4 turnos corresponde a riego por Goteo y 9 al riego por aspersión durante 7 días. Los laterales son móviles en riego por aspersión con manguera de PE de 32 mm, C-6.

El riego por goteo contempla, la utilización de goteros insertados a manguera PE de 16 mm C-4, con cabezas regulables de acuerdo al marco de plantación de cultivo palto o aguacate.

El riego por aspersión de 3/4" VYR 66 tiene un marco de riego de 14 m entre aspersores y 14 m entre laterales, en cambio en riego por aspersión aspersión con Xcel Wobbler con un marco de riego 9 m entre aspersores y 9 m entre laterales y en riego por goteo con marco de riego de 5 m entre lateral y 4 m entre plantas.

El sistema se abastece del recurso hídrico proveniente de un canal lateral proveniente de riachuelo de Rumichaca y el manantial El Chorro, que discurre por la parte este de la localidad de Pichcay que a la vez, desde tiempos ancestrales sirvió como fuente de riego, se tiene caudal de oferta 35 l/s, para irrigar las 5.12 ha durante 5 horas por semana.

2.0 COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO INSTALADO

El sistema de riego presurizado tiene los siguientes componentes:

- una caja de toma, compuesto por una rejilla de ingreso y una compuerta metálica tipo tarjeta.
- 30 metros línea de conducción con tubería PVC UF de 160 mm S-25 C/A NTP ISO 4435.
- reservorio de almacenamiento y regulación de 600 m³, impermeabilizado con geomembrana PVC de espesor 1.00 mm.
- Una caja de válvula de descarga y una limpia en reservorio.
- tubería principal, secundaria de 607 m. que comprende de 75 mm, PVC UF-U de PN 5 y 7.5 ISO 1452-2011, ver el plano de tuberías.



- tubería distribuidora de 708 m con tubería PVC NTP ISO 1452 DN 63 mm UF-U PN 5, 7.5 y con tubería PVC NTP 399.002 DN 1 ½" SP C-10 ver el plano de tuberías.
- 9 unidades de válvulas de control tanto en la red de tuberías principales, secundarias y distribuidora de 75 y 63 mm de tipo Mariposa PVC Implex con gatillo más brida, todas con su respectivo caja de protección de PE.
- 9 válvulas reguladores de presión (PRV Senninger), de diámetro de 3", clasificado en Tipo I (por el caudal de paso), el objetivo de estas reguladores es para regular las presiones en los sectores que sobrepasan los presiones estáticas y dinámicas de trabajo, caudal de paso de hasta 17 m³/h. insertadas en las tuberías principal, secundaria, y distribuidora de 75, 63 mm.
- Una cámara rompe presión tipo 7, con control de nivel mediante la instalación de válvulas hidráulica RAPAEL de 2", para el normal funcionamiento del sistema, puesto que existe un desnivel topográfico muy por encima de lo requerido.
- 5 válvulas purgas en los finales de cada sector de tuberías distribuidoras, en 63 mm y en 1 ½", con válvulas PVC tipo bola.
- 3 válvulas de aire doble efecto de 1", su ubicación, está dispuesto en los puntos más altos en el recorrido de la tubería, a fin de eliminar o admitir el aire, dentro del sistema o red de tubería.
- 9 válvulas de aire de 1" simple efecto en cada válvula de control.
- 48 tomas hidrantes con válvulas de acople rápido de 1".
- Lateral móvil con manguera de PE de 32 mm C-6 en riego por aspersión.
- Lateral de riego en goteo manguera de PE de 16 mm C-4.
- 3 arcos de riego de 2" y 1 1/2", que tiene filtro de anillos de 2" y 1 ½", así mismo contiene inyector Venturi de ¾" para la fertilización.

3.0. ESQUEMA HIDRÁULICO

A continuación se presenta el esquema hidráulico del sistema existente con 13 turnos de riego con frecuencia de riego cada 7 días.

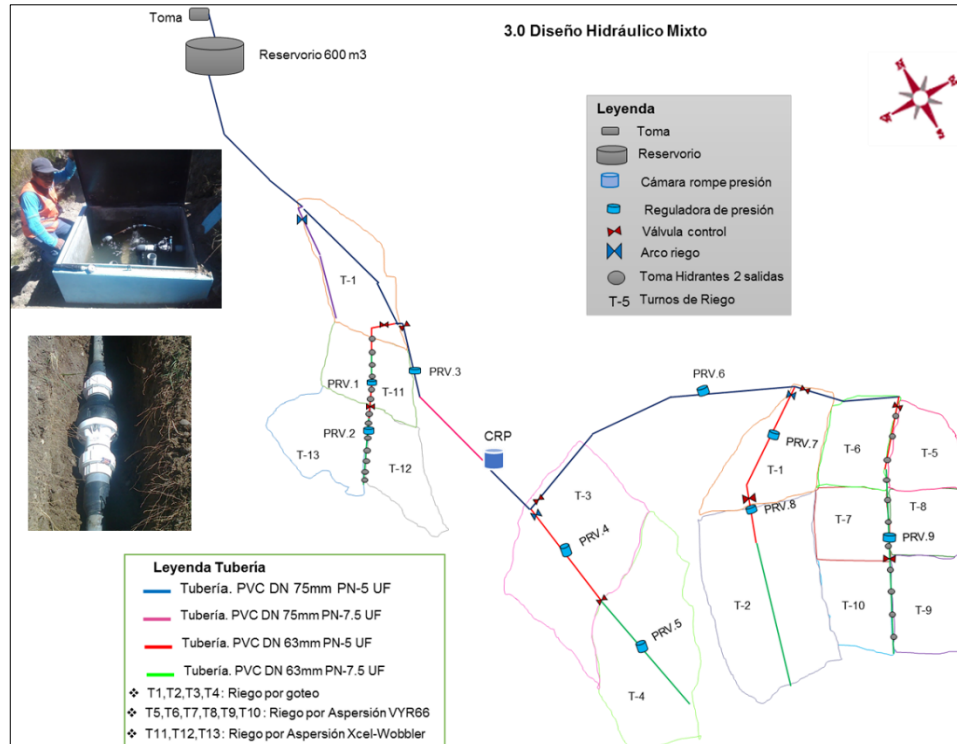


Figura 2: Esquema hidráulico de sistema de riego presurizado

5.0. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PRESURIZADO

5.1 Caja de tomas

La caja de toma construido con concreto $F_c=175\text{kg/cm}^2$ el cual permite decantar sedimentos, lodos con la finalidad de evitar la acumulación de sedimentos, los sólidos (arena, arcilla) en el reservorio. Limpiar el lodo en cada riego, engrasar los marcos de la compuerta para evitar el deterioro rápido de los marcos y la tarjeta de la compuerta, tener cerradura la compuerta para evitar manipuleo de los terceros.



Figura 3: Beneficiarios en la limpieza de caja de tomas



5.2 Reservorio

Son estructuras que sirven para almacenar el agua en horas de la noche y garantizar el riego durante el día. Cuando está integrado directamente al sistema de riego por aspersión, trabaja como cámara de carga.

La tubería de limpia permite evacuar los sedimentos acumulados en el reservorio de almacenamiento.

La caja de válvulas sirve para abrir y cerrar el paso de agua, tubería de rebose de PVC, que permiten evacuar el agua en exceso (en caso de no funcionar el sistema de control automático).

Mantenimiento del reservorio

Cada mes limpiar los cauces del río, riachuelos y acequias de donde se abastece el sistema, limpiar y sacar la maleza alrededor de la captación, mantener el reservorio lejos de letrinas, charcos, basuras, abonos y pesticidas, porque ensucian el agua.

Cada dos meses realizar la limpieza del reservorio y la desinfección correspondiente, engrasarla y pintarla con pintura anticorrosivo las válvulas.

Si observamos que alguna válvula presenta fugas, debemos cambiarla; para lo cual es necesita una válvula nueva, 02 adaptadores, brocha, sierra de arco, llave inglesa.

Después de una hora haber realizado correctamente el cambio de válvula ya se puede utilizar el sistema.

Mantener el cerco perimétrico siempre sano, con la finalidad de evitar de accidentes, el contorno del reservorio cubrir con ichu o paja y arcilla, para evitar el deterioro rápido de la geomembrana expuesta en el bordo libre.



Figura 4: Reservorio de geomembrana de PVC de 1.0 mm

5.3 Válvula principal

Es la válvula que controla la salida del reservorio, válvula de tipo mariposa, el manejo de esta válvula así como de las otras debe hacerse correctamente, abriendo y cerrando de forma gradual (despacio) para evitar daños en la tubería. Realizar mantenimiento con la aplicación de lubricantes y grasas periódicamente, para evitar el oxidamiento de la manija y los pernos que la sujetan. Además la tapa metálica deben ser pintados para evitar la corrosión de la misma, es necesario tenga cerradura la caja de válvulas.



Figura 5: Operación de la válvula de descarga en el reservorio

5.4. Tubería principal – secundaria y distribuidora

La línea de distribución son conductos cerrados que el agua se transporta a presión a tubo lleno. Para saber si la línea de distribución viene funcionando, es

necesario saber cuánta agua sale de la caja de toma, y cuánta agua llega al reservorio. Recorrer toda la línea de distribución observando cuidadosamente, si se ha presentado alguna filtración.

Levantar muros de contención para la protección de la tubería expuestas y rellenar la zanja si la tierra se ha erosionado, esto ocurre con mayor frecuencia en ladera. Si el tubo se ha roto cambiar inmediatamente del mismo diámetro, para ello el beneficiario debe estar bien capacitado en conocer tipo de tubería y de esta manera distinguir si la instalación se encuentra en milímetros o en pulgadas.

5.5 Válvulas de control

Estas válvulas son de tipo mariposa permiten conectar las tuberías distribuidoras a la tubería principal o secundaria, de esta manera delimitar y controlar los diferentes sectores de riego de los turnos de riego, son de control manual, llevan válvula de aire de 1" simple efecto a fin de evitar los daños de la tubería al momento de cierre y apertura. Lubricar y engrasar dichas válvulas, así pintar las enumeraciones en las tapas para distinguir el control de los turnos de riego.

Es necesario su instalación de cerradura o candado en cada uno de la válvula de control a fin de evitar robos de algún elemento que contiene la caja de válvula.



Figura 6: Cajas de válvula de control

5.6. Cámara rompedpresión T-7 con control de nivel

Es una cámara de carga que está construido con concreto de $F_c=210\text{kg/cm}^2$ y acero estructural de $F_y=4200\text{kg/cm}^2$ en malla simple dimensiones de 1.0 x 0.80m altura de 1.0m, tapa metálica de 1.10 x 0.90m, el cual contiene una

válvula hidráulica Raphael de 2" de control de nivel, válvula boya, 02 tuberías de limpia y rebose y una canastilla de ingreso a la salida de tubería al sistema de 90mm a 75mm.

Pintar la tapa metálica con el fin evitar la corrosión rápida y mantener limpio la cámara húmeda del CRP, cuidar la canastilla de ingreso el cual evita el ingreso de material en suspensión al sistema, la válvula de control de nivel es automático en el cierre y apertura del agua eso depende del gasto aguas abajo de la Cámara rompe presión.

La válvula de control de nivel se encuentra regulada, para evitar algún manipuleo inadecuado por los terceros mantener cerrado con candado.



Figura 7: Cámara rompepresión tipo 7 con control de nivel

5.7 Reguladores de presión (PRV)

Los reguladores de presión permite regular la presión en los puntos donde se sobre pasa la presión de operación de los emisores en el sistema de riego.

Estas reguladores son pre reguladas, no requieren un mantenimiento constante, sino de 2 a 3 años, esto a razón cuando presentan una alteración en su regulación, los cuales serán controlados con el manómetro en los hidrantes a su salida.

Para realizar el mantenimiento de los PRVs, es desenterrar con cuidado en la zanja donde se ubican estas reguladores, una vez tenido libre desenroscar las uniones universales para luego sacarlo, sin necesidad de desenterrar largos tramos de la tubería, además este tipo están diseñadas para estar expuesto a aire libre o enterrado y se recomienda no manipular los pernos de la válvula tampoco necesita regularlas.



Figura 8: Reguladores de presión PRXF-LV de 30 PSI Senninger en la tubería de 63mm por el caudal que pasa se clasifica en tipo I



Figura 9: Reguladores de presión PRXF-LV de 30 PSI Senninger en tubería 90 mm por el caudal que pasa se clasifica en tipo II



Figura 10: manteniinto de reguladores de presion en a) reguladores de presión PRXF – LV 3” de 40 PSI en tubería de 90 mm y b) reguladores de presión PRXF – LV 1” de 30 PSI en tubería de 1 ½”.



Una vez realizado la extracción se debe limpiar cada uno de los reguladores en el cual se acumulan arenas, pajas y otros elementos sólidos. Realizar la limpieza con cuidado, no se recomienda desarmar estas válvulas pequeñas que observa en la **figura 11**, pues si lo hace devolver en su sitio por lo que en su interior contiene resortes que sostiene una fuerza al número de PSI de su trabajo.



Figura 11: Se observa la acumulación de arena en cada uno de los reguladores en el interior.

El siguiente es devolver cada uno de estos cuatro reguladores en su posición y dirección correcta, el flujo es en sentido de color oscuro a blanco, es también en el interior llevan similar coloración y la flecha del sentido de flujo. En la figura 12 observamos el ensamblado final.



Figura 12: Ensamblado final de reguladora de presión



Para sacar como para devolver la reguladora de presión tener en mano cadena de ajuste para ajustar y desajustar las uniones universales o aquellos adaptadores con rosca como los UPRs que necesitan ajustar bien el cual se alcanza con esta herramienta cadena de ajuste, esta herramienta útil para realizar mantenimientos de PRV el cual deben disponer antes de realizar los mantenimientos para estos tipos de reguladores de presión.

5.8 Válvulas de aire

Son de polietileno de \varnothing 1" de doble cámara ubicados en los puntos más altos de la red y por lo general al inicio de la línea principal o secundaria, permite eliminar el aire comprimido por el ingreso del agua al interior de las tuberías, se encuentran protegidos por cono PE vaciado con concreto $F_c=140\text{kg/cm}^2$ alrededor.



Figura 13: Válvula de aire de 1" de doble cámara

Trabajos de mantenimiento

Se realiza cuando dicha válvula se obstruye debido a los sedimentos que circulan por la red de tuberías por eso es importante realizar el purgado de toda la red tuberías distribuidoras antes y después de cada riego.

Lo primero que se tiene que realizar es cerrar la válvula general y/o la válvula de control de los laterales y luego abrir las válvula de purga para evacuar el agua y así poder darle el mantenimiento adecuado a dicha válvula.

5.9 Toma de hidrantes

El proyecto cuenta con toma de hidrantes de 1" con válvula PVC tipo Bola y



válvula acople rápido de 1" instaladas en una sola caja de protección, el cual mantiene a una sola lateral de riego. En los cuales se instalan los laterales de riego manguera de 32mm C-6 a partir de la válvula Bayoneta 1".

Tener cuidado en la instalación la bayoneta, primero cerrar la válvula PVC tipo bola de 1" en la toma de hidrante, luego proseguir la instalación de bayoneta con el codo fitting, y conectar la manguera de 32mm en el codo que se encuentra en la bayoneta, una vez instalado abrir la llave de paso



Figura 14: Toma de hidrantes

5.10 Lateral de riego

El lateral de riego es móvil en riego por aspersión VYR 66 y X-CEL Wobbler mangueras PE de 32mm C-6 tendidos por la superficie cuales se insertan a los elevadores con tubería PVC c=10 3/4" con rosca, con su pedestal de madera de 2"x2"x1.50m, espaciados de marcos de riego 14m x14m para riego por aspersión de VYR 66, y para aspersión de X-Cel Wobbler instalado con marcos de riego 9m entre aspersores y 9m entre lateral, los elevadores son de manguera 13mm conectados a la manguera de lateral de 1" con conectores hembra a ello inserta conector macho que va al elevador el cual conecta con el porta aspersor y pedestal de fierro aluminio.

El aspersor VYR 66 con Boquilla (3.96x2.38mm) y aspersor X-Cel Wobbler # 8 - Lavanda (3.18mm), con gasto de hasta 1400 lt/h y 50lt/h respectivamente.

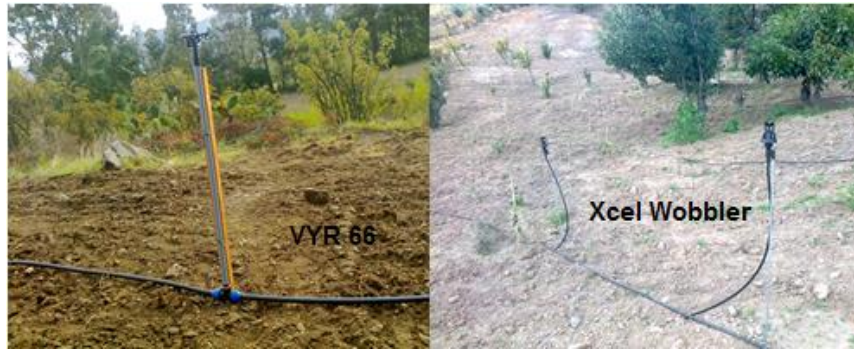


Figura 15: Aspersores VYR 66 y Xcel wobbler



Figura 16: Kids elevador en el riego Xcel wobbler, se tiene instalado

Cómo debemos guardar la línea de riego una vez terminada la campaña

Primero cerrar la llave de paso en los hidrantes, luego sacar los aspersores de cada elevador del lateral de riego, luego desenroscar el codo Fitting y la válvula bayoneta para facilitar el retiro de estos accesorios para tender en el siguiente turno de riego, además deben desenroscarse los tes, codos fitting de los elevadores, para trasladar con facilidad la manguera de 32mm de lateral de riego al siguiente turno de riego.



Figura 17: Lateral de riego para el traslado al siguiente turno de riego



Figura 18: Instalación de apersores en lateral de riego en el siguiente turno

5.13 Arco de riego

Los arcos de riego se encuentra en la tubería distribuidora para parcelas de riego por goteo tubería PVC NTP ISO 1452 UF-U DN 63MM PN 7.5 y en tubería PVC NTP 399.002 SP DN 1 ½" C-10 que componen filtros de anillo de 2" y 1 ½" respectivamente, un manómetro, válvula de aire de 1" simple efecto y la instalación de manguera PE de 16mm PN 4 en riego por goteo.

Para el mantenimiento tener cuidado con filtro de anillo de 120 mesh que se encuentra en el arco de riego el cual se desajusta y sacarlo para realizar la limpieza correspondiente, es el lugar donde se depositan arcillas, arenillas, pajas, se debe realizar en cada riego o cuando sea necesario.

Las válvulas de aire y manómetro no es necesario manipularlas ya que se pueden desgastarse las roscas internas en el ajuste y desajuste de las mismas, además el arco de riego necesita la seguridad para ello construir caseta para cubrir del sol e inadecuado manipuleo de los terceros.

Además contiene inyector de Venturi el cual permite realizar el fertirriego, para cada caso tiene boquillas las cuales deben ser utilizados de acuerdo el volumen necesario que se desea fertilizar.



Figura 19: Limpieza de filtro de anillo 120 mesh en arco riego de 2''



Figura 20: Arco riego de 1 1/2'' en imagen izquierda y imagen derecha prueba de fertilización con inyector Venturi de 3/4''



Figura 21: Componentes en arco riego de 2”

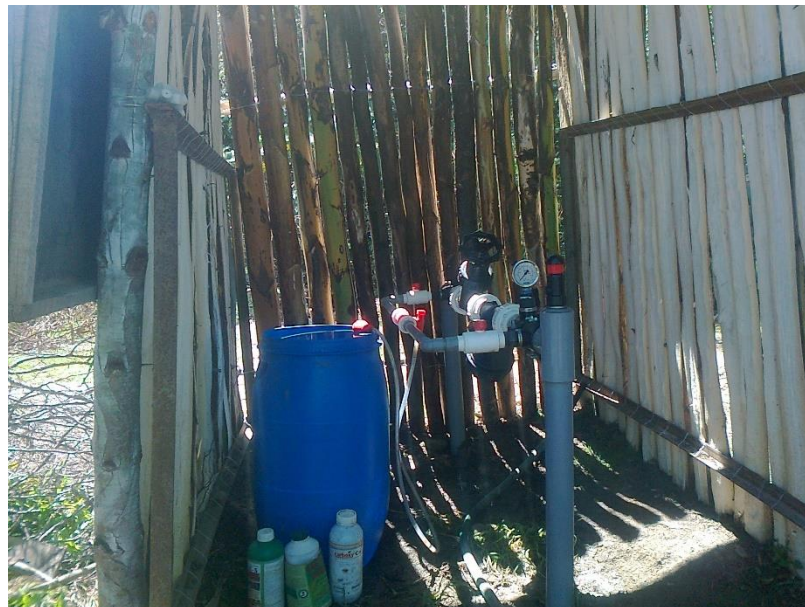


Figura 22: Tanque de fertilización de 70 litros en arco riego de 2”

5.8 Válvula de purga

Antes de cada aplicación de riego, se debe efectuar el purgado, en las válvulas ubicadas al final de cada línea de distribución, para que los sedimentos y desechos sean expulsados y no interfieran el normal funcionamiento del sistema. El purgado debe realizarse ser hasta tener flujo continuo.



Figura 23: Válvula de purga

Operación

Abrir y cerrar la válvula lentamente para no ocasionar cambios bruscos en la tubería aguas arriba en la tubería distribuidora.

6.0 CONCLUSIONES

- Este manual se ha elaborado una guía práctica para los usuarios de riego en la operación y mantenimiento del sistema de riego presurizado tipo, para garantizar su funcionamiento permanente y conservación por largos años de los accesorios y los emisores.
- Es necesaria la participación organizada de los beneficiarios en la capacitación y posterior ejecución de las actividades de operación y mantenimiento del sistema.
- Deberá de realizarse la elaboración participativa con los beneficiarios el plan de riego y su reglamento interno para el funcionamiento y conservación del sistema de riego presurizado.

Ayacucho, Agosto del 2016