

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR MICRO
ASPERSIÓN PARA EL FUNDO AMALIA, DISTRITO LAJAS,
PROVINCIA CHOTA, REGION CAJAMARCA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

JOSE ARBILDO PERALES HUARANCCA

LIMA - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR MICRO
ASPERSIÓN PARA EL FUNDO AMALIA, DISTRITO LAJAS,
PROVINCIA CHOTA, REGION CAJAMARCA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

JOSE ARBILDO PERALES HUARANCCA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. RICARDO APACLLA NALVARTE
Presidente

Dr.Mg. Sc. NÉSTOR MONTALVO ARQUINIGO
Asesor

Mg. Sc. DOMINGO MARCELO PORTUGUEZ MAURTUA
Miembro

Mg. Sc. LIZ MARGOT PALOMINO ZEGARRA
Miembro

LIMA – PERU

2021

DEDICATORIA

A mi madre, por el apoyo constante e incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la empresa Proyecto Tierra Verde S.R.L., por la oportunidad brindada para adquirir nuevos conocimientos y de contribuir en el desarrollo de la empresa.

Al Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo, por los conocimientos brindados durante mi etapa universitaria y en el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| I. PRESENTACIÓN | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN | 3 |
| III. OBJETIVOS | 5 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| IV. REVISIÓN DE LITERATURA | 6 |
| 4.1. REQUERIMIENTO HÍDRICO | 6 |
| 4.2. EFECTOS DEL RIEGO EN PALTOS | 6 |
| 4.3. SISTEMA DE RIEGO EN PALTOS | 7 |
| 4.4. CAPACIDAD DE CAMPO (CC) | 8 |
| 4.5. PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (PMP) | 8 |
| 4.6. AGUA DISPONIBLE O AGUA ÚTIL | 8 |
| 4.7. INFILTRACIÓN BÁSICA DEL SUELO..... | 8 |
| 4.8. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS | 8 |
| 4.8.1. Evapotranspiración de referencia (ET_o) | 9 |
| 4.8.1. Coeficiente de cultivo (K_c) | 10 |
| 4.8.2. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)..... | 10 |
| 4.9. SISTEMAS DE RIEGO | 10 |
| 4.9.1. Riego por diferencia de cotas | 10 |
| 4.9.2. Riego por microaspersión..... | 10 |
| 4.9.3. Riego localizado | 11 |
| 4.10. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN | 11 |
| 4.10.1. Fuente de agua..... | 11 |
| 4.10.2. Bomba de riego | 11 |
| 4.10.3. Cabezal de riego | 12 |
| 4.10.4. Red de conducción y distribución (red de riego) | 13 |
| 4.10.5. Portalateral y emisores | 13 |
| V. DESARROLLO DEL TRABAJO | 14 |
| 5.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO | 14 |
| 5.1.1. Ubicación del proyecto..... | 14 |
| 5.1.2. Topografía | 15 |
| 5.1.3. Datos meteorológicos | 16 |
| 5.1.4. Temperatura máxima mensual (°C) | 17 |
| 5.1.5. Temperatura mínima mensual (°C)..... | 17 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 5.1.6. | Temperatura media mensual (°C) | 18 |
| 5.1.7. | Precipitación acumulada mensual (mm/mes)..... | 18 |
| 5.2. | DISEÑO AGRONÓMICO..... | 19 |
| 5.2.1. | Evapotranspiración Potencial (ET _o) con la Fórmula de Hargreaves | 19 |
| 5.2.2. | Precipitación efectiva mensual (mm/mes) | 20 |
| 5.2.3. | Precipitación efectiva diaria (mm/día) | 20 |
| 5.2.4. | Coeficiente de cultivo (K _c) | 20 |
| 5.2.5. | Evapotranspiración de cultivo ET _c | 21 |
| 5.2.6. | Propiedades físicas del suelo..... | 21 |
| 5.2.7. | Propiedades del cultivo | 22 |
| 5.2.8. | Parámetros generales de riego..... | 23 |
| 5.2.9. | Cálculo de lámina para riego por microaspersión | 24 |
| 5.2.10. | Datos de operación | 27 |
| 5.2.11. | Resumen de diseño agronómico..... | 27 |
| 5.3. | DISEÑO HIDRÁULICO | 28 |
| 5.3.1. | Fuente de agua..... | 29 |
| 5.3.2. | Almacenamiento..... | 29 |
| 5.3.3. | Componentes de un sistema de riego por micro aspersion | 29 |
| 5.3.4. | Cálculo de caudal de diseño | 41 |
| 5.3.5. | Pérdida de carga en tuberías..... | 44 |
| 5.4. | PRESUPUESTO DE PROYECTO | 49 |
| 5.5. | IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO | 50 |
| 5.5.1. | Trabajos preliminares | 50 |
| 5.5.2. | Implementación de sistema de filtrado..... | 51 |
| 5.5.3. | Equipo de fertilización | 52 |
| 5.5.4. | Instalación de matriz y portalaterales..... | 53 |
| 5.5.5. | Instalación de arcos de riego | 55 |
| VI. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 56 |
| 6.1. | CONCLUSIONES..... | 56 |
| 6.2. | RECOMENDACIONES | 57 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 58 |
| VIII. | ANEXOS..... | 61 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Temperatura máxima mensual (°C) Estación Chancay Baños..... | 17 |
| Tabla 2: Temperatura mínima mensual (°C) Estación Chancay Baños | 17 |
| Tabla 3: Temperatura media mensual (°C) Estación Chancay Baños..... | 18 |
| Tabla 4: Precipitación acumulada mensual (mm/mes) Estación Chancay Baños | 18 |
| Tabla 5: Radiación solar extraterrestre Hemisferio Sur en mm/día | 19 |
| Tabla 6: Resultado de tabulación para obtener el valor de la Ra | 19 |
| Tabla 7: Evapotranspiración potencial obtenida con la fórmula de Hargreaves (mm/día) | 20 |
| Tabla 8: Precipitación efectiva mensual obtenido con el software CROPWAT (mm/mes)..... | 20 |
| Tabla 9: Precipitación efectiva diaria (mm/día) | 20 |
| Tabla 10: Coeficiente de cultivo Kc mensual para palto..... | 20 |
| Tabla 11: Evapotranspiración de cultivo ET _c | 21 |
| Tabla 12: Resumen de propiedades físicas según la textura del suelo | 22 |
| Tabla 13: Fracción de agotamiento de la humedad en el suelo (p) para condiciones sin estrés hídrico, para cultivos comunes | 22 |
| Tabla 14: Profundidad radicular efectiva de los cultivos más comunes. | 23 |
| Tabla 15: Parámetros generales de riego | 23 |
| Tabla 16: Eficiencia de aplicación de los diferentes sistemas de riego..... | 24 |
| Tabla 17: Resumen de diseño agronómico..... | 27 |
| Tabla 18: Características de microaspersor | 28 |
| Tabla 19: Datos técnicos de microaspersor | 28 |
| Tabla 20: Resumen de cálculo de caudal de diseño por lote | 42 |
| Tabla 21: Cálculo de diámetro interno de tubería matriz del Lote 1 y 2..... | 43 |
| Tabla 22: Comparativo entre Di calculado y Di de ficha técnica..... | 43 |
| Tabla 23: Caudal máximo (L/s) que se puede transportar por la tubería terciaria | 44 |
| Tabla 24: Coeficiente de fricción de Hazen-Williams (C)..... | 44 |
| Tabla 25: Datos para diseño hidráulico | 45 |
| Tabla 26: Resumen cálculo de presión estática y dinámica del Lote 1 | 45 |
| Tabla 27: Resumen cálculo de presión estática y dinámica del Lote 2 | 45 |
| Tabla 28: Presupuesto para el sistema de riego por microaspersión del Lote 1 | 49 |
| Tabla 29: Presupuesto para el sistema de riego por microaspersión del Lote 2 | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Vista satelital del Fundo Amalia en Google Earth..... | 14 |
| Figura 2: Topografía Fundo Amalia, margen izquierda. | 15 |
| Figura 3: Topografía Fundo Amalia, margen derecha. | 16 |
| Figura 4: Campo con sistema de riego instalado. Se muestra el tipo de suelo..... | 21 |
| Figura 5: Reservorio de 3,000 m ³ , construido con gaviones. | 29 |
| Figura 6: Cálculo de ADT para electrobomba del Lote 1 | 30 |
| Figura 7: Características técnicas, certificaciones y garantía de electrobomba centrífuga normalizada de Pedrollo..... | 31 |
| Figura 8: Campo de prestaciones de electrobomba centrífuga normalizada serie F de Pedrollo..... | 32 |
| Figura 9: Curvas y datos de prestaciones de la serie F40/200 de Pedrollo | 33 |
| Figura 10: Sistema de filtrado y fertilización del Lote 1 | 34 |
| Figura 11: Sistema de filtrado y fertirriego del Lote 2..... | 35 |
| Figura 12: Instalación de inyector Venturi del tipo derivación. | 35 |
| Figura 13: Datos de rendimiento del inyector Venturi. | 36 |
| Figura 14: Ficha técnica de tubería HDPE lisa según NTP ISO 4427:2008 | 37 |
| Figura 15: Componentes de una válvula de aire combinada. | 38 |
| Figura 16: Válvula reductora de presión instalada en la tubería matriz. | 38 |
| Figura 17: Arco de riego típico del proyecto..... | 39 |
| Figura 18: Sub unidad de riego..... | 40 |
| Figura 19: Lateral de riego de 20mm instalada sobre los camellones..... | 40 |
| Figura 20: Microaspersor autocompensado Rivulis RFR | 41 |
| Figura 21: Cálculo de pérdida de carga en las tuberías del Lote 1..... | 47 |
| Figura 22: Cálculo de pérdida de carga en las tuberías del Lote 2..... | 48 |
| Figura 23: Limpieza del terreno en el Lote 1. | 50 |
| Figura 24: Zanjado para red matriz y portlaterales de riego..... | 51 |
| Figura 25: Cabezal de riego del Lote 2 durante su instalación..... | 52 |
| Figura 26: Cabezal de riego del Lote 1 durante su instalación..... | 52 |
| Figura 27: Equipo de fertilización del Lote 1..... | 53 |
| Figura 28: Equipo de fertilización del Lote 2..... | 53 |
| Figura 29: Descarga de tubería matriz..... | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 30: Instalación de la red matriz. | 54 |
| Figura 31: Instalación de arco de riego. | 55 |
| Figura 32: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 01 y Lote 2 | 61 |
| Figura 33: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 02 y Lote 2 | 62 |
| Figura 34: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 03 y Lote 2. | 62 |
| Figura 35: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 04 y Lote 2. | 63 |
| Figura 36: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 05 y Lote 2. | 63 |
| Figura 37: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 06 y Lote 2. | 64 |
| Figura 38: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 07 y Lote 2. | 64 |
| Figura 39: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 08 y Lote 2. | 65 |
| Figura 40: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 01 y Lote 1. | 65 |
| Figura 41: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 02 y Lote 1. | 66 |
| Figura 42: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 03 y Lote 1. | 66 |
| Figura 43: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 04 y Lote 1. | 67 |
| Figura 44_ Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 05 y Lote 1. | 67 |
| Figura 45: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 06 y Lote 1. | 68 |
| Figura 46: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 07 y Lote 1. | 68 |
| Figura 47: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 08 y Lote 1. | 68 |
| Figura 48: Características de microaspersor rondo con control de flujo RFR de Rivulis... | 69 |
| Figura 49: Cantidad máxima recomendada de microaspersores por lateral de riego..... | 70 |
| Figura 50: Características generales de filtro AZUD Spiral Clean. | 71 |
| Figura 51: Características técnicas de filtro AZUD Spiral Clean. | 72 |
| Figura 52: Ficha técnica de tubería HDPE lisa , fabricada bajo la norma NTP ISO 4427:2008 | 73 |
| Figura 53: Características técnicas de accesorios de conexión para tubería HDPE lisa. | 74 |
| Figura 54: Plano hidráulico de sistema de riego por microaspersión en el Fundo Amalia, Lote 1 | 75 |
| Figura 55: Plano hidráulico de sistema de riego por microaspersión en el Fundo Amalia. | 76 |

I. PRESENTACIÓN

El presente trabajo describe las actividades realizadas dentro del desempeño profesional de la carrera de Ingeniería Agrícola enfocadas al diseño e instalación de sistemas de riego tecnificado, las cuales he desempeñado en la empresa PROYECTO TIERRA VERDE S.R.L., en el periodo de febrero del 2018 a junio del 2021. Durante el periodo mencionado asumí cargos como diseñador de sistemas de riego y supervisor de proyectos de riego.

Ingresé a la empresa en el año 2018 como diseñador de sistemas de riego desempeñando las labores de: diseño hidráulico de sistema de riego tecnificado por goteo, aspersión y microaspersión; elaboración de planos de riego, cabezal de riego, reservorio y detalles; elaboración de metrado de materiales; y elaboración de propuesta económica del proyecto. Los principales proyectos diseñados son: diseño de sistema de riego por microaspersión para palto en el fundo Amalia, ubicado en la provincia de Chota ; diseño de sistema de riego por goteo para palto en el fundo San Lorenzo, ubicado en la provincia de Cañete; diseño de sistema de riego por goteo para palto en el fundo Casita Blanca, ubicado en la provincia de Cañete; diseño de sistema de riego por aspersión de áreas verdes en los condominio Villanova 3 y Villanova 4, ubicado en la provincia constitucional del Callao.

A fines del año 2019 asumí el cargo de supervisor de proyectos cumpliendo las funciones como: verificación de la calidad de los materiales y equipos de riego, verificar el seguimiento del plazo de ejecución del proyecto, verificar el correcto procedimiento de instalación de cada componente de un sistema de riego, verificar la puesta en marcha, y el correcto funcionamiento del sistema de riego. Los proyectos que estuvieron bajo mi supervisión son los siguientes: sistema de riego en el fundo San Lorenzo, La Victoria, Amalia; sistema de riego en el condominio Villanova 3; instalación de geomembrana de HDPE lisa nominal 1.00mm y geotextil no tejido de 200gr/m² para reservorio de capacidad 25,000 m³ en el fundo La Quinga en la provincia de Pisco.

En las labores desempeñadas se puso en práctica el diseño agronómico e hidráulico de sistema de riego presurizado, lo cual se enseñó en las asignaturas de Ingeniería de Riegos I y II.

El presente proyecto de monografía se enfocará en el diseño e instalación del sistema de riego por microaspersión para palto en el Fundo Amalia.

II. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la implementación de sistemas de riego por goteo o microaspersión en el cultivo de palto, ha despertado el interés de medianos y pequeños agricultores de la región andina del Perú. Uno de los motivos principales es la ventaja en la producción para el cultivo de palto, dada por las características agroecológicas de sus valles que, permiten la cosecha de palta entre los meses de noviembre y abril y así aprovechar la menor oferta de palta hacia la Unión Europea. Además, presenta baja incidencia de plagas y enfermedades, y un fruto con mayor contenido de materia seca (Velásquez, A., Zegarra, V., & Daga, W., 2015).

Respecto a la disponibilidad hídrica, la superficie bajo riego y con cultivos asciende a 1.808,302 hectáreas y representa el 70.1% de la superficie agrícola de riego (2.579,900 Has). En cuanto las dimensiones de la unidad agropecuaria, en promedio tienen 5.0 Has y suman 1.811,000 unidades, que representa el 81.8% del total. Los valles interandinos se cultivan bajo riego. Los suelos varían desde francos, francos arcillosos y arcillosos de pendiente pronunciada en muchos casos (Velásquez et al., 2015).

Existe un potencial de 60,000 hectáreas de tierras para uso agrícola en los valles interandinos, de las cuales se pueden desarrollar 15,000 a 18,000 hectáreas de palta con asociaciones de productores (Velásquez et al., 2015).

El riego es fundamental para la producción de este cultivo. En la etapa de floración y/o cuajado, se presentan temperaturas bajas o altas que hacen caer pequeños frutos. De modo que el riego en estas etapas es muy crítico, y como menciona Whiley et al. (1988) el buen manejo del riego es fundamental para evitar circunstancias de estrés, ya que reduce la caída e incrementa el tamaño final del fruto (Wolstenholme et al., 1990).

El riego influye no sólo en la distribución de las raíces, sino también en la sensibilidad de las enfermedades como la *Phytophthora spp.* (Fernández et al., 1984). Esta enfermedad muy conocida por los productores de palto, se desarrolla rápidamente en suelos con alto contenido en humedad, por eso el uso de microaspersores y el goteo han dado mejor respuesta que el riego a manta tradicional y los aspersores sobre copa (Ploetz y Schaffer, 1989).

Dada la importancia explicada líneas arriba, el presente trabajo tiene por finalidad modelar un sistema de riego localizado utilizando microaspersores autocompensados en el Fundo Amalia, propiedad de Agroindustrias Schurucancho S.A.C.

El proyecto forma parte de una inversión privada que tiene la finalidad de exportar palta de la variedad Hass.

El Fundo Amalia cuenta con una extensión de 20.60 hectáreas y está ubicada en el distrito de Lajas, provincia Chota y departamento Cajamarca a una altura de 2200 m.s.n.m.

En el presente trabajo se detalla el proceso de modelamiento de un sistema de riego. Para lograr este objetivo se realizó el diseño agronómico e hidráulico para posteriormente instalar los componentes del sistema de riego modelado.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de riego por microaspersión para el cultivo de palto en el Fundo Amalia, distrito de Lajas, provincia Chota, Departamento Cajamarca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar el diseño agronómico del cultivo de palto en el Fundo Amalia, distrito de Lajas.
- b. Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego por microaspersión en el Fundo Amalia, distrito de Lajas.
- c. Calcular el presupuesto de implementación del sistema de riego por microaspersión en el Fundo Amalia, en el distrito de Lajas.
- d. Implementar el sistema de riego por microaspersión en 20 hectáreas del Fundo Amalia, en el distrito de Lajas.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. REQUERIMIENTO HÍDRICO

Determinar el requerimiento hídrico de un cultivo implica saber cuánto y cuándo regar. La cantidad de agua que requieren los cultivos (evapotranspiración) depende de los factores climáticos, de suelo, de suelo y manejo. Entre los factores a considerar está la temperatura, humedad relativa, viento, radiación, período de crecimiento del follaje, el tamaño, la edad, los niveles de producción, la estructura, la distribución de las raíces, la disponibilidad de agua, etc. (Salgado, 1991).

Shalhevet *et al.* (1981), citados por Du Plessis (1991), establecieron que los paltos absorben el 95% del agua en los primeros 60 cm en un suelo que presenta texturas finas, mientras que en texturas medias este porcentaje llegaría a profundidades mayores debido a que las raíces pueden crecer más.

4.2. EFECTOS DEL RIEGO EN PALTOS

Hernández (1991) indica que existiendo un sistema de riego tecnificado el mayor número de raíces se encuentra en la zona de mayor disponibilidad de agua. Durante épocas de sequía, éstas reducen su actividad entrando en dominancia, recuperando su actividad al aumentar la humedad del suelo.

La distribución de las raíces cambia de acuerdo al sistema de riego que se utilice. En el caso de un sistema por microaspersión las raíces crecen superficialmente de acuerdo con la pluviometría sobre el suelo y con el goteo se estimularía a concentrar las raíces dentro del bulbo de mojado (Muñoz, 1988).

El uso de una cubierta de hojas (mulch) cumple eficientemente su función durante períodos de alta demanda atmosférica, el cual disminuye las fluctuaciones térmicas diarias del suelo,

manteniendo la humedad y promoviendo el desarrollo de raíces y raicillas. Mejora las condiciones físicas del suelo y ayuda al control de malezas (Gregoriou y Kumar, 1984). Dado el mejor desarrollo de raicillas absorbentes por debajo del mulch,

Gardiazabal y Rosenberg (1991); Kurtz, Guil y Klein (1991) sugieren que el riego utilizado debe cubrir entre 50 a un 70% de la superficie de la proyección del canopia.

4.3. SISTEMA DE RIEGO EN PALTOS

Los sistemas de riego permiten controlar de mejor forma el exceso y déficit hídrico en los cultivos. Para el diseño de un sistema de riego se debe considerar los meses de mayor demanda de modo que se logre reponer una lámina igual a la evapotranspirada. Es importante considerar el tipo de suelo, en especial la retención de humedad y velocidad de infiltración. Durante los primeros años de crecimiento de las plantas los riegos por aspersion o microaspersión son hasta un 35% menos eficientes que los goteros ya que se ven afectados por el viento y ramas bajas que presente el cultivo y por la mayor superficie aumentando los problemas derivados de las malezas, demandando más trabajo y aumentando la incidencia de algunas enfermedades. El uso de microjets y goteros requiere, que algunos casos, menores presiones de trabajo que los microaspersores, aunque estos últimos se prefieren por su facilidad de monitoreo y por mojar una mayor superficie, lo que favorece a los árboles de palto adultos y disminuye los costos de inversión. Los goteros, a diferencia de los microaspersores y microjets, requieren una buena calidad de agua ya que puede ser una limitante para su uso demandando trabajo extra en la revisión por obturaciones debido a la precipitación de sales y sedimentos (Bender y Sakovich, 1988; Gustafson, 1982).

Las diferencias reales entre usar algún tipo de aspersores o goteros en árboles adultos se presentan cuando el costo del agua no hace posible el uso de los primeros. Investigaciones indican que se requieren ocho a diez goteros por árbol, a diferencia de microaspersión que requiere dos o tres. La mayoría de los sistemas usados son menos eficientes que los que se describen teóricamente debido a la falta de habilidad del agricultor para manejarlos. Si se analizan las cosechas de los árboles de palto regados con goteros o microaspersores no se encuentran grandes diferencias y sólo se obtendrá una reducción en los costos de manejo del sistema si se trabaja en forma sofisticada (Toumey, 1981).

4.4. CAPACIDAD DE CAMPO (CC)

Es el volumen de agua que un suelo puede retener después de saturarlo y dejarlo drenar libremente durante 48 horas. Un suelo está a capacidad de campo cuando la presión necesaria para comenzar a extraer el agua retenida es baja, de menos de 0.3 atmósferas (Ascencios, 2012).

4.5. PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (PMP)

Es el contenido de agua de un suelo a partir de la cual las plantas no pueden extraer más y, por tanto, se marchitan. La presión necesaria para comenzar a extraer el agua que contiene un suelo en su punto de marchitez es de 15 atmósferas (Ascencios, 2012).

4.6. AGUA DISPONIBLE O AGUA ÚTIL

Es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez (Ascencios, 2012).

4.7. INFILTRACIÓN BÁSICA DEL SUELO

La infiltración del agua en el suelo juega un papel fundamental en el ciclo hidrológico. Dependiendo de las condiciones geológicas, puede permanecer en el suelo en su forma de humedad; escurrir como flujo subsuperficial y aflorar como una naciente efímera; o recargar el acuífero, entre otros (Alvarado & Barahona, 2016).

Numerosos estudios han demostrado que la infiltración de los suelos es un buen indicador de la calidad y salud del suelo, ya que el transportar agua dentro del suelo constituye como medio principal para conservar la actividad física, química y biológica de este, al mismo tiempo que recarga los acuíferos (Gómez et al., 2014).

4.8. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS

Está determinada por la evaporación desde el suelo y transpiración de la superficie foliar, que juntos reciben el nombre de evapotranspiración real o de cultivo (ET_c). Existen muchos métodos para determinar el ET_c en función de la evapotranspiración de referencia (ET_o), siendo el método de la evaporación de la bandeja uno de los más usados por su bajo costo y fácil manejo (Ortega y Farías, 1997).

4.8.1. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

La evapotranspiración de una superficie de referencia; es la que ocurre sin restricciones de agua, es llamada evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. Como el cultivo es siempre el mismo, será mayor o menor según sean las condiciones del clima (radiación solar, temperatura, humedad, vientos, etc.) y del entorno (Gómez, 2010).

a. Ecuación de Hargreaves para estimar la ET_o

Cuando no se cuenta con datos meteorológicos de radiación solar, humedad relativa o velocidad del viento se recomienda usar una alternativa donde la ET_o se estima usando la ecuación de Hargreaves:

$$ET_o = 0.0135(t_{media} + 17.78)R_s \dots (1)$$

Donde:

- ET_o : Evapotranspiración potencial diaria, mm/día
- t_{media} : Temperatura media °C.
- R_s : Radiación solar incidente, convertida en mm/día.

La radiación solar incidente, R_s se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre. Ésta última es tabulada y para ello existen varias tablas, todas en función de la latitud y el mes. La tabla está en MJulio/m²/día, para pasar a mm/día (de agua evaporada) se multiplica por 0.4082.

Para obtener el valor de la R_s, Samani (2000) propone la siguiente fórmula:

$$R_s = R_o \times KT \times (t_{max} - t_{min})^{0.5} \dots (2)$$

Donde:

- R_s : Radiación solar incidente, convertida en mm/día.
- R_o : Radiación solar incidente, convertida en mm/día.
- KT : Coeficiente
- T_{max} : Temperatura máxima
- T_{min} : Temperatura mínima

El coeficiente K_T se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves (citado en Samani, 2000) recomienda $K_T = 0.162$ para regiones del interior y $K_T = 0.19$ para regiones costeras.

4.8.1. Coeficiente de cultivo (K_c)

Describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo en cada etapa fenológica, desde la siembra hasta la cosecha.

4.8.2. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Se refiere a la evapotranspiración de un cultivo que se desarrolla libre de enfermedades, con buena fertilización, que crece en un campo extenso bajo condiciones óptimas de humedad en el suelo y el cual alcanza su producción total bajo ciertas condiciones climáticas (Allen, Pereira, Raes & Smith, 2006).

4.9. SISTEMAS DE RIEGO

4.9.1. Riego por diferencia de cotas

La energía utilizada para regar está dada por la diferencia de cotas, que dependiendo del diseño hidráulico y requerimiento de los microaspersores se recomienda tener un reservorio a una altura por encima de la parcela. Es un sistema que no requiere de un sistema de bombeo, por el cual se ahorra energía eléctrica o combustible.

4.9.2. Riego por microaspersión

El agua es conducida a presión al llegar a los microaspersores, que realizan un riego subarbóreo y produce gotas que mojan el terreno de forma similar a la lluvia (Ascencios, 2012). La combinación entre tipo de boquilla y presión es lo que determina el tamaño de las gotas. No son deseables las gotas demasiado grandes ni demasiado pequeñas. El inconveniente del riego por microaspersión es la sensibilidad al viento y vaporización (Ascencios, 2012).

Cada modelo de microaspersor viene caracterizado por unos datos técnicos que reflejan sus condiciones de trabajo ideales: presión nominal de trabajo (atmósferas), caudal (litros por hora), diámetro mojado (metros) y precipitación (mm/hr). Los datos técnicos son necesarios

para saber si se adecuan a las características de una instalación como a las necesidades de riego en un cultivo (Ascencios, 2012).

4.9.3. Riego localizado

Se moja solo la parte del suelo próxima a las plantas. El agua a presión llega mediante tuberías laterales a las plantas.

En el riego por gravedad se pueden conseguir buenas eficiencias de aplicación (mediante un diseño adecuado, nivelación del campo y buen manejo) los altos rendimientos en mano de obra hacen que vaya desapareciendo en favor de la aspersión y el goteo.

4.10. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN

Un sistema de riego consta de seis componentes: fuente de agua, bomba de riego o energía potencial (diferencia de cotas), cabezal de riego, red de conducción y distribución, unidades de riego, subunidades de riego (Ascencios, 2012).

4.10.1. Fuente de agua

El agua utilizada puede provenir de diversas fuentes. Pueden ser subterráneas extraídas a través de pozos, o aguas superficiales captadas de ríos y fuentes (Fernández y García, 2010).

Las aguas subterráneas suelen almacenarse en balsas, estanques o depósitos, para facilitar la decantación de arenas, provocar la formación de precipitados mediante aireación cuando se trate de aguas duras (Fernández y García, 2010).

El agua proveniente de ríos y fuentes debe someterse a labores de prefiltrado, en especial cuando es utilizada sin almacenamiento previo (Fernández y García, 2010).

4.10.2. Bomba de riego

La energía que impulsa al agua de riego, resulta del empleo de una o más bombas de agua. Éstas se encargan de que el agua llegue a los emisores con la suficiente presión (Fernández y García, 2010).

Para impulsar agua desde la fuente de almacenamiento son denominadas centrífugas que son capaces de aspirar el agua desde una altura máxima de siete metros. Para la extracción de agua proveniente de fuentes subterráneas se utilizan bombas sumergibles (Fernández y García, 2010).

4.10.3. Cabezal de riego

a. Sistema de filtrado

Es el componente clave del sistema y uno de los problemas más graves que suele presentarse en los equipos de riego es la obstrucción del gotero producido por: partículas minerales en suspensión (arcilla, limo y arena), materia orgánica y precipitados (principalmente carbonatos) (Liotta, Carrión, Ciancaglini & Olguin, 2015).

b. Sistema de fertilización

Empleado para inyectar fertilizantes, ácido clorhídrico, fosfórico, etc. Está conformado por: depósito de almacenamiento y la inyección (Liotta *et al.*, 2015).

Los depósitos de almacenamiento son tanques resistentes a la corrosión, fabricados de con polietileno, fibra de vidrio o fibrocemento. El tamaño depende de las necesidades del sistema. Por lo general son de 200 a 1000 litros (Liotta *et al.*, 2015).

La inyección es realizada por diferentes dispositivos. Los más usados son: tanque de fertilización, inyector Venturi, inyección directa a través de la bomba del equipo y bombas hidráulicas (Liotta *et al.*, 2015).

c. Aparatos de control y medición

Está conformado por manómetros y contadores de caudal. Los manómetros permiten determinar la presión en los puntos que se desee, tanto en el cabezal como en el campo. Por otro lado, los contadores de caudal cumplen con medir el caudal instantáneo y el volumen regado y es instalado a la salida de los filtros (Liotta *et al.*, 2015).

4.10.4. Red de conducción y distribución (red de riego)

La red de riego es el conjunto de tuberías que transportan el agua hasta los emisores que se encuentran en la sub unidad de riego. Se componen de: Tuberías primarias, secundarias y terciarias (Fernández y García, 2010).

Las tuberías primarias y secundarias están fabricadas con plástico o polietileno (PE). Conducen el agua hasta las unidades, normalmente se entierran a poca profundidad (Fernández y García, 2010).

Las tuberías terciarias o portalaterales también fabricadas de PE, distribuyen el agua en la subunidad de riego. En ellas se conectan los laterales, y van en la superficie (Fernández y García, 2010).

4.10.5. Portalateral y emisores

El portalateral contiene los mecanismos de reparto de agua sobre la superficie a regar, llamados emisores mientras (Fernández y García, 2010).

V. DESARROLLO DEL TRABAJO

5.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

5.1.1. Ubicación del proyecto

El Fundo Amalia se ubica en el centro poblado Churucancha, en el distrito de Lajas, provincia Chota y departamento Cajamarca, cuya posición geográfica es:

| | | |
|-----------|---|---------------|
| Latitud | : | 6°32'37.33" |
| Longitud | : | 78°43'05.16" |
| Altitud | : | 2200 m.s.n.m. |
| Extensión | : | 21.00 ha |

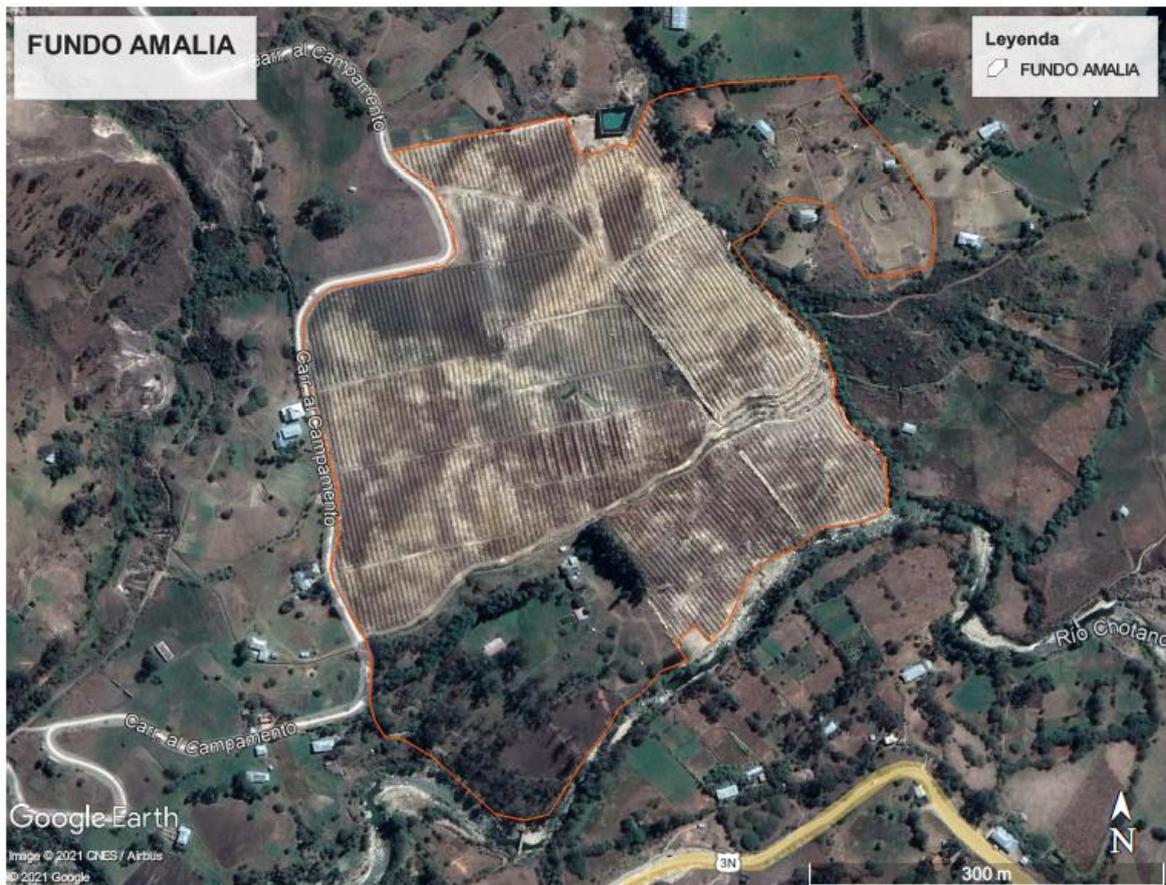


Figura 1: Vista satelital del Fundo Amalia en Google Earth

FUENTE: Google Earth.

5.1.2. Topografía

El fundo Amalia se encargó de realizar el levantamiento topográfico que permitió obtener el área real del proyecto. Con el uso de una estación total se levantaron puntos con coordenadas UTM con los cuales se obtuvieron curvas de nivel cada 1 m, la precisión adecuada para realizar el diseño hidráulico.

El lote 1 tiene una pendiente promedio de 10 % mientras que el lote 2 tiene un promedio de 25 %. La topografía nos ayudará en el diseño para ubicar válvulas reguladoras de presión a lo largo de la matriz y así evitar la ruptura de tuberías, accesorios o emisores a causa de presiones altas.

Existe una quebrada que cruza el fundo y separa las áreas en margen izquierda y derecha según las figura 2 y 3, respectivamente.

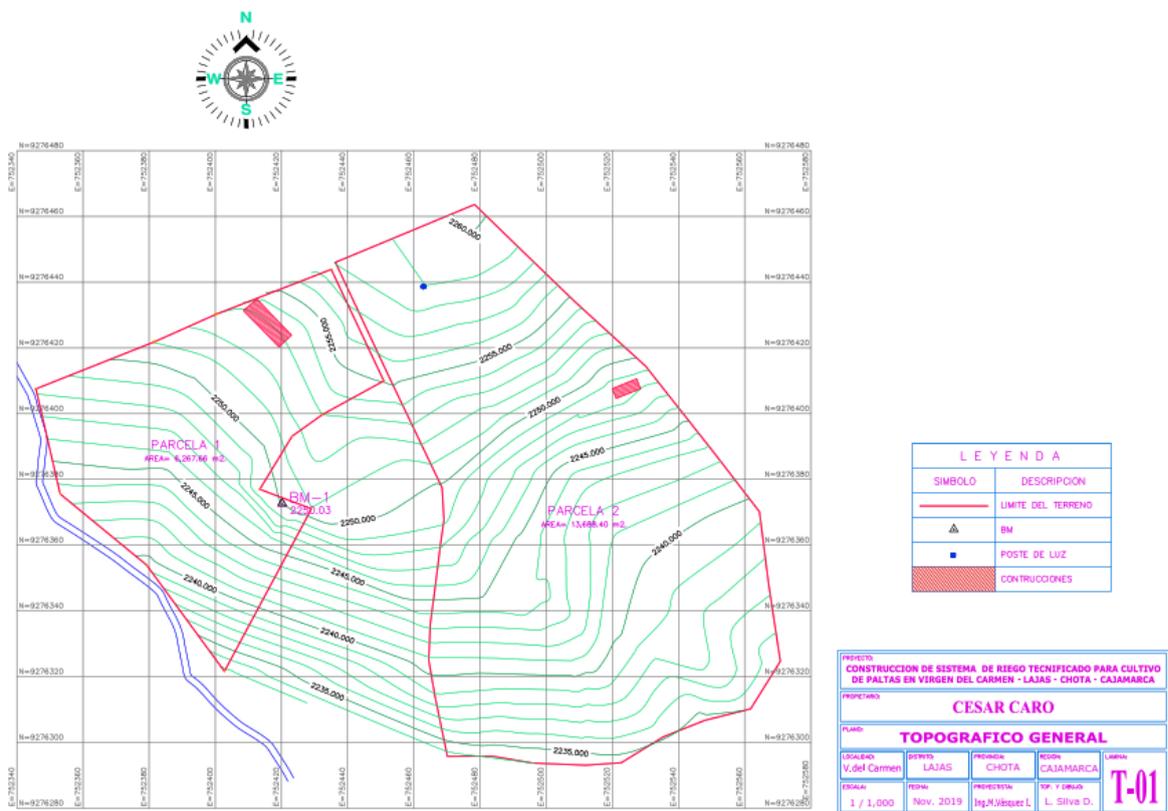


Figura 2: Topografía Fundo Amalia, margen izquierda

FUENTE: Construcción de sistema de riego tecnificado para cultivo de paltas en Virgen del Carmen – Lajas – Chota.

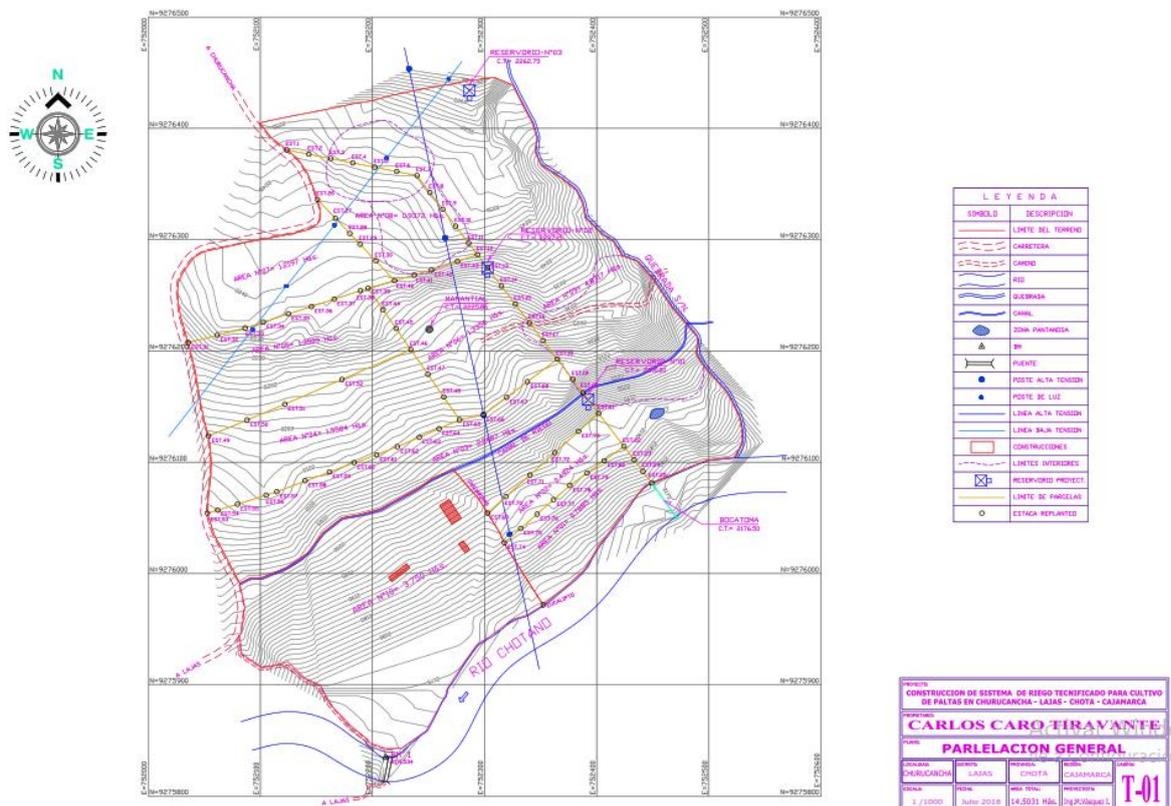


Figura 3: Topografía Fundo Amalia, margen derecha

FUENTE: Construcción de sistema de riego tecnificado para cultivo de paltas en Viriden del Carmen – Lajas – Chota.

5.1.3. Datos meteorológicos

La información utilizada es de la estación Chancay Baños. Ubicada a 30 km del Fundo Amalia a través de la vía que va hacia el distrito Chota.

Departamento : Cajamarca
 Provincia : Santa Cruz
 Distrito : Chancay Baños
 Latitud : 6°34'29.61" S
 Longitud : 78°52'1.96"
 Altura : 1639 m.s.n.m.
 Tipo : Convencional – Meteorológica
 Fuente : SENAMHI / HDR

5.1.4. Temperatura máxima mensual (°C)

Se consideró la información comprendida entre los años 2004 y 2013. De acuerdo a la Tabla 1, la temperatura máxima promedio se produjo en el mes de septiembre con el valor de 28.37 °C.

Tabla 1: Temperatura máxima mensual (°C) Estación Chancay Baños

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2004 | 27.37 | 26.36 | 26.92 | 26.89 | 27.20 | 26.44 | 26.36 | 27.43 | 27.93 | 26.47 | 27.06 | 26.85 |
| 2005 | 27.11 | 26.93 | 25.62 | 27.44 | 28.34 | 27.94 | 26.99 | 27.80 | 28.36 | 26.61 | 27.25 | 26.81 |
| 2006 | 26.33 | 25.37 | 24.99 | 26.11 | 26.96 | 25.96 | 26.59 | 27.66 | 28.37 | 28.92 | 27.44 | 27.64 |
| 2007 | 26.64 | 27.01 | 26.13 | 26.10 | 26.97 | 27.05 | 26.58 | 27.88 | 28.94 | 26.85 | 25.94 | 26.61 |
| 2008 | 25.49 | 25.96 | 24.95 | 24.92 | 25.10 | 26.13 | 26.77 | 27.36 | 27.44 | 26.08 | 26.29 | 28.40 |
| 2009 | 25.84 | 24.88 | 25.67 | 26.20 | 26.17 | 26.98 | 27.04 | 28.52 | 28.66 | 28.58 | 28.05 | 27.69 |
| 2010 | 27.41 | 26.80 | 27.60 | 27.25 | 27.42 | 27.43 | 28.35 | 28.81 | 28.19 | 27.85 | 27.88 | 26.98 |
| 2011 | 26.39 | 26.36 | 26.37 | 25.41 | 26.78 | 27.29 | 27.18 | 28.49 | 27.74 | 26.64 | 27.89 | 25.83 |
| 2012 | 24.77 | 24.87 | 25.98 | 26.26 | 26.05 | 26.52 | 26.91 | 28.16 | 28.96 | 27.52 | 27.57 | 27.28 |
| 2013 | 26.23 | 26.33 | 26.09 | 26.83 | 26.11 | 26.00 | 26.41 | 27.86 | 29.09 | 27.13 | 28.60 | 27.08 |
| Promedio | 26.36 | 26.09 | 26.03 | 26.34 | 26.71 | 26.77 | 26.92 | 28.00 | 28.37 | 27.27 | 27.40 | 27.12 |

5.1.5. Temperatura mínima mensual (°C)

Se consideró la información comprendida entre los años 2004 y 2013. De acuerdo a la Tabla 2, la temperatura mínima promedio se produjo en el mes de Julio con el valor de 9.92 °C.

Tabla 2: Temperatura mínima mensual (°C) Estación Chancay Baños

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2004 | 12.23 | 13.97 | 13.86 | 14.01 | 13.34 | 10.06 | 12.34 | 10.94 | 12.49 | 14.36 | 13.39 | 14.41 |
| 2005 | 11.95 | 14.13 | 14.85 | 13.28 | 10.59 | 12.02 | 9.40 | 10.33 | 11.92 | 12.61 | 10.01 | 11.55 |
| 2006 | 13.01 | 15.04 | 14.57 | 13.99 | 11.59 | 12.41 | 10.16 | 11.12 | 12.09 | 10.73 | 11.40 | 12.75 |
| 2007 | 13.02 | 12.10 | 13.14 | 13.96 | 12.59 | 10.63 | 10.62 | 10.79 | 10.69 | 12.92 | 13.07 | 10.71 |
| 2008 | 12.60 | 11.92 | 11.69 | 11.67 | 10.89 | 9.61 | 9.59 | 10.76 | 11.07 | 13.22 | 13.66 | 12.38 |
| 2009 | 13.86 | 13.40 | 13.05 | 12.99 | 12.15 | 10.55 | 10.37 | 10.79 | 11.49 | 13.22 | 12.18 | 14.98 |
| 2010 | 13.66 | 14.26 | 14.94 | 13.61 | 12.48 | 10.51 | 9.37 | 9.68 | 10.35 | 9.15 | 8.76 | 9.97 |
| 2011 | 11.10 | 10.48 | 10.68 | 11.66 | 9.93 | 9.63 | 9.12 | 10.18 | 10.42 | 9.08 | 9.91 | 10.61 |
| 2012 | 11.53 | 11.51 | 11.22 | 10.28 | 10.42 | 9.69 | 9.10 | 9.75 | 10.42 | 10.88 | 10.99 | 9.74 |
| 2013 | 12.10 | 11.19 | 12.43 | 11.25 | 11.05 | 10.21 | 9.10 | 9.63 | 9.79 | 11.11 | 9.34 | 10.77 |
| Prom. | 12.51 | 12.80 | 13.04 | 12.67 | 11.50 | 10.53 | 9.92 | 10.40 | 11.07 | 11.73 | 11.27 | 11.79 |

5.1.6. Temperatura media mensual (°C)

Este valor se obtuvo promediando los valores máximos medios y mínimos medios.

Tabla 3: Temperatura media mensual (°C) Estación Chancay Baños

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2004 | 19.80 | 20.16 | 20.39 | 20.45 | 20.27 | 18.25 | 19.35 | 19.19 | 20.21 | 20.42 | 20.22 | 20.63 |
| 2005 | 19.53 | 20.53 | 20.23 | 20.36 | 19.46 | 19.98 | 18.19 | 19.07 | 20.14 | 19.61 | 18.63 | 19.18 |
| 2006 | 19.67 | 20.20 | 19.78 | 20.05 | 19.28 | 19.18 | 18.38 | 19.39 | 20.23 | 19.82 | 19.42 | 20.19 |
| 2007 | 19.83 | 19.55 | 19.64 | 20.03 | 19.78 | 18.84 | 18.60 | 19.34 | 19.82 | 19.88 | 19.51 | 18.66 |
| 2008 | 19.05 | 18.94 | 18.32 | 18.30 | 18.00 | 17.87 | 18.18 | 19.06 | 19.26 | 19.65 | 19.98 | 20.39 |
| 2009 | 19.85 | 19.14 | 19.36 | 19.60 | 19.16 | 18.77 | 18.71 | 19.65 | 20.07 | 20.90 | 20.11 | 21.33 |
| 2010 | 20.54 | 20.53 | 21.27 | 20.43 | 19.95 | 18.97 | 18.86 | 19.25 | 19.27 | 18.50 | 18.32 | 18.47 |
| 2011 | 18.75 | 18.42 | 18.53 | 18.54 | 18.35 | 18.46 | 18.15 | 19.33 | 19.08 | 17.86 | 18.90 | 18.22 |
| 2012 | 18.15 | 18.19 | 18.60 | 18.27 | 18.23 | 18.11 | 18.00 | 18.96 | 19.69 | 19.20 | 19.28 | 18.51 |
| 2013 | 19.16 | 18.76 | 19.26 | 19.04 | 18.58 | 18.11 | 17.75 | 18.75 | 19.44 | 19.12 | 18.97 | 18.93 |
| Promedio | 19.43 | 19.44 | 19.54 | 19.51 | 19.11 | 18.65 | 18.42 | 19.20 | 19.72 | 19.50 | 19.33 | 19.45 |

5.1.7. Precipitación acumulada mensual (mm/mes)

La estación meteorológica Chancay Baños registró precipitaciones diarias, las cuales fueron agrupadas mensualmente tal como lo indica la Tabla 4.

Tabla 4: Precipitación acumulada mensual (mm/mes) Estación Chancay Baños

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 2004 | 50.7 | 27.7 | 54.3 | 94.8 | 102.2 | 0 | 53 | 0 | 39.7 | 77.0 | 78.7 | 71.5 |
| 2005 | 18.2 | 67.1 | 242.7 | 37.8 | 4.6 | 23.2 | 0 | 12.2 | 12.6 | 126.3 | 21.4 | 71.7 |
| 2006 | 103.6 | 90.3 | 195.4 | 134.7 | 19 | 70.9 | 24.6 | 30.3 | 48.8 | 30.2 | 119.2 | 28.4 |
| 2007 | 51.4 | 23 | 258.7 | 190.3 | 82.3 | 1.5 | 11.8 | 14.3 | 32.5 | 101.2 | 106.6 | 31.1 |
| 2008 | 60.4 | 214.5 | 253.5 | 166.8 | 59.8 | 28.6 | 47.9 | 43.5 | 141.3 | 160.4 | 81.51 | 10.4 |
| 2009 | 136.6 | 97.7 | 222.9 | 93.1 | 120.4 | 49.4 | 18.5 | 6.51 | 53.5 | 45.5 | 75.3 | 42.9 |
| 2010 | 34.9 | 129.8 | 151.3 | 221.6 | 37.4 | 9.8 | 25.3 | 9.6 | 52.6 | 52.7 | 28.2 | 31.1 |
| 2011 | 84.9 | 91.6 | 104.9 | 280.6 | 47.8 | 11.1 | 20.8 | 16.4 | 145.1 | 67.2 | 34.71 | 86.2 |
| 2012 | 167.4 | 173.9 | 302.0 | 259.3 | 98.6 | 26.8 | 3.5 | 3.4 | 5.5 | 122 | 93.1 | 67.2 |
| 2013 | 77.81 | 76.1 | 189.8 | 136 | 184.7 | 25.4 | 0 | 16.9 | 16.4 | 115.7 | 3.5 | 50.6 |
| Prom. | 78.6 | 99.2 | 197.6 | 161.5 | 75.7 | 24.7 | 20.5 | 15.3 | 54.8 | 89.8 | 64.2 | 49.1 |

5.2. DISEÑO AGRONÓMICO

5.2.1. Evapotranspiración Potencial (ET_o) con la Fórmula de Hargreaves

La fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) para evaluar la evapotranspiración potencial necesita los datos de temperatura y de radiación sola. La ET_o se puede estimar usando la siguiente ecuación:

$$ET_o = 0.0023(T_{media} + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{0,5}R_a \dots (1)$$

Donde:

| | | |
|--------------------|---|--|
| ET _o | : | Evapotranspiración potencial diaria (mm/día) |
| T _{media} | : | Temperatura media (°C) |
| R _a | : | Radiación extraterrestre (mm/día) |
| T _{max} | : | Temperatura máxima (°C) |
| T _{min} | : | Temperatura mínima (°C) |

a. Cálculo de radiación extraterrestre (R_a)

Este se obtiene tabulando la Latitud del proyecto (ver Tabla 5).

Tabla 5: Radiación solar extraterrestre Hemisferio Sur en mm/día

| Latitud | Ene | Feb | Mar | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 14 | 16.6 | 16.2 | 15.3 | 12.0 | 11.1 | 11.4 | 12.8 | 14.5 | 15.8 | 16.4 | 16.6 |
| 12 | 16.4 | 16.2 | 15.4 | 12.3 | 11.5 | 11.8 | 13.1 | 14.7 | 15.8 | 16.2 | 16.3 |
| 10 | 16.1 | 16.0 | 15.4 | 12.7 | 11.9 | 12.2 | 13.4 | 14.8 | 15.7 | 16.0 | 16.1 |
| 8 | 15.9 | 15.9 | 15.5 | 13.0 | 12.2 | 12.5 | 13.6 | 14.9 | 15.7 | 15.8 | 15.8 |
| 6 | 15.6 | 15.8 | 15.5 | 13.3 | 12.6 | 12.9 | 13.9 | 15.0 | 15.6 | 15.6 | 15.5 |
| 4 | 15.3 | 15.6 | 15.5 | 13.6 | 13.0 | 13.2 | 14.1 | 15.1 | 15.5 | 15.3 | 15.2 |
| 2 | 15.1 | 15.5 | 15.5 | 13.9 | 13.3 | 13.5 | 14.4 | 15.1 | 15.4 | 15.1 | 14.9 |
| 0 | 14.8 | 15.5 | 15.5 | 14.2 | 13.6 | 13.8 | 14.6 | 15.2 | 15.3 | 14.8 | 14.5 |

Nota: Original en MJ/m²/día; 1mm/día = 2.45 MJ/m²/día.

Se tabuló con el valor de 6° Latitud Sur y se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 6: Resultado de tabulación para obtener el valor de la R_a

| Latitud | Ene | Feb | Mar | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 6 | 15.6 | 15.8 | 15.5 | 13.3 | 12.6 | 12.9 | 13.9 | 15.0 | 15.6 | 15.6 | 15.5 |

b. Cálculo de la ETo con la Fórmula de Hargreaves

Reemplazando los valores en la Fórmula 1 se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 7: Evapotranspiración potencial obtenida con la fórmula de Hargreaves (mm/día)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ETo | 4.97 | 4.93 | 4.80 | 4.60 | 4.40 | 4.26 | 4.43 | 4.96 | 4.38 | 5.28 | 5.35 | 5.03 |

5.2.2. Precipitación efectiva mensual (mm/mes)

El valor de la precipitación efectiva se obtuvo usando el programa CROPWAT, usando el método USDA S.C.. Se introdujo los valores de precipitación acumulada mensual obtenidos en la estación meteorológica y se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 8: Precipitación efectiva mensual obtenido con el software CROPWAT (mm/mes)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| Pef mensual | 68.7 | 83.4 | 135.1 | 119.8 | 66.5 | 23.7 | 19.9 | 14.9 | 50 | 76.9 | 57.6 | 45.3 |
| Días/mes | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |

5.2.3. Precipitación efectiva diaria (mm/día)

El valor de la precipitación efectiva diaria se obtuvo dividiendo la Pef mensual entre los días de cada mes. Se obtuvo los valores indicados en la Tabla 9.

Tabla 9: Precipitación efectiva diaria (mm/día)

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pef diaria | 2.22 | 2.98 | 4.36 | 3.99 | 2.15 | 0.79 | 0.64 | 0.48 | 1.67 | 2.48 | 1.92 | 1.46 |

5.2.4. Coeficiente de cultivo (Kc)

Para el valor de Kc, Gardiazábal (2000) menciona que los valores mensuales del coeficiente para palto son los siguientes:

Tabla 10: Coeficiente de cultivo Kc mensual para palto

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kc (Chile) | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.75 | 0.75 |

5.2.5. Evapotranspiración de cultivo ET_c

De acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_o y el coeficiente del cultivo K_c:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Los valores de ET_c obtenidos se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11: Evapotranspiración de cultivo ET_c

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ET _c | 3.73 | 3.70 | 3.60 | 3.45 | 3.30 | 2.77 | 2.88 | 3.23 | 3.50 | 3.43 | 4.01 | 3.77 |

5.2.6. Propiedades físicas del suelo

No se realizaron pruebas en campo para determinar las propiedades físicas del suelo. En cuanto a la experiencia obtenida se determinó que el tipo de suelo es Franco – arcilloso, tal como se muestra en la Figura 4.



Figura 4: Campo con sistema de riego instalado. Se muestra el tipo de suelo

Según la observación de campo y con ayuda de la Tabla 12 obtenemos los valores para proceder al cálculo de agua utilizable.

Tabla 12: Resumen de propiedades físicas según la textura del suelo

| Textura del suelo | Densidad aparente (g/cm ³) | Capacidad de campo (% Θ g) | Punto de marchitez permanente (% Θ g) | Infiltración básica (mm/h) |
|-------------------|--|-----------------------------------|--|----------------------------|
| Arenoso | 1.65 (1.55 – 1.90) | 9 (6 – 12) | 4 (2 – 6) | 50 (25 – 250) |
| Franco arenoso | 1.50 (1.40 – 1.60) | 14 (10 – 18) | 6 (4 – 8) | 25 (13 – 75) |
| Franco | 1.40 (1.35 – 1.50) | 22 (18 – 26) | 10 (8 – 12) | 13 (8 – 20) |
| Franco arcilloso | 1.35 (1.30 – 1.40) | 27 (23 – 31) | 13 (11 – 15) | 8 (2.5 – 15) |
| Arcilloso | 1.25 (1.20 – 1.30) | 35 (31 – 39) | 17 (15 – 19) | 5 (1.3 – 10) |

FUENTE: Mihajlovich (1979)

5.2.7. Propiedades del cultivo

a. Porcentaje de agotamiento permisible

Existe un nivel de humedad que debe agotarse antes de regar. También es conocido como porcentaje de agotamiento permisible, que viene a ser la porción de la cantidad de humedad aprovechable en la zona radicular.

Tabla 13: Fracción de agotamiento de la humedad en el suelo (p) para condiciones sin estrés hídrico, para cultivos comunes

| Cultivo | Fracción de agotamiento (para ET=5mm/día) p |
|--|---|
| n. Árboles frutales | |
| Almendras | 0.4 |
| Manzanas, Cerezas, Peras | 0.5 |
| Albaricoque, Durazno, Drupa (fruta de hueso) | 0.5 |
| Aguacates | 0.7 |
| Cítricos | |
| - 70% de cobertura vegetal | 0.5 |
| - 50% de cobertura vegetal | 0.5 |
| - 20% de cobertura vegetal | 0.5 |
| Coníferas | 0.7 |
| Kiwi | 0.35 |
| Olivos (40 a 60% de cobertura de suelo por el dosel) | 0.65 |
| Pistachos | 0.4 |
| Nogales | 0.5 |

FUENTE: Evapotranspiración del cultivo FAO (2007)

b. Profundidad efectiva de raíces (Pr)

Los valores de la profundidad radicular efectiva se muestran en la Tabla 13.

Tabla 14: Profundidad radicular efectiva de los cultivos más comunes

| Cultivo | Profundidad efectiva (cm) | Cultivo | Profundidad efectiva (cm) |
|------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| Banana | 50 - 90 | Repollo | 40 - 50 |
| Melón | 100 - 150 | Pepino | 70 - 120 |
| Cítricos | 120 - 150 | Otras hortalizas | 30 - 60 |
| Olivo | 100 - 150 | Frijol | 50 - 90 |
| Vid | 75 - 180 | Otras leguminosas | 50 - 125 |
| Otros frutales | 100 - 200 | Maíz | 75 - 160 |
| Fresa | 20 - 30 | Cereales | 60 - 150 |
| Cebolla | 30 - 75 | Alfalfa | 90 - 180 |
| Pimiento, tomate | 40 - 100 | Otros pastos | 60 - 100 |
| Piña | 30 - 60 | Palma | 70 - 110 |
| Chile | 50 - 100 | Papa | 40 - 60 |
| Sorgo | 100 - 200 | Camote | 100 - 150 |

FUENTE: Carrazón (2007).

Para el proyecto se eligió el valor promedio del cultivo “Otros frutales” de la Tabla 14. El valor será $Pr = 150\text{cm}$.

5.2.8. Parámetros generales de riego

Tabla 15: Parámetros generales de riego

| Tipo de riego | Microaspersión |
|---|----------------|
| Eficiencia de aplicación E_a (%) | 90 |
| Modelo de emisor | RIVULIS RFR PC |
| Presión de operación de emisor (bar) | 1.5 |
| Caudal de emisor Q_e (l/h) | 41 |
| Diámetro de cobertura del emisor (m) | 4.5 |
| Angulo de cobertura | 360° |
| Distanciamiento entre emisores d_e (m) | 3 |
| Distanciamiento entre laterales d_l (m) | 4.5 |
| Maximas horas de operación por día (hora) | 12 |
| Días de paro/ciclo (día) | 0 |

5.2.9. Cálculo de lámina para riego por microaspersión

a. Lámina neta (Ln)

$$L_n = \frac{a\% \times (CC - PMP) \times P_r \times d_a}{100}$$

Donde:

- CC : Capacidad de campo
- PMP : Punto de marchitez permanente
- Pr : Profundidad efectiva de raíces
- da : Densidad aparente
- a% : porcentaje de agotamiento permisible

b. Eficiencia de aplicación (Ea)

Tabla 16: Eficiencia de aplicación de los diferentes sistemas de riego

| Sistema de riego | Eficiencia de aplicación (Ea) |
|------------------|-------------------------------|
| Goteo | 95% |
| Microaspersión | 90% |
| Aspersión | 75% |
| Superficie | 50% |

FUENTE: Carrazón (2007)

c. Porcentaje de suelo mojado (P)

Se recomienda que el porcentaje de suelo mojado sea entre 50 % y 70 %

Utilizaremos la fórmula, usando un solo emisor por árbol:

$$P = \frac{100 \times 0.785 \times d^2}{d_e \times d_l} \times \frac{\alpha}{360}$$

Donde:

- d : Diámetro de cobertura del emisor (m)
- de : Distancia entre emisores contiguos (m)
- dl : Distancia entre laterales (m)
- α : Ángulo de cobertura del emisor

Si los valores obtenidos de P no se encuentran en el rango recomendado, deben ajustarse:

- Variando las condiciones de operación
- Cambiando la boquilla o el difusor del emisor
- Seleccionando otro emisor, con diferente descarga y diámetro de cobertura.

d. Precipitación de riego horaria o tasa de aplicación (T)

$$T = \frac{Q_e \times 100}{d_e \times d_l \times P}$$

Donde:

- T : Precipitación horaria (mm/h)
Q_e : Caudal del emisor (l/h)
d_e : Distancia entre emisores contiguos (m)
d_l : Distancia entre laterales (m)
P : Porcentaje de suelo mojado (%)

Este valor debe ser inferior o igual a la infiltración básica del suelo, para evitar pérdidas por escorrentía y erosión del suelo.

e. Intervalo de riego

Se calculó con la fórmula:

$$I_r = \frac{L_n \times P}{ET_c}$$

Donde:

- I_r : Intervalo de riego (días)
L_n : Lámina neta de riego (mm)
P : Porcentaje de suelo mojado
ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

f. Lámina de riego ajustada

Se determinó con los valores del intervalo de riego ajustado I_{ra} y la ET_c, usando la siguiente fórmula:

$$L_{ra} = \frac{I_{ra} \times ET_c}{P}$$

Donde:

- L_{ra} : Lámina de riego ajustado (mm)
- I_{ra} : Intervalo de riego ajustado (día)
- ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)
- P : Porcentaje de suelo mojado

g. Lámina bruta (Lb)

Este parámetro expresa la cantidad de agua que se debe aplicar, considerando la eficiencia del sistema de riego. De este modo tenemos que:

$$L_b = \frac{L_{ra}}{E_a} \times 100$$

Donde:

- L_b : Lámina bruta de riego (mm)
- L_{ra} : Lámina de riego ajustada (mm)
- E_a : Eficiencia de aplicación (%)

h. Dosis bruta de riego (Db)

Calculamos la capacidad de almacenamiento necesaria, es conveniente calcular la dosis bruta de riego.

Este valor expresa el volumen de agua que debemos aplicar para el fundo. Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$D_b = 10 \times L_b \times P$$

Donde:

- D_b : Dosis bruta de riego (m³/ha)
- L_b : Lámina bruta de riego (mm)
- P : Porcentaje de suelo mojado (decimal)

i. Duración del riego (D)

Se calculó con la fórmula:

$$D = \frac{L_b}{T}$$

Dónde:

- D : duración del riego (horas)
 Lb : lámina bruta de riego (mm)
 T : precipitación horaria o tasa de aplicación (mm/h)

5.2.10. Datos de operación

a. Tiempo de operación disponible (Td)

El fundo Amalia cuenta con un tiempo máximo de operación de 12 horas.

b. Turnos de riego (Tr)

Se calculó la cantidad de turnos dividiendo D_t entre D. Se recomienda redondear a un valor entero mínimo.

5.2.11. Resumen de diseño agronómico

Tabla 17: Resumen de diseño agronómico

| Simbología | Parámetro agronómico | Valor |
|-------------|---|----------|
| P | Porcentaje de suelo mojado (%) | 70 |
| T | Precipitación de riego horaria (mm/h) | 4.34 |
| Ib | Infiltración básica (mm/h) | 8.00 |
| $Ib \geq T$ | Comparativo entre Ib y T | ACEPTADO |
| Ln | Lámina neta (mm) | 170.10 |
| Ir | Intervalo de riego (días) | 29.69 |
| Ira | Intervalo de riego ajustado (día) | 1 |
| Lra | Lámina de riego ajustado (mm) | 5.73 |
| Lb | Lámina de riego bruta (mm) | 6.37 |
| Db | Dosis de riego bruta (m ³ /ha) | 44.56 |
| D | Duración del riego (horas) | 1.47 |
| Tr | Turnos de riego | 8 |
| Tmax | Tiempo máximo de operación (horas) | 11.76 |

5.3. DISEÑO HIDRÁULICO

Se realizó el diseño hidráulico con la finalidad de determinar los diámetros de tuberías principal, secundarias y laterales, así como de accesorios, y así garantizar el buen funcionamiento del sistema de riego propuesto al Fundo Amalia.

Para el diseño agronómico e hidráulico se recomendó el uso de microaspersores, cuyas características y especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 18 y 19 respectivamente:

Tabla 18: Características de microaspersor

| Característica | Descripción |
|----------------------|-------------|
| Marca | Rivulis |
| Modelo | RFR |
| Color de rotor | Gris |
| Color de boquilla | Azul oscuro |
| Diámetro de boquilla | 1.1 mm |

Tabla 19: Datos técnicos de microaspersor

| Característica | Descripción |
|---------------------------------------|------------------------|
| Rango de presión de trabajo | 1.5 - 3.5 bar |
| Compensación de presión (PC) | Sí |
| Presión (para el cálculo de caudales) | 2.0 bar |
| Diámetro de pulverización | 6.5 m |
| Requisitos de filtrado | |
| >40 - 70 l/h: | 200 micrones / 80 mesh |

Los cálculos hidráulicos, se realizan partiendo desde el final de los sectores, avanzando hacia la fuente de agua del predio. Es decir, se calculan primero las presiones y caudales de entrada en las sub unidades de riego y se continuará con las tuberías secundarias, hasta llegar a las primarias y terminar en el cabezal. Una vez determinados los componentes del cabezal, se procederá a establecer la altura manométrica total, la que junto a la capacidad del sistema permitirá la sección de la bomba y características de filtrado y fertirriego.

Nuestro proyecto consta de 2 lotes. El lote 1 se regará con un sistema de bombeo eléctrico, mientras que el lote 2 lo hará con la energía gravitacional.

5.3.1. Fuente de agua

La fuente de agua considerada proviene del Río Chotano. El caudal aprobado por la ANA es de $40\text{m}^3/\text{h}$. El fundo se encargó de impulsar el agua hacia el punto más alto del predio, 80 metros de elevación y 420 metros de recorrido en la impulsión.

5.3.2. Almacenamiento

El agua es almacenada en una construcción hecha a base de gaviones con un volumen útil de $3,000\text{ m}^3$, el cual abastecerá de agua durante 3 días en la etapa de máximo requerimiento hídrico. La construcción tiene 8m de altura y talud interior de $z = 1$.



Figura 5: Reservorio de $3,000\text{ m}^3$, construido con gaviones.

5.3.3. Componentes de un sistema de riego por micro aspersión

5.3.3.1. Cabezal de riego

Pizarro (1996) señala que es elemento central de una instalación de riego, compuesta por un conjunto de elementos que permite el tratamiento del agua de riego, su filtración y medición, así como la aplicación de fertilizantes.

a. Equipo de bombeo

Conformado por una bomba impulsada a través de un motor eléctrico o a combustión. Su

función es proporcionar el caudal y la presión necesaria para la operación del sistema de riego.

El tipo de motor a elegir dependerá de las condiciones del lugar, puesto que en muchos lugares de la serranía peruana no se cuenta con energía eléctrica. Para nuestro proyecto se realizaron trámites para que se instale una subestación eléctrica (trifásica).

Como se mencionó, el lote 1 operará con la impulsión de una electrobomba, para ello realizamos el cálculo de ADT.

$$ADT = hf + \Delta h + \text{pérdida en arco de riego} + \text{pérdida en cabezal de riego} + \text{presión de operación}$$

Donde:

hf : Pérdida por fricción de tubería.

Δh : Desnivel desde la caseta de bombeo y la válvula.

En la Figura 6 se muestra el resumen de la ADT para cada válvula, según el turno de riego asignado.

| TURNO | CAUDAL (m3/h) | VALVULA N° | hf (m) | DESNIVEL (m) | PARDIDA EN ARCO DE RIEGO (m) | PERDIDA EN CABEZAL (m) | PRESIÓN DE OPERACIÓN (m) | ADT (mca) |
|----------|---------------|------------|--------|--------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------|
| TURNO 01 | 25.13 | VÁLVULA 01 | 1.29 | -6.40 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 29.89 |
| | | VÁLVULA 02 | 0.53 | -4.20 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 31.33 |
| TURNO 02 | 30.02 | VÁLVULA 03 | 4.62 | -12.80 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 26.82 |
| | | VÁLVULA 04 | 1.57 | -13.20 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 23.37 |
| TURNO 03 | 29.92 | VÁLVULA 05 | 5.08 | -18.30 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 21.78 |
| | | VÁLVULA 06 | 7.14 | -21.40 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 20.74 |
| TURNO 04 | 29.74 | VÁLVULA 07 | 7.62 | -19.10 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 23.52 |
| | | VÁLVULA 08 | 9.78 | -21.70 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 23.08 |
| TURNO 05 | 25.34 | VÁLVULA 09 | 0.75 | -6.30 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 29.45 |
| | | VÁLVULA 10 | 0.91 | -9.70 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 26.21 |
| TURNO 06 | 22.82 | VÁLVULA 11 | 2.99 | -19.10 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 18.89 |
| | | VÁLVULA 12 | 3.72 | -21.70 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 17.02 |
| TURNO 07 | 28.91 | VÁLVULA 13 | 4.61 | -5.00 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 34.61 |
| | | VÁLVULA 14 | 4.92 | -3.00 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 36.92 |
| TURNO 08 | 28.87 | VÁLVULA 15 | 7.43 | -2.00 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 40.43 |
| | | VÁLVULA 16 | 8.22 | -19.30 | 5.00 | 5.00 | 25.00 | 23.92 |

Figura 6: Cálculo de ADT para electrobomba del Lote 1

La operación normal de la bomba debe estar cercana al punto de máxima eficiencia, por lo general está entre los 60 % y 80 %. Para determinar la potencia debemos usar la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q\gamma H}{746\eta}$$

Donde:

- P : Potencia requerida de la bomba (HP)
 Q : Caudal de operación (m³/s)
 γ : Peso específico del agua (N/m³)
 H : Altura total de bombeo (m)
 η : Eficiencia del bombeo

El valor de H viene a ser la ADT, consideraremos el valor de η = 70%, y reemplazando obtenemos que la potencia es igual a 6.33 HP.

Luego elegimos la potencia utilizando la ficha técnica del fabricante de preferencia. Para el proyecto se recomendó la línea de bombas centrífugas normalizadas de Pedrollo. El modelo elegido es de la serie F que cuenta con las características técnicas que se muestran en la Figura 8.

CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **5750 l/min** (345 m³/h)
- Altura manométrica hasta **98 m**

LÍMITES DE USO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente de **-10 °C** hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo bomba **10 bar** (PN10)
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
 IEC 60335-1
 CEI 61-150

EN 60034-1
 IEC 60034-1
 CEI 2-3



Dimensiones del cuerpo de la bomba conformes a la norma **EN 733**

CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
 ISO 9001: CALIDAD

USOS E INSTALACIONES

- Abastecimiento hídrico
- Presurización
- Irrigación
- Circulación del agua en instalaciones de climatización
- Instalaciones de lavado
- Instalaciones Anti Incendio
- Industria
- Agricultura

La instalación se debe realizar en lugares cerrados, bien aireados y protegidos de la intemperie.

EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

- KIT contrabridas completo de tornillos, tuercas y juntas
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Para líquidos con temperaturas más altas o más bajas
- Para ambientes con temperaturas más altas o más bajas

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

Figura 7: Características técnicas, certificaciones y garantía de electrobomba centrífuga normalizada de Pedrollo.

A continuación, en la Figura 8, se presenta el campo de prestaciones brindadas por el fabricante.

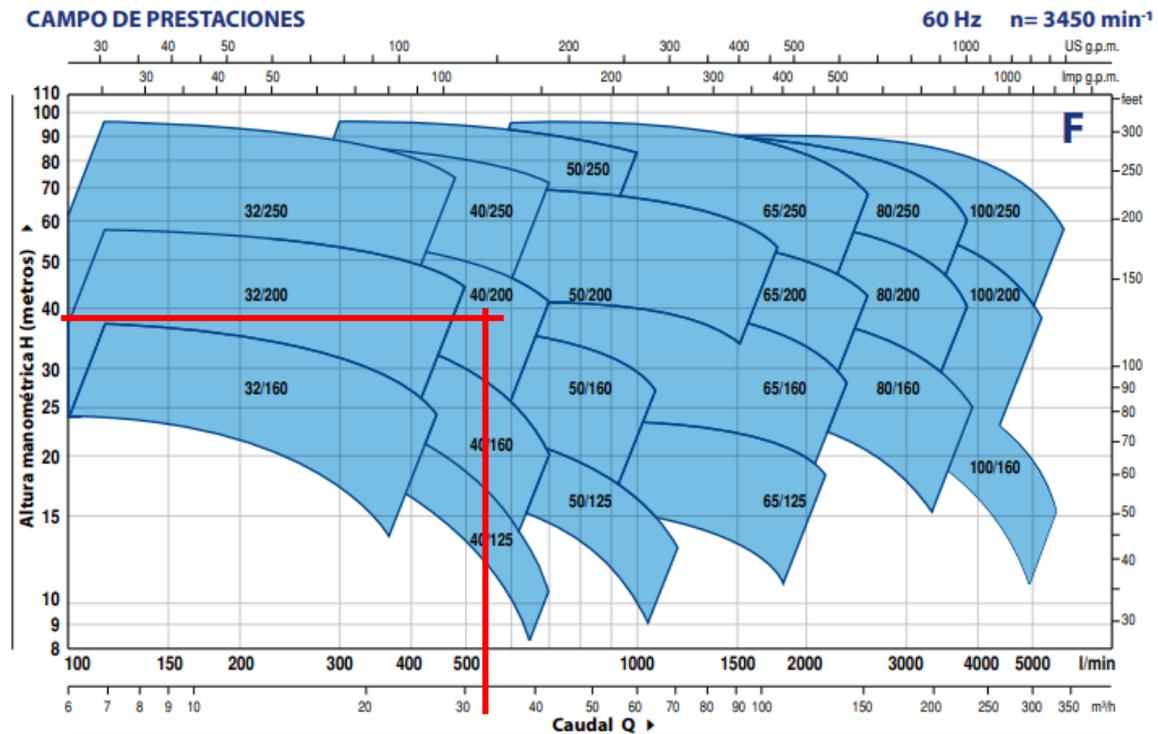


Figura 8: Campo de prestaciones de electrobomba centrífuga normalizada serie F de Pedrollo

Con el campo de prestaciones podemos elegir la serie de la marca y modelo elegido. Se eligió la serie 40/200 y para encontrar la electrobomba adecuada se revisó la curva y datos de prestaciones de la serie elegida.

F40/200

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz $n = 3450 \text{ min}^{-1}$ $HS = 0 \text{ m}$

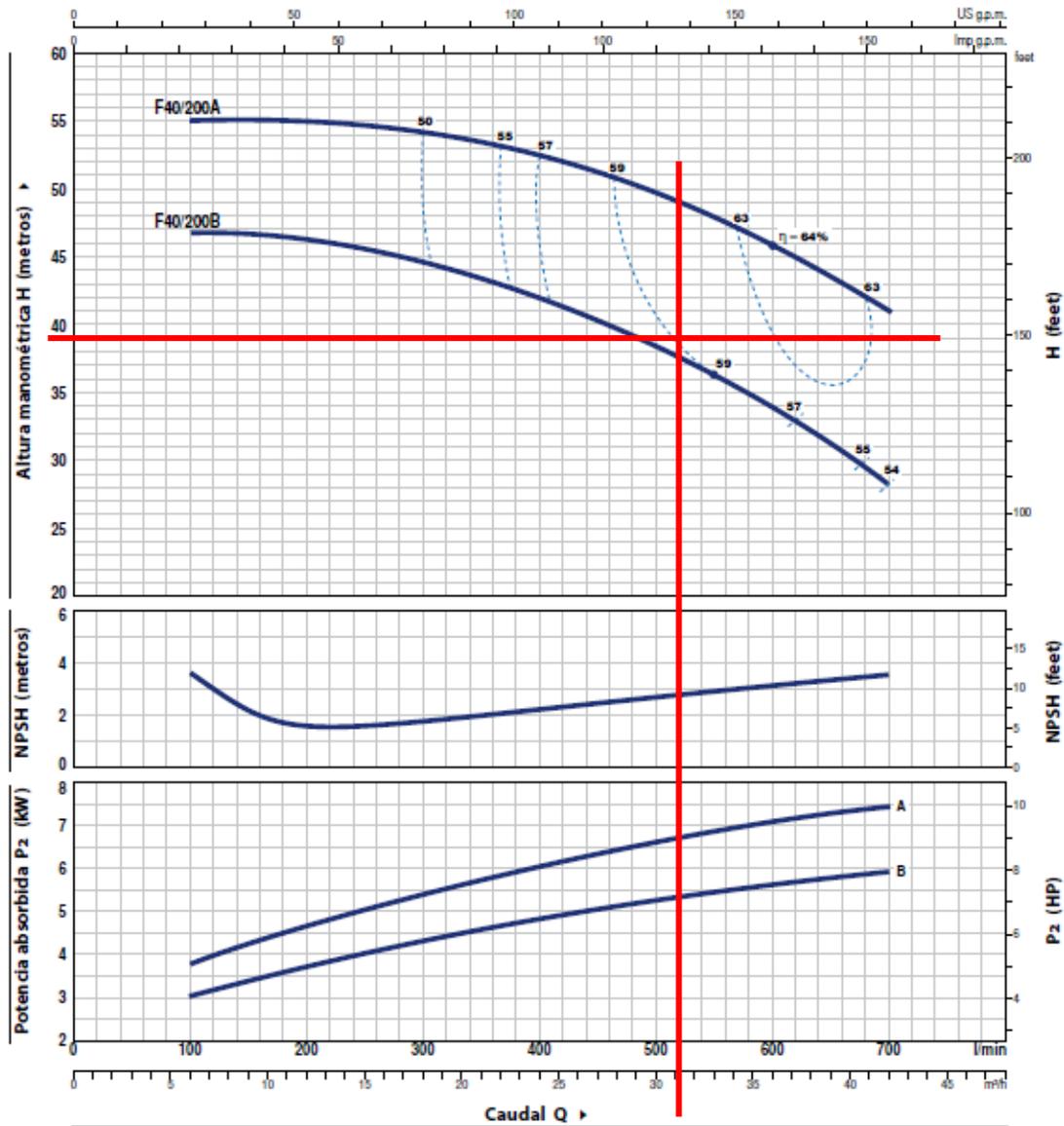


Figura 9: Curvas y datos de prestaciones de la serie F40/200 de Pedrollo

Como se observa, en la Figura 9 tenemos dos modelos de la serie F40/200 y el único modelo que cumple con los requerimientos del sistema de riego es el modelo F40/200A. También se observa que el modelo elegido logra alcanzar una potencia 9 HP operando con los requerimientos de riego.

b. Sistema de filtrado

Es la parte más importante de nuestro proyecto, la cual está compuesta principalmente por filtros de mallas semiautomáticos. La ficha técnica del emisor elegido nos recomienda el grado de filtración adecuada para nuestro sistema de riego.

El sistema de filtrado del Lote 1 cuenta con 1 filtro de mallas semiautomático, 2 manómetros de glicerina, 1 válvula de alivio y 2 válvulas de aire de doble efecto.

Los filtros son de la marca AZUD modelo SPIRAL CLEAN 3N, con malla de acero inoxidable AISI 316, carcasa de filtro de poliamida reforzada con fibra de vidrio, superficie filtrante 1730cm^3 , y caudal máximo $50\text{m}^3/\text{h}$.



Figura 10: Sistema de filtrado y fertilización del Lote 1

El sistema de filtrado del Lote 2 cuenta con 3 filtro de mallas semiautomático, 2 manómetros de glicerina, 1 válvula de alivio y 2 válvulas de aire de doble efecto.



Figura 11: Sistema de filtrado y fertirriego del Lote 2

c. Equipo de fertilización

A solicitud del fundo Amalia, se instalaron 2 tanques de polietileno de 1100 L. Se recomendó el uso de 2 arcos de inyección con Venturi de 2" con rango de inyección entre 105 a 1124 L/h.

VENTURI + MANUAL VALVE

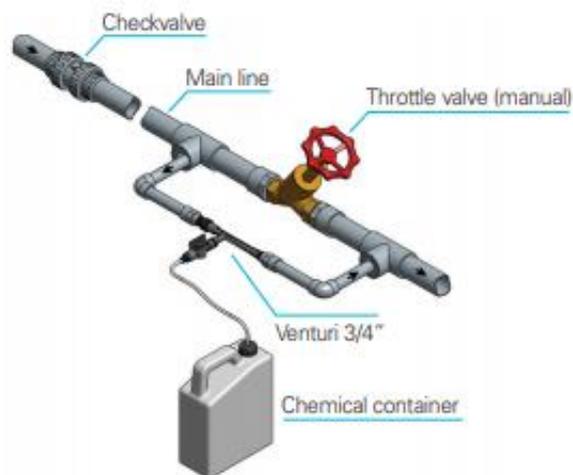
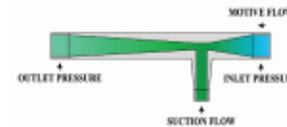


Figura 12: Instalación de inyector Venturi del tipo derivación

INJECTOR PERFORMANCE DATA (MAX. OPERATING PRESSURE IS 5 BARS)



| OPERATING PRESSURE | | MODEL 3/4" X 0.9 | | MODEL 2" X 12 | |
|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| Injector Inlet [m] | Injector Outlet [m] | Motive Flow [l/h] | Suction Flow [l/h] | Motive Flow [m ³ /h] | Suction Flow [l/h] |
| 14 | 3 | 522 | 215 | 6.7 | 1170 |
| | 7 | | 121 | | 905 |
| | 8 | | 78 | | 735 |
| | 10 | | - | | 282 |
| 21 | 3 | 636 | 190 | 7.9 | 1180 |
| | 7 | | 190 | | 1066 |
| | 10 | | 138 | | 1080 |
| | 14 | | 54 | | 590 |
| 28 | 3 | 726 | 176 | 9 | 1180 |
| | 7 | | 176 | | 1073 |
| | 10 | | 176 | | 1081 |
| | 14 | | 162 | | 1075 |
| | 17 | | 66 | | 864 |
| | 21 | | - | | 105 |
| 35 | 7 | 817 | 167 | 9.7 | 1106 |
| | 10 | | 167 | | 1105 |
| | 14 | | 167 | | 1091 |
| | 17 | | 167 | | 1089 |
| | 21 | | 95 | | 999 |
| | 24 | | 19 | | 643 |
| 42 | 7 | 885 | 162 | 10.8 | 1071 |
| | 14 | | 162 | | 1102 |
| | 17 | | 162 | | 1099 |
| | 21 | | 158 | | 1101 |
| | 24 | | 99 | | 982 |
| | 28 | | 44 | | 728 |
| 49 | 7 | 953 | 158 | 11.5 | 1121 |
| | 14 | | 158 | | 1123 |
| | 21 | | 157 | | 1124 |
| | 24 | | 157 | | 1115 |
| | 28 | | 127 | | 1124 |
| | 31 | | 61 | | 1075 |
| | 35 | | 9 | | 706 |
| | 38 | | - | | 213 |

Figura 13: Datos de rendimiento del inyector Venturi

5.3.3.2. Red de distribución

Conformada por una red matriz, que inicia en el reservorio y continúa hasta las sub unidades de riego. Conformada por tubería HDPE lisa SDR 17 PN8 PE80 de diámetro 110, 90 y 75 mm.

Las tuberías portlaterales son de HDPE lisa SDR 17 PN8 PE80 de diámetro 75, 63 y 50 mm.

Las tuberías de HDPE lisa fueron fabricadas en base a la norma NTP ISO 4427:2008.

| | | Relación estándar de dimensiones (SDR) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------|--|------------------|----------------|------------------|--------------|------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|----------------|------------------|
| | | SDR 33 (S16) | | SDR 26 (S12.5) | | SDR 21 (S10) | | SDR 17 (S8) | | SDR 13.6 (S6.3) | | SDR 11 (S5) | | SDR 9 (S4) | | SDR 7.4 (S3.2) | |
| | | Presión Nominal | | | | | | | | | | | | | | | |
| PE-80 | equiv. | 4.0 bar | | 5.0 bar | | 6.0 bar | | 8.0 bar | | 10.0 bar | | 12.5 bar | | 16.0 bar | | 20.0 bar | |
| PE-100 | equiv. | 5.0 bar | | 6.0 bar | | 8.0 bar | | 10.0 bar | | 12.5 bar | | 16.0 bar | | 20.0 bar | | 25.0 bar | |
| DN (mm) | DN Equiv. (pulg) | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml | e mín. (mm) | Peso prom. Kg/ml |
| 20 | 1/2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.0 | 0.12 | 2.3 | 0.13 | 3.0 | 0.16 |
| 25 | 3/4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.0 | 0.148 | 2.3 | 0.17 | 3.0 | 0.21 | 3.5 | 0.24 |
| 32 | 1 | - | - | - | - | - | - | 2.0 | 0.2 | 2.4 | 0.23 | 3.0 | 0.28 | 3.6 | 0.33 | 4.4 | 0.39 |
| 40 | 1-1/4 | - | - | - | - | 2.0 | 0.245 | 2.4 | 0.29 | 3.0 | 0.36 | 3.7 | 0.43 | 4.5 | 0.51 | 5.5 | 0.61 |
| 50 | 1-1/2 | - | - | 2.0 | 0.31 | 2.4 | 0.367 | 3.0 | 0.50 | 3.7 | 0.55 | 4.6 | 0.67 | 5.6 | 0.79 | 6.9 | 0.94 |
| 63 | 2.00 | - | - | 2.5 | 0.49 | 3.0 | 0.570 | 3.8 | 0.72 | 4.7 | 0.88 | 5.8 | 1.06 | 8.1 | 1.27 | 8.6 | 1.48 |
| 75 | 2-1/2 | - | - | 2.9 | 0.67 | 3.6 | 0.819 | 4.5 | 1.02 | 5.6 | 1.24 | 6.8 | 1.48 | 8.4 | 1.78 | 10.3 | 2.12 |
| 90 | 3 | - | - | 3.5 | 0.97 | 4.3 | 1.170 | 5.4 | 1.47 | 6.7 | 1.78 | 8.2 | 2.14 | 10.1 | 2.57 | 12.3 | 3.03 |
| 110 | 4 | - | - | 4.2 | 1.41 | 5.3 | 1.78 | 6.6 | 2.18 | 8.1 | 2.64 | 10.0 | 3.18 | 12.3 | 3.82 | 15.1 | 4.54 |
| 160 | 6 | - | - | 6.2 | 3.06 | 7.7 | 3.74 | 9.5 | 4.56 | 11.8 | 5.56 | 14.6 | 6.74 | 17.9 | 8.05 | 21.9 | 9.56 |
| 200 | 8 | - | - | 7.7 | 4.73 | 9.6 | 5.83 | 11.9 | 7.12 | 14.7 | 8.65 | 18.2 | 10.50 | 22.4 | 12.60 | 27.4 | 14.94 |
| 250 | 10 | - | - | 9.6 | 7.37 | 11.9 | 9.02 | 14.8 | 11.06 | 18.4 | 13.54 | 22.7 | 16.35 | 27.9 | 19.60 | 34.2 | 23.32 |
| 280 | 11 | - | - | 10.7 | 9.19 | 13.4 | 11.38 | 16.6 | 13.90 | 20.6 | 16.96 | 25.4 | 20.50 | 31.3 | 24.64 | 38.3 | 29.24 |
| 315 | 12 | 9.7 | 9.34 | 12.1 | 11.70 | 15.0 | 14.30 | 18.7 | 17.60 | 23.2 | 21.50 | 28.6 | 25.95 | 35.2 | 31.16 | 43.1 | 37.01 |
| 355 | 14 | 10.9 | 11.81 | 13.6 | 14.79 | 16.9 | 18.16 | 21.1 | 22.40 | 26.1 | 27.25 | 32.2 | 32.94 | 39.7 | 39.58 | 48.5 | 46.93 |
| 400 | 16 | 12.3 | 15.01 | 15.3 | 18.75 | 19.1 | 23.16 | 23.7 | 28.31 | 29.4 | 34.56 | 36.3 | 41.82 | 44.7 | 50.21 | 54.7 | 59.60 |
| 450 | 18 | 13.8 | 18.94 | 17.2 | 23.71 | 21.5 | 29.28 | 26.7 | 35.87 | 33.1 | 43.78 | 40.9 | 52.96 | 50.3 | 63.57 | 61.5 | 74.55 |
| 500 | 20 | 15.3 | 23.68 | 19.1 | 29.25 | 23.9 | 36.13 | 29.7 | 44.32 | 36.8 | 54.02 | 45.4 | 65.34 | 55.8 | 78.44 | - | - |
| 560 | 22 | 17.2 | 29.80 | 21.4 | 36.67 | 26.7 | 45.22 | 33.2 | 55.52 | 41.2 | 67.77 | 50.8 | 81.86 | 62.5 | 98.38 | - | - |
| 630 | 24 | 19.3 | 37.60 | 24.1 | 46.46 | 30.0 | 57.12 | 37.4 | 70.32 | 46.3 | 85.66 | 57.2 | 103.97 | 70.3 | 124.46 | - | - |
| 710 | 28 | 21.8 | 47.83 | 27.2 | 59.14 | 33.8 | 72.89 | 42.1 | 89.32 | 52.2 | 108.93 | 64.5 | 131.91 | 79.3 | 158.21 | - | - |
| 800 | 32 | 24.5 | 60.55 | 30.6 | 74.94 | 38.1 | 92.30 | 47.4 | 113.29 | 58.8 | 138.24 | 72.6 | 167.29 | 89.3 | 200.73 | - | - |
| 900 | 36 | 27.6 | 76.70 | 34.4 | 94.75 | 42.9 | 116.88 | 53.3 | 143.29 | 66.2 | 175.06 | 81.7 | 211.75 | - | - | - | - |
| 1000 | 40 | 30.6 | 94.46 | 38.2 | 116.90 | 47.7 | 144.36 | 59.3 | 177.09 | 72.5 | 213.25 | 90.2 | 259.91 | - | - | - | - |
| 1200 | 48 | 36.7 | 135.88 | 45.9 | 168.45 | 57.2 | 207.67 | 67.9 | 244.03 | 88.2 | 310.90 | - | - | - | - | - | - |
| 1400 | 54 | 42.9 | 185.15 | 53.5 | 229.03 | 66.7 | 282.49 | 82.4 | 344.68 | 102.9 | 423.24 | - | - | - | - | - | - |
| 1600 | 64 | 49.0 | 241.63 | 61.2 | 299.43 | 76.2 | 368.91 | 94.1 | 449.89 | 117.6 | 552.83 | - | - | - | - | - | - |
| 1800 | 72 | 54.5 | 302.56 | 69.1 | 380.25 | 85.7 | 466.60 | 105.9 | 569.33 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2000 | 80 | 60.6 | 373.72 | 76.9 | 469.88 | 95.2 | 576.01 | 117.6 | 702.55 | - | - | - | - | - | - | - | - |

1) La presión nominal PN corresponde a la máxima presión de operación admisible en Bar, a 20° C.
2) Valores en pulgadas utilizados como referencia con la norma ASTM/ANSI B 36.10.
3) La relación SDR corresponde al cociente entre el diámetro externo y espesor de la tubería.

Figura 14: Ficha técnica de tubería HDPE lisa según NTP ISO 4427:2008

A lo largo de la red de distribución suelen formarse burbujas de aire y presiones dinámicas mayores a la resistencia de la tubería. Para expulsar las burbujas de aire se recomendó la instalación de válvulas de aire combinadas y para reducir las presiones se instalaron válvulas reductoras de presión.

5.3.3.3. Válvula de aire

Para el Lote 1 se consideró la instalación de 3 válvulas de aire combinada de 2", mientras que en el Lote 2 se consideraron 5 válvulas de aire del mismo tipo. Las válvulas se instalaron en los tramos con cambio de pendiente, en puntos altos y en tramos largos de baja pendiente con la finalidad de expulsar las burbujas de aire que se generan en el llenado y operación del sistema.

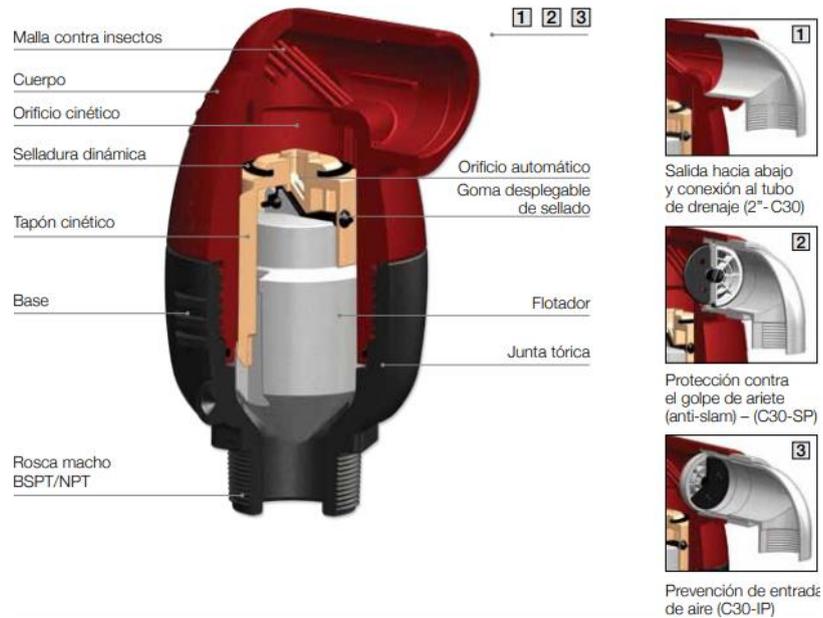


Figura 15: Componentes de una válvula de aire combinada

5.3.3.4. Válvula reductora de presión

Se consideró 1 válvula reductora de presión RH de 4", con la finalidad de reducir la presión dinámica aguas abajo.

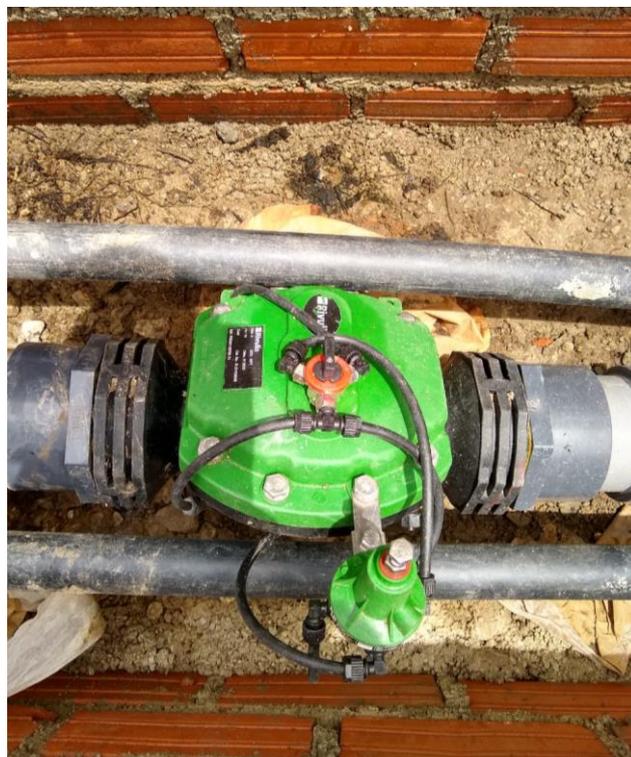


Figura 16: Válvula reductora de presión instalada en la tubería matriz

5.3.3.5. Sub unidad de riego

a. Arco de riego

Según Rodrigo et al. (1992), los arcos de riego sirven para cerrar y abrir el paso del agua como consecuencia a una señal hidráulica, que puede ser originada de manera manual o automática, además es capaz de responder a ordenes eléctricas mediante la implementación de un solenoide.

Para el Fundo Amalia se recomendó arcos con válvulas manuales del tipo mariposa y de asiento angular. Las válvulas del tipo mariposa para abrir o cerrar el paso del agua, y las válvulas de asiento angular u oblicua para regular la presión de ingreso al portateral. Cada arco de riego cuenta con un manómetro de glicerina de 0 a 6 bar para controlar la presión de ingreso a la sub unidad de riego o parcela.



Figura 17: Arco de riego típico del proyecto

b. Portateral o tubería terciaria

Es la tubería que alimenta directamente al lateral de riego y está controlada por un arco de riego. Ambos componentes conforman una sub unidad de riego.



Figura 18: Sub unidad de riego

c. Lateral de riego

Son mangueras de polietileno de baja densidad tendidos a lo largo de los camellones. Estos se conectan a los portales laterales a través de un accesorio llamado conector inicial que sellan perfectamente, evitando fugas y futuras desconexiones. Los laterales que se recomendaron son de 16 y 20 mm.



Figura 19: Lateral de riego de 20mm instalada sobre los camellones

d. Microaspersor

El riego por microaspersión es un sistema de riego presurizado que nació en el país de la

cuna del riego por goteo, Israel. Este sistema de riego, en la última década ha tenido gran aplicación en el riego de árboles frutales e invernaderos (Gaitán, 2019).

Es recomendable para cultivos como frutales, riego en viveros y algunas hortalizas. Los más comunes son los microaspersores propiamente dichos en los que se clava un soporte al suelo y se abastece de agua de una manguera que suele estar superficial (Ortiz, 2020).



Figura 20: Microaspersor autocompensado Rivulis RFR

5.3.4. Cálculo de caudal de diseño

5.3.4.1. Número total de micro aspersores

El número total de emisores se obtiene usando la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de microaspersores} = \frac{A_t}{dlxde}$$

At : Área total del proyecto (m²)

dl : Distancia entre laterales (m)

de : Distancia entre emisores (m)

5.3.4.2. Caudal total (Qt)

Se obtiene multiplicando el número de micro aspersores por su caudal:

$$Q_t = \frac{Q_e \times N^\circ \text{ de microaspersores}}{1000}$$

Donde:

Qt : Caudal total (m³/h)

Qe : Caudal de emisor (l/h)

5.3.4.3. Caudal de diseño (Qd)

Se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_d = \frac{Q_t}{T_r}$$

5.3.4.4. Resumen de caudales de diseño por lote

Tabla 20: Resumen de cálculo de caudal de diseño por lote

| Lote | Nº de microaspersores | Área (ha) | Caudal total (m ³ /h) | Caudal de diseño (m ³ /h) |
|--------|-----------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Lote 1 | 6,067 | 8.19 | 248.75 | 31.09 |
| Lote 2 | 8,237 | 11.12 | 337.72 | 42.22 |

5.3.4.5. Dimensionamiento de tubería matriz y terciaria

Según De la Fuente et al. (2013), la tubería principal es la encargada de transportar el agua desde la toma hasta los arcos de riego, esta tubería siempre estará presurizada.

Una vez determinado el caudal con el que se va a regar y la presión de funcionamiento de los emisores, se debe dimensionar el diámetro y de la tubería (Pittman, 1997).

Para esta etapa se consideran alternativas desde el punto de vista económico. El diámetro seleccionado deberá conducir el gasto de diseño con velocidades comprendidas entre 0.6 y 2.0 m/s. Para valores por debajo de 0.6 m/s se forma sedimentos y velocidades superiores a 2 m/s se obtienen pérdidas de carga muy elevadas. El diámetro se obtiene de la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Donde:

d_i =diámetro(m)

Q=caudal de diseño (m³/s)

v=velocidad permisible (se considera 2 m/s)

5.3.4.6. Dimensionamiento de tubería matriz

Luego de obtener el caudal de diseño, se procedió a calcular el diámetro máximo por el cual pasará el fluido.

Tabla 21: Cálculo de diámetro interno de tubería matriz del Lote 1 y 2

| Lote | Caudal de diseño (m ³ /h) | Caudal de diseño (m ³ /s) | V _{max} (m/s) | Di calculado (m) | Di calculado (mm) |
|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Lote 1 | 31.09 | 0.008636111 | 2 | 0.074147954 | 74.15 |
| Lote 2 | 42.22 | 0.011727778 | 2 | 0.086406801 | 86.41 |

Luego se comparó el Di calculado con el Di según la ficha técnica de la tubería. El Di calculado debe ser menor que el Di de lo que indica la ficha técnica de la tubería. Por lo tanto, elegimos el diámetro de acuerdo a la Tabla 22.

Tabla 22: Comparativo entre Di calculado y Di de ficha técnica

| Lote | Características de tubería matriz | Di calculado (mm) | Di ficha técnica (mm) |
|--------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Lote 1 | DN 90mm SDR17 PE80 | 74.15 | 79.20 |
| Lote 2 | DN 110mm SDR17 PE 80 | 86.41 | 96.80 |

5.3.4.7. Dimensionamiento de tubería terciaria o portalateral

Las tuberías terciarias se usan de diámetro nominal igual a 50, 63 y 90 mm. Las consideraciones para elegir el diámetro adecuado dependerán del caudal obtenido en la parcelación. Para ello se consideró como referente el caudal máximo cuando el agua fluye a una velocidad de 2 m/s, estos valores se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23: Caudal máximo (L/s) que se puede transportar por la tubería terciaria

| Portalateral de riego | Di ficha técnica (mm) | Caudal máximo con v = 2 m/s (L/s) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| DN 63 mm SDR17 PE 80 | 55.40 | 4.82 |
| DN 75 mm SDR17 PE 80 | 66.00 | 6.84 |
| DN 90 mm SDR17 PE 80 | 79.20 | 9.85 |

5.3.5. Pérdida de carga en tuberías

La pérdida de carga en tuberías se relaciona a otras variables como caudal (Q), diámetro interno (D), velocidad del agua (v), longitud (L) y rugosidad del material de la tubería.

Existen varias ecuaciones y diagramas para el cálculo de pérdidas en las tuberías, de las cuales la más exacta es Darcy-Weisbach, sin embargo en diseño es común el uso de la ecuación de Hazen-Williams (Uribe, 2000).

Ecuación de Hazen-Williams

$$h_f = 1.21 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

Donde:

h_f : pérdida de carga debido al rozamiento (m)

C: factor de fricción de Hazen-Williams

L: longitud de la tubería (m)

d_i : diámetro interior (mm)

Q: caudal del agua en la tubería (l/s)

Los valores del Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams en función del material de la tubería. La Tabla 24 muestra los valores para algunos materiales:

Tabla 24: Coeficiente de fricción de Hazen-Williams (C)

| Material | Condición | C_{HW} |
|---------------------|--------------------|----------|
| Concreto | Variable | 130 |
| Arcilla vitrificada | Buenas condiciones | 100 |
| PVC | Constante | 150 |
| Polietileno (PE) | Constante | 130-140 |
| Abesto-Cemento | Constante | 140 |

FUENTE: Saldarriaga (2007)

Para el diseño hidráulico de la red de tuberías se consideraron los siguientes datos:

Tabla 25: Datos para diseño hidráulico

| Característica | Descripción |
|---------------------------------------|--------------------|
| Caudal de microaspersor | 41 L/h |
| N° de microaspersor por arco de riego | 373 |
| Caudal por arco de riego | 4.25 L/s |
| N° de arcos por turno | 3 |
| Caudal requerido del sistema (máximo) | 12.74 L/s |
| Coef. Hazen – Williams (C) HDPE | 140 |

A continuación, se presenta un resumen del cálculo de presión estática y dinámica del Lote 1 y Lote 2.

Tabla 26: Resumen cálculo de presión estática y dinámica del Lote 1

| Válvula N° | Caudal (L/s) | Presión estática (m) | Presión dinámica (m) |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Válvula N° 01 | 3.50 | 6.40 | 0.89 |
| Válvula N° 02 | 3.50 | 4.20 | 0.62 |
| Válvula N° 03 | 4.15 | 12.80 | 1.50 |
| Válvula N° 04 | 4.23 | 13.20 | 1.48 |
| Válvula N° 05 | 4.02 | 18.30 | 0.71 |
| Válvula N° 06 | 4.32 | 21.40 | 1.57 |
| Válvula N° 07 | 4.15 | 19.10 | 1.47 |
| Válvula N° 08 | 4.13 | 21.70 | 1.50 |
| Válvula N° 09 | 3.87 | 6.30 | 0.69 |
| Válvula N° 10 | 3.17 | 9.70 | 0.56 |
| Válvula N° 11 | 3.53 | 19.10 | 1.13 |
| Válvula N° 12 | 3.67 | 21.70 | 1.15 |
| Válvula N° 13 | 4.02 | 5.00 | 1.43 |
| Válvula N° 14 | 4.02 | 3.00 | 0.72 |
| Válvula N° 15 | 4.02 | 2.00 | 1.43 |
| Válvula N° 16 | 4.02 | 19.30 | 1.03 |

Tabla 27: Resumen cálculo de presión estática y dinámica del Lote 2

| Válvula N° | Caudal (L/s) | Presión estática (m) | Presión dinámica (m) |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Válvula N° 01 | 3.82 | 34.30 | 23.42 |
| Válvula N° 02 | 4.11 | 52.50 | 35.62 |
| Válvula N° 03 | 4.13 | 60.00 | 42.90 |
| Válvula N° 04 | 3.80 | 33.50 | 27.24 |
| Válvula N° 05 | 3.82 | 35.00 | 29.92 |
| Válvula N° 06 | 3.80 | 34.50 | 28.65 |
| Válvula N° 07 | 4.08 | 45.00 | 38.71 |

«continuación»

| | | | |
|---------------|------|-------|-------|
| Válvula N° 08 | 3.53 | 45.70 | 40.98 |
| Válvula N° 09 | 3.49 | 44.30 | 40.12 |
| Válvula N° 10 | 3.49 | 41.50 | 37.46 |
| Válvula N° 11 | 3.23 | 37.20 | 33.37 |
| Válvula N° 12 | 3.25 | 33.90 | 30.00 |
| Válvula N° 13 | 4.29 | 37.50 | 37.39 |
| Válvula N° 14 | 4.31 | 47.80 | 44.81 |
| Válvula N° 15 | 3.23 | 38.50 | 38.37 |
| Válvula N° 16 | 3.23 | 47.10 | 46.58 |
| Válvula N° 17 | 3.13 | 27.80 | 27.35 |
| Válvula N° 18 | 3.75 | 48.80 | 47.19 |
| Válvula N° 19 | 4.25 | 51.70 | 43.88 |
| Válvula N° 20 | 4.37 | 55.80 | 47.31 |
| Válvula N° 21 | 4.32 | 57.80 | 45.93 |
| Válvula N° 22 | 4.32 | 42.70 | 37.95 |
| Válvula N° 23 | 4.35 | 41.90 | 35.55 |
| Válvula N° 24 | 3.96 | 35.70 | 31.32 |

| TRAMO | | Lr | Le | Q | TIPO | Coef. | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | | | | Hf | V |
|-----------------|------|--------|--------|------|---------|--------|--------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | TUBERIA | C | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | Jcalc | m | m/s | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |
| TURNO 01 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 6.98 | HDPE | 140.00 | 60.65 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.49 | 1.24 | |
| A | V-1 | 61.20 | 61.32 | 3.49 | HDPE | 140.00 | 50.87 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 0.79 | 0.89 | |
| RV-2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 6.98 | HDPE | 140.00 | 60.65 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.49 | 1.24 | |
| A | V-2 | 6.63 | 6.84 | 3.49 | HDPE | 140.00 | 38.46 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.04 | 0.62 | |
| TURNO 02 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 8.34 | HDPE | 140.00 | 64.90 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 0.69 | 1.48 | |
| A | V-1 | 61.20 | 61.32 | 4.13 | HDPE | 140.00 | 54.23 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 1.08 | 1.06 | |
| V-1 | V-3 | 68.60 | 68.90 | 4.13 | HDPE | 140.00 | 50.18 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.85 | 1.50 | |
| RV-4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 8.34 | HDPE | 140.00 | 64.90 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 0.69 | 1.48 | |
| A | V-4 | 117.33 | 117.82 | 4.21 | HDPE | 140.00 | 50.78 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.89 | 0.75 | |
| TURNO 03 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | C | 189.74 | 190.60 | 8.31 | HDPE | 140.00 | 65.16 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 5.06 | 1.48 | |
| C | V-5 | 2.30 | 2.31 | 4.00 | HDPE | 140.00 | 50.28 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.02 | 0.71 | |
| RV-6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | C | 189.74 | 190.60 | 8.31 | HDPE | 140.00 | 65.16 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 5.06 | 1.48 | |
| C | V-6 | 46.15 | 46.27 | 4.31 | HDPE | 140.00 | 53.84 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.07 | 1.57 | |
| TURNO 04 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-7 | 289.38 | 290.01 | 8.26 | HDPE | 140.00 | 70.08 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 7.62 | 1.47 | |
| V-7 | V-8 | 51.99 | 52.05 | 4.13 | HDPE | 140.00 | 56.99 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.16 | 1.50 | |
| TURNO 05 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 34.40 | 34.62 | 7.04 | HDPE | 140.00 | 59.07 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.68 | 1.25 | |
| B | V-9 | 11.30 | 11.55 | 3.87 | HDPE | 140.00 | 41.49 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.07 | 0.69 | |
| RV-10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 34.40 | 34.62 | 7.04 | HDPE | 140.00 | 59.07 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.68 | 1.25 | |
| B | V-10 | 52.36 | 52.68 | 3.17 | HDPE | 140.00 | 43.82 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.00 | 0.23 | 0.56 | |
| TURNO 06 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-11 | 184.46 | 185.45 | 6.34 | HDPE | 140.00 | 57.82 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 2.99 | 1.13 | |
| V-11 | V-12 | 28.72 | 28.84 | 3.17 | HDPE | 140.00 | 45.65 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.03 | 0.73 | 1.15 | |
| TURNO 07 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-13 | 184.86 | 184.93 | 8.03 | HDPE | 140.00 | 83.24 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 4.61 | 1.43 | |
| V-13 | V-14 | 44.25 | 44.30 | 4.02 | HDPE | 140.00 | 57.59 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.31 | 0.72 | |
| TURNO 08 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-15 | 298.49 | 298.50 | 8.02 | HDPE | 140.00 | 110.80 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 7.43 | 1.43 | |
| V-15 | V-16 | 44.25 | 47.51 | 4.01 | HDPE | 140.00 | 37.48 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 0.80 | 1.03 | |

Figura 21: Cálculo de pérdida de carga en las tuberías del Lote 1

| TRAMO | | Lr | Le | Q | TIPO | Coef. | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | | | | | | Jcalc | Hf | V |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|-------------------------------|----------|-------|--------|-------|--------|------|------|------|-------|----|----|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | TUBERIA | C | Dcalc | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 11 | 12 | mm | | Pulg. | mm | | | | | | 17 | 18 | 19 |
| TURNO 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 12.06 | HDPE | 140.00 | 69.48 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.03 | 1.44 | | | |
| A | C | 62.08 | 62.09 | 3.62 | HDPE | 140.00 | 67.24 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 0.95 | 0.98 | | | |
| C | V-1 | 164.64 | 164.64 | 3.82 | HDPE | 140.00 | 136.82 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 5.90 | 1.39 | | | |
| RV-3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 12.06 | HDPE | 140.00 | 69.48 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.03 | 1.44 | | | |
| A | V-10 | 41.44 | 42.30 | 8.25 | HDPE | 140.00 | 55.71 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.42 | 0.98 | | | |
| V-10 | E | 125.76 | 126.48 | 8.25 | HDPE | 140.00 | 63.44 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 1.25 | 0.98 | | | |
| E | V-2 | 102.44 | 102.47 | 6.25 | HDPE | 140.00 | 85.90 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 2.69 | 1.47 | | | |
| V-2 | V-3 | 10.00 | 12.50 | 4.13 | HDPE | 140.00 | 34.21 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 0.22 | 1.06 | | | |
| TURNO 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 11.42 | HDPE | 140.00 | 68.06 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.64 | 1.36 | | | |
| A | C | 62.08 | 62.10 | 7.62 | HDPE | 140.00 | 83.51 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.53 | 0.91 | | | |
| C | V-5 | 16.55 | 16.56 | 7.62 | HDPE | 140.00 | 79.77 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.06 | 0.91 | 1.95 | | | |
| V-5 | V-4 | 77.34 | 77.35 | 3.80 | HDPE | 140.00 | 67.06 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 1.17 | 0.97 | | | |
| RV-4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 11.42 | HDPE | 140.00 | 68.06 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.64 | 1.36 | | | |
| A | V-6 | 62.08 | 62.10 | 3.80 | HDPE | 140.00 | 64.10 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.20 | 1.38 | | | |
| TURNO 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-9 | 241.79 | 244.96 | 11.09 | HDPE | 140.00 | 65.29 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.18 | 1.32 | | | |
| V-9 | V-8 | 63.38 | 63.40 | 7.61 | HDPE | 140.00 | 85.02 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.54 | 0.91 | | | |
| V-8 | E | 17.91 | 17.93 | 4.05 | HDPE | 140.00 | 58.06 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 0.73 | 1.48 | | | |
| E | V-7 | 119.19 | 119.20 | 4.05 | HDPE | 140.00 | 75.29 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.85 | 0.73 | | | |
| TURNO 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 208.75 | 210.82 | 9.97 | HDPE | 140.00 | 64.49 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 2.95 | 1.19 | | | |
| B | V-10 | 35.05 | 35.74 | 3.49 | HDPE | 140.00 | 40.38 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.03 | 1.08 | 1.27 | | | |
| RV-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 208.75 | 210.82 | 11.09 | HDPE | 140.00 | 67.15 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.60 | 1.32 | | | |
| B | V-11 | 8.27 | 8.70 | 3.23 | HDPE | 140.00 | 35.67 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.03 | 0.23 | 1.17 | | | |
| RV-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 208.75 | 210.82 | 11.09 | HDPE | 140.00 | 67.15 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.60 | 1.32 | | | |
| B | V-12 | 79.38 | 79.38 | 3.25 | HDPE | 140.00 | 76.67 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 0.90 | 0.83 | | | |
| TURNO 05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 11.83 | HDPE | 140.00 | 64.43 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 5.65 | 1.41 | | | |
| VRP-01 | V-13 | 5.07 | 5.65 | 11.83 | HDPE | 140.00 | 54.34 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 0.11 | 1.41 | | | |
| V-13 | V-15 | 2.00 | 2.24 | 7.54 | HDPE | 140.00 | 45.68 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.02 | 0.90 | | | |
| V-15 | V-14 | 52.20 | 53.02 | 7.54 | HDPE | 140.00 | 55.36 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.05 | 2.86 | 1.93 | | | |
| TURNO 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 10.11 | HDPE | 140.00 | 60.69 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 4.23 | 1.20 | | | |
| VRP-01 | V-16 | 45.12 | 46.71 | 3.23 | HDPE | 140.00 | 37.02 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 0.52 | 0.83 | | | |
| V-16 | V-18 | 73.24 | 73.26 | 3.75 | HDPE | 140.00 | 64.30 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 1.08 | 0.96 | | | |
| RV-17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 10.11 | HDPE | 140.00 | 60.69 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 4.23 | 1.20 | | | |
| VRP-01 | V-17 | 73.62 | 73.65 | 6.36 | HDPE | 140.00 | 74.64 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.45 | 0.76 | | | |
| TURNO 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 12.94 | HDPE | 140.00 | 66.67 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 6.67 | 1.54 | | | |
| VRP-01 | V-22 | 235.97 | 236.10 | 12.94 | HDPE | 140.00 | 96.03 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 5.36 | 1.54 | | | |
| V-22 | V-19 | 39.69 | 40.70 | 12.94 | HDPE | 140.00 | 64.82 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 0.92 | 1.54 | | | |
| V-19 | V-20 | 23.00 | 23.36 | 8.69 | HDPE | 140.00 | 58.43 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 0.67 | 1.55 | | | |
| V-20 | V-21 | 74.92 | 74.95 | 4.32 | HDPE | 140.00 | 65.94 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.05 | 3.37 | 1.57 | | | |
| TURNO 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 12.63 | HDPE | 140.00 | 66.05 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 6.38 | 1.50 | | | |
| VRP-01 | V-24 | 201.75 | 201.75 | 12.63 | HDPE | 140.00 | 150.73 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.38 | 1.50 | | | |
| V-24 | V-22 | 33.38 | 34.11 | 8.67 | HDPE | 140.00 | 56.53 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.37 | 1.03 | | | |
| V-22 | V-23 | 82.04 | 82.04 | 4.35 | HDPE | 140.00 | 81.29 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 1.60 | 1.11 | | | |

Figura 22: Cálculo de pérdida de carga en las tuberías del Lote 2

5.4. PRESUPUESTO DE PROYECTO

El costo de implementación del sistema de riego asciende a S/. 349,311.00 soles incluyendo el impuesto general a la venta (IGV). El Lote 1 tiene una extensión de 7.52 ha y el Lote 2 cuenta con 11.12 ha. Según la Tabla 28, el costo de implementación de riego es de S/. 148,947.00 que incluye el suministro de: sistema de bombeo, cabezal de filtrado y fertirriego, tubería de conducción principal, arco de riego, porta lateral, lateral y microaspersores; y la instalación implica los servicios de personal técnico y supervisión.

Tabla 28: Presupuesto para el sistema de riego por microaspersión del Lote 1

| Descripción | Cantidad | Unidad de medida | Sub total |
|---|----------|------------------|----------------------|
| Sistema de bombeo | 1 | GLOBAL | S/.12,295.00 |
| Cabezal de filtrado y fertirriego | 1 | GLOBAL | S/.16,033.00 |
| Tubería de conducción principal | 1 | GLOBAL | S/.15,835.00 |
| Arco de riego | 1 | GLOBAL | S/.12,594.00 |
| Porta lateral | 1 | GLOBAL | S/.11,760.00 |
| Lateral y microaspersores | 1 | GLOBAL | S/.50,430.00 |
| Instalación (Incluye supervisión, personal técnico y flete) | 1 | GLOBAL | S/.30,000.00 |
| Total (Incluido IGV) | | | S/.148,947.00 |

Según la Tabla 29, el costo de implementación de riego es de S/. 200,364.00 que incluye el suministro de: cabezal de filtrado y fertirriego, tubería de conducción principal, arco de riego, porta lateral, lateral y microaspersores; y la instalación implica los servicios de personal técnico y supervisión.

Tabla 29: Presupuesto para el sistema de riego por microaspersión del Lote 2

| Descripción | Cantidad | Unidad de medida | Sub total |
|---|----------|------------------|----------------------|
| Cabezal de filtrado y fertirriego | 1 | GLOBAL | S/.15,573.00 |
| Tubería de conducción principal | 1 | GLOBAL | S/.32,305.00 |
| Arco de riego | 1 | GLOBAL | S/.19,016.00 |
| Porta lateral | 1 | GLOBAL | S/.14,720.00 |
| Lateral y microaspersores | 1 | GLOBAL | S/.74,750.00 |
| Instalación (Incluye supervisión, personal técnico y flete) | 1 | GLOBAL | S/.40,000.00 |
| Total (Incluido IGV) | | | S/.200,364.00 |

La instalación del proyecto duró 45 días. Incluyó: instalación de sistema de bombeo, cabezal

de riego, red de conducción y distribución, arcos de riego, emisores y prueba hidráulica.

5.5. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO

5.5.1. Trabajos preliminares

Se realizaron trabajos de limpieza en las áreas que son destinadas para los cabezales. Con ayuda de una retroexcavadora se realizó el movimiento de tierras y nivelado del área de intervención.

También se realizaron zanjas de 40cm de profundidad para la instalación de la matriz y de los portlaterales de riego.



Figura 23: Limpieza del terreno en el Lote 1



Figura 24: Zanjado para red matriz y portalaterales de riego

5.5.2. Implementación de sistema de filtrado

El cuerpo de los cabezales de riego está conformado por tubería de PVC C-10 de 90 mm para el Lote 1 y 110 mm para el Lote 2. Los accesorios se unieron instaladas son a simple presión y roscadas.

Se instaló adaptadores a compresión con rosca hembra, para unir la tubería matriz de HDPE con el cabezal que es de PVC.

El equipo de filtrado cuenta con un sistema de retrolavado manual. Conformado por 1 válvula del tipo mariposa a la entrada y salida de cada filtro.

A la entrada del sistema de filtrado se instaló una válvula de alivio de presión cuya función es evitar la explosión del sistema.



Figura 25: Cabezal de riego del Lote 2 durante su instalación.



Figura 26: Cabezal de riego del Lote 1 durante su instalación

5.5.3. Equipo de fertilización

El equipo de fertilización está conformado por 2 arcos de inyección y cada uno cuenta con 1 inyector Venturi de 2", 2 manómetros de glicerina de 0-6bar, 1 válvula del tipo mariposa de PVC de 3 y 4", y 2 válvulas de paso de 2". Los manómetros facilitan la regulación de presión al ingreso y salida del arco de inyección.

De la misma forma que el sistema de filtrado, los accesorios son de PVC SP y son pegados con pegamento extrafuerte de color verde.



Figura 27: Equipo de fertilización del Lote 1.



Figura 28: Equipo de fertilización del Lote 2.

5.5.4. Instalación de matriz y portalaterales

Las tuberías de HDPE se unieron con accesorios a compresión, fabricados especialmente para unir las tuberías sin necesidad de usar la termofusión. Estos accesorios implican un ahorro considerable ya que el costo de la termofusión incrementa un 10 % el costo de instalación.



Figura 29: Descarga de tubería matriz.

Para la conexión adecuada de los accesorios a compresión se debe escofinar el borde de la tubería, con la finalidad de que no se generen espacios de fuga.



Figura 30: Instalación de la red matriz.

5.5.5. Instalación de arcos de riego



Figura 31: Instalación de arco de riego.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño agronómico y se obtuvo una dosis de riego bruta de 44.36 m³/ha, tiempo de riego 1.47 horas, 8 turnos de riego, duración de riego máxima de 11.76 h/día, en ambos lotes del Fundo Amalia. El microaspersor elegido aporta una precipitación de riego horaria igual a 4.34 mm/h, es menor a la infiltración básica del suelo con 8.00 mm/h (Mihajlovich, 1979) por lo que se garantizará que toda el agua aplicada se infiltre y sea aprovechada por las raíces.
- Se realizó el diseño hidráulico con la distribución adecuada de agua y el dimensionamiento de equipos del sistema de filtrado, fertirriego y válvulas de control en la matriz y las subunidades. Está conformado por 2 cabezales de riego, divididos en Lote 1 y Lote 2. El Lote 1 tiene una matriz de diámetro igual a 90 mm y presión nominal 8 bar, y transportará un caudal máximo de 30.02 m³/h que será impulsada por una electrobomba modelo F40/200 de la marca PEDROLLO, que aporta una ADT = 40.43 m.c.a, mientras que el Lote 2 cuenta con una matriz de diámetro igual a 110mm y presión nominal 8 bar que transporta un caudal máximo de 46.58 m³/h utilizando la energía potencial. El diseño hidráulico se realizó con velocidades menores a 2.0 m/s, evitando los golpes de ariete durante la operación del sistema.
- El presupuesto del proyecto de sistema de riego es de S/. 349,311.00 incluyendo IGV, incluye suministro de materiales, mano de obra calificada y supervisión. El costo de inversión promedio es de S/. 18,739.86 por hectárea, que está sobre el rango de US\$ 3,000.00 a US\$ 4,000.00 para cultivos permanentes de alta densidad (Miguel Lora, 2017).

- Se implementó el sistema de riego por microaspersión. La instalación se realizó en 45 días laborables. Se realizaron labores de: instalación de cabezal; instalación de tuberías en la red primaria, secundaria y portalaterales; instalación de arcos de riego; instalación de laterales de riego; instalación de microaspersores y prueba hidráulica.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el riego por microaspersión en zonas altoandinas productoras de palta.
- Para realizar el diseño agronómico se recomienda realizar un estudio de suelo para obtener los valores de: Θ_{CC} , Θ_{PMP} , infiltración básica del suelo, densidad aparente.
- Se recomienda tener el reservorio como mínimo a una altura de 30 metros por encima del sistema de filtrado. Así se reducirá los costos de operación como la energía eléctrica o combustible.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguero Pittman, R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales; sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento (No. P10 A34). Asociación de Servicios Educativos Rurales, Lima (Peru).
- Allen, R.G.; Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Roma: FAO*, 298(0).
- Alocén, J. C. (2007). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA). Edición OCTUBRE DE.
- Ascencios, T.D. (2012). *Guía Técnica “Sistema de riego en el cultivo de palto”*. Recuperado de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/031-c-palto.pdf>
- Bender, G. (1988). Avocado research: a progress report. *California grower*.
- Bermeo Ortiz, L.A. (2020). Diseño y programación de un sistema de riego por microaspersión en el cultivo de café (*Coffea canephora*) en el campus La María. (Bachelor's thesis). Quevedo: Ecuador.
- De la Fuente, I. y Calleja, F. (2013). Instalación de sistemas de riego en parques y jardines. Starbook.
- Durand, B. & Du Plessis, S. (1990). Irrigation of avocado orchards Farming in South Africa. 2 p.
- Fernández, M.M.; García González de Lena, G. (2010). El sistema de riego localizado. *Tecnología Agroalimentaria*, (14).

- Gardiazabal, F. y Rosenberg, G. (1991). Cultivo del palto. *Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.*
- Gómez, G.C., Cerrón, R.M., Capcha, T.M. y Villavicencio, C.O. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 4(2), 8.
- Gregoriou, C. & Raj Kumar, D. (1984). Effects of irrigation and mulching on shoot and root growth of avocado (*Persea americana* Mill.) and mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of horticultural science*, 59(1), 109-117.
- Gustafson, D. (1982). Management of drip irrigation systems. I. [Avocado orchards, in southern California]. *Avocado Grower.*
- Hernández, F. (1991). Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cultivar Hass, para la zona de Quillota, V región. *Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.*
- Kurtz, C.; Guil, I. & Klein, I. (1992). Water rate effects on three avocado cultivars. In *Proceedings of the II World Avocado Congress, California, USA* (pp. 357-364).
- Liotta, M.A.; Carrión, R.A.; Ciancaglini, N. y Olguin Pringles, A. (2015). *Riego por goteo*. PROSAP; INTA.
- Munoz, A.J. (1988). *Comparación del sistema radical del aguacate bajo dos sistemas de riego: goteo y microaspersión* (Doctoral dissertation, Tesis). Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola "La Rabida", Palos de la Frontera-Huelva, España. 107 p.
- Muñoz, A.J. (1988). Comparación del sistema radicular del aguacate bajo dos sistemas de riego: goteo y microaspersión. (Tesis). Huelva: España: Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola "La Rábida", Palos de la Frontera, 106.
- Ortega-Farias, S.; Cuenca, R.; Soliz, B. y Ortiz, C. (1997). Evaluación de la evapotranspiración de referencia usando la ecuación de Penman-Monteith. *Ciencia e*

Investigación Agraria, 23(2-3), 61-66.

Pizarro Cabello, F. (1987). Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación (No. 631.7 P5).

Ploetz, R. & Schaffer, B. (1989). Effects of flooding and Phytophthora root rot on net gas exchange and growth of avocado. *Phytopathology*. 79:204-208.

Rodas Gaitán, H.A. (2019). Preparados biodinámicos en pilas estáticas de compostaje de restos de cultivos regionales (Doctoral dissertation), Universidad Autónoma de Nuevo León.

Salgado, E. (1990). Manejo del riego. *Curso Internacional, Producción, Postcosecha*.

Santos, J.C. y Granados, G.R.S. (2014). Hoja de cálculo programada para el diseño de una estación de bombeo de agua residual con base de datos de bombas sumergibles.

Uribe, H. (2000). Diseño hidráulico de riego localizado.

Velásquez, A.; Zegarra, V. & Daga, W. (2015). La industria de la palta en la sierra del Perú: generando valor en los Andes. *Marketing y Comercial*, 500-505.

Wheley, A.W.; Chapman, K.R. & Saranah, J.B. (1988). Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill) cv. Fuerte during flowering. *Australian Journal of Agricultural Research*. 39: 457-467.

Wolstenholme, B.N.; Wheley, A.W. & Saranah, J.B. (1990). Manipulating vegetative: reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill) with paclobutrazol foliar sprays. *Scientia Horticulturae*. 41: 315-327

VIII. ANEXOS

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | |
|-----------------|------|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|--------|----------|-------|--------|-------|--------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|-------|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| TURNO 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R/V-1 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 12.06 | 2,259.50 | 2,231.50 | 28.00 | 33.00 | 0.14 | HDPE | 140.00 | 69.48 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.03 | 1.44 | 2,264.50 | 2,260.47 | 5.00 | 28.97 |
| A | C | 62.08 | 62.09 | 3.82 | 2,231.50 | 2,230.30 | 1.20 | 34.20 | 0.02 | HDPE | 140.00 | 67.24 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 0.95 | 0.98 | 2,260.47 | 2,259.52 | 28.97 | 29.22 |
| C | V-1 | 164.64 | 164.64 | 3.82 | 2,230.30 | 2,230.20 | 0.10 | 34.30 | 0.00 | HDPE | 140.00 | 136.82 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 5.90 | 1.39 | 2,259.52 | 2,253.62 | 29.22 | 23.42 |
| R/V-3 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 12.06 | 2,259.50 | 2,231.50 | 28.00 | 33.00 | 0.14 | HDPE | 140.00 | 69.48 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.03 | 1.44 | 2,264.50 | 2,260.47 | 5.00 | 28.97 |
| A | V-10 | 41.44 | 42.30 | 8.25 | 2,231.50 | 2,223.00 | 8.50 | 41.50 | 0.20 | HDPE | 140.00 | 55.71 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.42 | 0.98 | 2,260.47 | 2,260.05 | 28.97 | 37.05 |
| V-10 | E | 125.76 | 126.48 | 8.25 | 2,231.50 | 2,218.00 | 13.50 | 55.00 | 0.11 | HDPE | 140.00 | 63.44 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 1.25 | 0.98 | 2,260.05 | 2,258.80 | 28.55 | 40.80 |
| E | V-2 | 102.44 | 102.47 | 8.25 | 2,218.00 | 2,220.50 | -2.50 | 52.50 | 0.02 | HDPE | 140.00 | 85.90 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 2.69 | 1.47 | 2,258.80 | 2,256.12 | 40.80 | 35.62 |
| V-2 | V-3 | 10.00 | 12.50 | 4.13 | 2,220.50 | 2,213.00 | 7.50 | 60.00 | 0.60 | HDPE | 140.00 | 34.21 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 0.22 | 1.06 | 2,256.12 | 2,255.90 | 35.62 | 42.90 |

Figura 32: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 01 y Lote 2

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|-----|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|----------|-------|--------|-------|--------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R/V-4 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 11.42 | 2,259.50 | 2,231.50 | 28.00 | 33.00 | 0.14 | HDPE | 140.00 | 68.06 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.64 | 1.36 | 2,264.50 | 2,260.86 | 5.00 | 29.36 | |
| A | C | 62.08 | 62.10 | 7.62 | 2,231.50 | 2,230.00 | 1.50 | 34.50 | 0.02 | HDPE | 140.00 | 83.51 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.53 | 0.91 | 2,260.86 | 2,260.33 | 29.36 | 30.33 | |
| C | V-5 | 16.55 | 16.56 | 7.62 | 2,230.00 | 2,229.50 | 0.50 | 35.00 | 0.03 | HDPE | 140.00 | 79.77 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.06 | 0.91 | 1.95 | 2,260.33 | 2,259.42 | 30.33 | 29.92 | |
| V-5 | V-4 | 77.34 | 77.35 | 3.80 | 2,229.50 | 2,231.00 | -1.50 | 33.50 | 0.02 | HDPE | 140.00 | 67.06 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 1.17 | 0.97 | 2,259.42 | 2,258.24 | 29.92 | 27.24 | |
| R/V-4 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 200.34 | 202.29 | 11.42 | 2,259.50 | 2,231.50 | 28.00 | 33.00 | 0.14 | HDPE | 140.00 | 68.06 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.64 | 1.36 | 2,264.50 | 2,260.86 | 5.00 | 29.36 | |
| A | V-6 | 62.08 | 62.10 | 3.80 | 2,231.50 | 2,230.00 | 1.50 | 34.50 | 0.02 | HDPE | 140.00 | 64.10 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.20 | 1.38 | 2,260.86 | 2,258.65 | 29.36 | 28.65 | |

Figura 33: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 02 y Lote 2

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|-----|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|----------|----|--------|-------|--------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R/V-7 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-9 | 241.79 | 244.96 | 11.09 | 2,259.50 | 2,220.20 | 39.30 | 44.30 | 0.16 | HDPE | 140.00 | 65.29 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.18 | 1.32 | 2,264.50 | 2,260.32 | 5.00 | 40.12 | |
| V-9 | V-8 | 63.38 | 63.40 | 7.61 | 2,220.20 | 2,218.80 | 1.40 | 45.70 | 0.02 | HDPE | 140.00 | 85.02 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.54 | 0.91 | 2,260.32 | 2,259.78 | 40.12 | 40.98 | |
| V-8 | E | 17.91 | 17.93 | 4.08 | 2,218.80 | 2,218.00 | 0.80 | 46.50 | 0.04 | HDPE | 140.00 | 58.06 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 0.73 | 1.48 | 2,259.78 | 2,259.06 | 40.98 | 41.06 | |
| E | V-7 | 119.19 | 119.20 | 4.08 | 2,218.00 | 2,219.50 | -1.50 | 45.00 | 0.01 | HDPE | 140.00 | 75.29 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.85 | 0.73 | 2,259.06 | 2,258.21 | 41.06 | 38.71 | |

Figura 34: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 03 y Lote 2.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | |
|-----------------|------|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|----------|-------|--------|-------|--------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|-------|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| TURNO 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R/V-10 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 208.75 | 210.82 | 9.97 | 2,259.50 | 2,230.00 | 29.50 | 34.50 | 0.14 | HDPE | 140.00 | 64.49 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 2.95 | 1.19 | 2,264.50 | 2,261.55 | 5.00 | 31.55 |
| B | V-10 | 35.05 | 35.74 | 3.49 | 2,230.00 | 2,223.00 | 7.00 | 41.50 | 0.20 | HDPE | 140.00 | 40.38 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.03 | 1.08 | 1.27 | 2,261.55 | 2,260.46 | 31.55 | 37.46 |
| R/V-11 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 208.75 | 210.82 | 11.09 | 2,259.50 | 2,230.00 | 29.50 | 34.50 | 0.14 | HDPE | 140.00 | 67.15 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.60 | 1.32 | 2,264.50 | 2,260.90 | 5.00 | 30.90 |
| B | V-11 | 8.27 | 8.70 | 3.23 | 2,230.00 | 2,227.30 | 2.70 | 37.20 | 0.31 | HDPE | 140.00 | 35.67 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.03 | 0.23 | 1.17 | 2,260.90 | 2,260.67 | 30.90 | 33.37 |
| R/V-12 | | | | | | | 5.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 208.75 | 210.82 | 11.09 | 2,259.50 | 2,230.00 | 29.50 | 34.50 | 0.14 | HDPE | 140.00 | 67.15 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 3.60 | 1.32 | 2,264.50 | 2,260.90 | 5.00 | 30.90 |
| B | V-12 | 79.38 | 79.38 | 3.25 | 2,229.40 | 2,230.00 | -0.60 | 33.90 | 0.01 | HDPE | 140.00 | 76.67 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 0.90 | 0.83 | 2,260.90 | 2,260.00 | 31.50 | 30.00 |

Figura 35: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 04 y Lote 2.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|----------|-------|--------|-------|--------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|-------|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| TURNO 05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R/V-15 | | | | | | | 5.00 | 35.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 11.83 | 2,259.50 | 2,202.80 | 56.70 | 61.70 | 0.19 | HDPE | 140.00 | 64.43 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 5.65 | 1.41 | 2,264.50 | 2,258.85 | 5.00 | 56.05 |
| VRP-01 | V-13 | 5.07 | 5.65 | 11.83 | 2,202.80 | 2,200.30 | 2.50 | 37.50 | 0.44 | HDPE | 140.00 | 54.34 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 0.11 | 1.41 | 2,237.80 | 2,237.69 | 35.00 | 37.39 |
| V-13 | V-15 | 2.00 | 2.24 | 7.54 | 2,200.30 | 2,199.30 | 1.00 | 38.50 | 0.45 | HDPE | 140.00 | 45.68 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.02 | 0.90 | 2,237.69 | 2,237.67 | 37.39 | 38.37 |
| V-15 | V-14 | 52.20 | 53.02 | 7.54 | 2,199.30 | 2,190.00 | 9.30 | 47.80 | 0.18 | HDPE | 140.00 | 55.36 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.05 | 2.86 | 1.93 | 2,237.67 | 2,234.81 | 38.37 | 44.81 |

Figura 36: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 05 y Lote 2.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|----------|-------|--------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Dj | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 5.00 | 35.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 10.11 | 2,259.50 | 2,202.80 | 56.70 | 61.70 | 0.19 | HDPE | 140.00 | 60.69 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 4.23 | 1.20 | 2,264.50 | 2,260.27 | 5.00 | 57.47 | |
| VRP-01 | V-16 | 45.12 | 46.71 | 3.23 | 2,202.80 | 2,190.70 | 12.10 | 47.10 | 0.26 | HDPE | 140.00 | 37.02 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 0.52 | 0.83 | 2,237.80 | 2,237.28 | 35.00 | 46.58 | |
| V-16 | V-18 | 73.24 | 73.26 | 3.75 | 2,190.70 | 2,189.00 | 1.70 | 48.80 | 0.02 | HDPE | 140.00 | 64.30 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 1.08 | 0.96 | 2,237.28 | 2,236.19 | 46.58 | 47.19 | |
| | | | | | | | 5.00 | 30.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 10.11 | 2,259.50 | 2,202.80 | 56.70 | 61.70 | 0.19 | HDPE | 140.00 | 60.69 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 4.23 | 1.20 | 2,264.50 | 2,260.27 | 5.00 | 57.47 | |
| VRP-01 | V-17 | 73.62 | 73.65 | 6.36 | 2,202.80 | 2,205.00 | -2.20 | 27.80 | 0.03 | HDPE | 140.00 | 74.64 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.45 | 0.76 | 2,232.80 | 2,232.35 | 30.00 | 27.35 | |

Figura 37: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 06 y Lote 2.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|----------|----|--------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Dj | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 5.00 | 35.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 12.94 | 2,259.50 | 2,202.80 | 56.70 | 61.70 | 0.19 | HDPE | 140.00 | 66.67 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 6.67 | 1.54 | 2,264.50 | 2,257.83 | 5.00 | 55.03 | |
| VRP-01 | V-22 | 235.97 | 236.10 | 12.94 | 2,202.80 | 2,195.10 | 7.70 | 42.70 | 0.03 | HDPE | 140.00 | 96.03 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 5.36 | 1.54 | 2,237.80 | 2,232.44 | 35.00 | 37.34 | |
| V-22 | V-19 | 39.69 | 40.70 | 12.94 | 2,195.10 | 2,186.10 | 9.00 | 51.70 | 0.22 | HDPE | 140.00 | 64.82 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.06 | 2.46 | 2.30 | 2,232.44 | 2,229.98 | 37.34 | 43.88 | |
| V-19 | V-20 | 23.00 | 23.36 | 8.69 | 2,186.10 | 2,182.00 | 4.10 | 55.80 | 0.18 | HDPE | 140.00 | 58.43 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 0.67 | 1.55 | 2,229.98 | 2,229.31 | 43.88 | 47.31 | |
| V-20 | V-21 | 74.92 | 74.95 | 4.32 | 2,182.00 | 2,180.00 | 2.00 | 57.80 | 0.03 | HDPE | 140.00 | 65.94 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.05 | 3.37 | 1.57 | 2,229.31 | 2,225.93 | 47.31 | 45.93 | |

Figura 38: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 07 y Lote 2.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTE | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|--------|----------|-------|--------|-------|--------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| TURNO 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-23 | | | | | | | 5.00 | 35.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | VRP-01 | 288.37 | 293.89 | 12.63 | 2,259.50 | 2,202.80 | 56.70 | 61.70 | 0.19 | HDPE | 140.00 | 66.05 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 6.38 | 1.50 | 2,264.50 | 2,258.12 | 5.00 | 55.32 |
| VRP-01 | V-24 | 201.75 | 201.75 | 12.63 | 2,202.80 | 2,202.10 | 0.70 | 35.70 | 0.00 | HDPE | 140.00 | 150.73 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.02 | 4.38 | 1.50 | 2,237.80 | 2,233.42 | 35.00 | 31.32 |
| V-24 | V-22 | 33.38 | 34.11 | 8.67 | 2,202.10 | 2,195.10 | 7.00 | 42.70 | 0.21 | HDPE | 140.00 | 56.53 | ISO-4427 | 4 | 110.00 | C-8.0 | 103.40 | 0.01 | 0.37 | 1.03 | 2,233.42 | 2,233.05 | 31.32 | 37.95 |
| V-22 | V-23 | 82.04 | 82.04 | 4.35 | 2,195.10 | 2,195.90 | -0.80 | 41.90 | 0.01 | HDPE | 140.00 | 81.29 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 1.60 | 1.11 | 2,233.05 | 2,231.45 | 37.95 | 35.55 |

Figura 39: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 08 y Lote 2.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|-----|-------|-------|------|--------------|----------|------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|------|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| TURNO 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-1 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 6.99 | 2,261.00 | 2,258.50 | 2.50 | 2.50 | 0.10 | HDPE | 140.00 | 60.65 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.49 | 1.24 | 2,261.00 | 2,260.51 | 0.00 | 2.01 |
| A | V-1 | 61.20 | 61.32 | 3.49 | 2,258.50 | 2,254.60 | 3.90 | 6.40 | 0.06 | HDPE | 140.00 | 50.87 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.01 | 0.79 | 0.89 | 2,260.51 | 2,259.71 | 2.01 | 5.11 |
| RV-2 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 6.99 | 2,261.00 | 2,258.50 | 2.50 | 2.50 | 0.10 | HDPE | 140.00 | 60.65 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.49 | 1.24 | 2,261.00 | 2,260.51 | 0.00 | 2.01 |
| A | V-2 | 6.63 | 6.84 | 3.49 | 2,258.50 | 2,256.80 | 1.70 | 4.20 | 0.25 | HDPE | 140.00 | 38.46 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.04 | 0.62 | 2,260.51 | 2,260.47 | 2.01 | 3.67 |

Figura 40: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 01 y Lote 1.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|-----|--------|--------|------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|--------------|-------------------------------|-------|--------------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| TURNO 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R/V-3 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 8.34 | 2,261.00 | 2,258.50 | 2.50 | 2.50 | 0.10 | HDPE | 140.00 | 64.90 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 0.69 | 1.48 | 2,261.00 | 2,260.31 | 0.00 | 1.81 |
| A | V-1 | 61.20 | 61.32 | 4.13 | 2,258.50 | 2,254.60 | 3.90 | 6.40 | 0.06 | HDPE | 140.00 | 54.23 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 1.08 | 1.06 | 2,260.31 | 2,259.23 | 1.81 | 4.63 |
| V-1 | V-3 | 68.60 | 68.90 | 4.13 | 2,254.60 | 2,248.20 | 6.40 | 12.80 | 0.09 | HDPE | 140.00 | 50.18 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.85 | 1.50 | 2,259.23 | 2,256.38 | 4.63 | 8.18 |
| R/V-4 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | A | 25.52 | 25.64 | 8.34 | 2,261.00 | 2,258.50 | 2.50 | 2.50 | 0.10 | HDPE | 140.00 | 64.90 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 0.69 | 1.48 | 2,261.00 | 2,260.31 | 0.00 | 1.81 |
| A | V-4 | 117.33 | 117.82 | 4.21 | 2,258.50 | 2,247.80 | 10.70 | 13.20 | 0.09 | HDPE | 140.00 | 50.78 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.89 | 0.75 | 2,260.31 | 2,259.43 | 1.81 | 11.63 |

Figura 41: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 02 y Lote 1.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|-----|--------|--------|------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|--------------|-------------------------------|----|--------------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| TURNO 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R/V-5 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | C | 189.74 | 190.60 | 8.31 | 2,261.00 | 2,242.90 | 18.10 | 18.10 | 0.09 | HDPE | 140.00 | 65.16 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 5.06 | 1.48 | 2,261.00 | 2,255.94 | 0.00 | 13.04 |
| C | V-5 | 2.30 | 2.31 | 4.00 | 2,242.90 | 2,242.70 | 0.20 | 18.30 | 0.09 | HDPE | 140.00 | 50.28 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.02 | 0.71 | 2,255.94 | 2,255.92 | 13.04 | 13.22 |
| R/V-6 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | C | 189.74 | 190.60 | 8.31 | 2,261.00 | 2,242.90 | 18.10 | 18.10 | 0.09 | HDPE | 140.00 | 65.16 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 5.06 | 1.48 | 2,261.00 | 2,255.94 | 0.00 | 13.04 |
| C | V-6 | 46.15 | 46.27 | 4.31 | 2,242.90 | 2,239.60 | 3.30 | 21.40 | 0.07 | HDPE | 140.00 | 53.84 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.07 | 1.57 | 2,255.94 | 2,253.86 | 13.04 | 14.26 |

Figura 42: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 03 y Lote 1.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|-----|--------|--------|------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|-------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-8 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-7 | 289.38 | 290.01 | 8.20 | 2,261.00 | 2,241.90 | 19.10 | 19.10 | 0.07 | HDPE | 140.00 | 70.08 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.03 | 7.62 | 1.47 | 2,261.00 | 2,253.38 | 0.00 | 11.48 | |
| V-7 | V-8 | 51.99 | 52.05 | 4.13 | 2,241.90 | 2,239.30 | 2.60 | 21.70 | 0.05 | HDPE | 140.00 | 56.99 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.04 | 2.16 | 1.50 | 2,253.38 | 2,251.22 | 11.48 | 11.92 | |

Figura 43: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 04 y Lote 1.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | |
|-----------------|------|-------|-------|------|--------------|----------|------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|-------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RV-9 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 34.40 | 34.62 | 7.04 | 2,261.00 | 2,257.10 | 3.90 | 3.90 | 0.11 | HDPE | 140.00 | 59.07 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.68 | 1.25 | 2,261.00 | 2,260.32 | 0.00 | 3.22 | |
| B | V-9 | 11.30 | 11.55 | 3.87 | 2,257.10 | 2,254.70 | 2.40 | 6.30 | 0.21 | HDPE | 140.00 | 41.49 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.07 | 0.69 | 2,260.32 | 2,260.25 | 3.22 | 5.55 | |
| RV-10 | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | B | 34.40 | 34.62 | 7.04 | 2,261.00 | 2,257.10 | 3.90 | 3.90 | 0.11 | HDPE | 140.00 | 59.07 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 0.68 | 1.25 | 2,261.00 | 2,260.32 | 0.00 | 3.22 | |
| B | V-10 | 52.36 | 52.68 | 3.17 | 2,257.10 | 2,251.30 | 5.80 | 9.70 | 0.11 | HDPE | 140.00 | 43.82 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.00 | 0.23 | 0.56 | 2,260.32 | 2,260.09 | 3.22 | 8.79 | |

Figura 44_ Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 05 y Lote 1.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | | |
|-----------------|------|--------|--------|------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|-------------------------------|----|-------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-11 | 184.46 | 185.45 | 6.34 | 2,261.00 | 2,241.90 | 19.10 | 19.10 | 0.10 | HDPE | 140.00 | 57.82 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 2.99 | 1.13 | 2,261.00 | 2,258.01 | 0.00 | 16.11 | |
| V-11 | V-12 | 28.72 | 28.84 | 3.17 | 2,241.90 | 2,239.30 | 2.60 | 21.70 | 0.09 | HDPE | 140.00 | 45.65 | ISO-4427 | 2 | 63.00 | C-8.0 | 59.20 | 0.03 | 0.73 | 1.15 | 2,258.01 | 2,257.28 | 16.11 | 17.98 | |

Figura 45: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 06 y Lote 1.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | | |
|-----------------|------|--------|--------|------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|-------|-------------------------------|----|-------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 07 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-13 | 184.86 | 184.93 | 8.03 | 2,261.00 | 2,256.00 | 5.00 | 5.00 | 0.03 | HDPE | 140.00 | 83.24 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 4.61 | 1.43 | 2,261.00 | 2,256.39 | 0.00 | 0.39 | |
| V-13 | V-14 | 44.25 | 44.30 | 4.02 | 2,256.00 | 2,258.00 | -2.00 | 3.00 | 0.05 | HDPE | 140.00 | 57.59 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.01 | 0.31 | 0.72 | 2,256.39 | 2,256.08 | 0.39 | -1.92 | |

Figura 46: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 07 y Lote 1.

| TRAMO | | Lr | Le | Q | COTA RAZANTE | | DH | PRESI ON ESTAT | J | TIPO TUBERIA | Coef. C | Dcalc | CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA | | | | Jcalc | Hf | V | COTA PIEZOMETRICA | | PRESION DINAMICA | | | |
|-----------------|------|--------|--------|------|--------------|----------|-------|----------------------|------|-----------------|------------|--------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|----------------------|----------|---------------------|--------|-------|--|
| INICIO | FIN | m | m | l/s | INICIO | FIN | m | m | m/m | | | mm | Norma | Dn | | Clase | Di | m/m | m | m/s | INICIO | FIN | INICIO | FIN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| TURNO 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | V-15 | 298.49 | 298.50 | 6.02 | 2,261.00 | 2,259.00 | 2.00 | 2.00 | 0.01 | HDPE | 140.00 | 110.80 | ISO-4427 | 3 | 90.00 | C-8.0 | 84.60 | 0.02 | 7.43 | 1.43 | 2,261.00 | 2,253.57 | 0.00 | -5.43 | |
| V-15 | V-16 | 44.25 | 47.51 | 4.01 | 2,259.00 | 2,241.70 | 17.30 | 19.30 | 0.36 | HDPE | 140.00 | 37.48 | ISO-4427 | 2 1/2 | 75.00 | C-8.0 | 70.50 | 0.02 | 0.80 | 1.03 | 2,253.57 | 2,252.78 | -5.43 | 11.08 | |

Figura 47: Cálculo en Excel de presión estática y dinámica del Turno 08 y Lote 1.

Microaspersor Rondo con Control de Flujo **RFR**



Especificaciones

Tasas de Flujo:
23, 30, 41, 53, 70, 95 L/h

Rango de Presión de operación:
22-50 psi

La boquilla de rosca macho de 3/8" se ajusta al adaptador de aspersor Meteor nº 44 de Rivulis o a la estaca hammer con rosca hembra de 3/8"

Discos giratorios codificados por color: gris, posición vertical; rojo, posición invertida; y para posición vertical con rango de humectación más pequeño, amarillo

Opcional: limitador de rango incorporado y desmontable en el disco giratorio gris, que brinda un diámetro de humectación restringido de 50 a 60 cm

El Microaspersor RFR de Flujo Regulado de cuenta con todas las funciones del Microaspersor Rondo estándar y, además, la característica adicional de control de flujo la cual brinda una tasa de flujo constante en las condiciones topográficas más desafiantes. Y debido a que los Microaspersores RFR de tienen bajas tasas de aplicación y gotas suaves, los agricultores reducen las pérdidas de agua en suelos permeables. Para ayudar a proteger los aspersores ante obstrucciones causadas por insectos, agregue la tapa antiinsectos.

Todos los Microaspersores RFR de Flujo Regulado de Rivulis Irrigación están fabricados con materiales de primera calidad. Los materiales de alto rendimiento resisten la degradación de los rayos UV y el daño de químicos y fertilizantes que se usan comúnmente en la agricultura. Con un alto rendimiento y materiales de primera calidad, los Microaspersores RFR de Flujo Regulado de están fabricados para durar.

 **Rivulis**
Irrigación

Figura 48: Características de microaspersor rondo con control de flujo RFR de Rivulis.

Microaspersor Rondo con Control de Flujo RFR



Cantidad Máxima Recomendada de Microaspersores RFR por Laterales de Riego

| Color y Tamaño de la Boquilla | Tasa de Flujo | Diámetro de Humedad* | Espaciamiento entre Microaspersores | Diámetro de Manguera en mm | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----|----|----|----------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|----|----|----|--|
| | | | | D.E. 16 /D.I. 13.6 | | | | D.E. 17.8 /D.I. 15.2 | | | | D.E. 20 /D.I. 17.4 | | | | | | | |
| | | | | Presión de Entrada Lateral (PSI) | | | | | | | | | | | | | | | |
| (mm) | (L/h) | (m) | (m) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | |
| Negro 0.85 | 23 | 4 | 3 | 15 | 23 | 29 | 33 | 37 | 19 | 29 | 35 | 41 | 45 | 24 | 36 | 45 | 51 | 57 | |
| | 23 | 4 | 4 | 14 | 21 | 26 | 30 | 33 | 17 | 26 | 32 | 37 | 41 | 22 | 33 | 40 | 46 | 51 | |
| | 23 | 4 | 5 | 12 | 19 | 24 | 27 | 30 | 15 | 24 | 29 | 33 | 37 | 19 | 30 | 36 | 42 | 47 | |
| Azul 1 | 30 | 5.5 | 3 | 13 | 20 | 24 | 28 | 31 | 16 | 24 | 30 | 34 | 38 | 20 | 30 | 37 | 43 | 47 | |
| | 30 | 5.5 | 4 | 12 | 18 | 22 | 25 | 28 | 14 | 22 | 27 | 31 | 34 | 18 | 27 | 34 | 39 | 43 | |
| | 30 | 5.5 | 5 | 11 | 16 | 20 | 23 | 26 | 13 | 20 | 24 | 28 | 31 | 17 | 26 | 31 | 36 | 40 | |
| Azul Oscuro 1.1 | 41 | 5.7 | 3 | 10 | 16 | 20 | 23 | 25 | 12 | 19 | 24 | 27 | 30 | 16 | 25 | 31 | 35 | 39 | |
| | 41 | 5.7 | 4 | 10 | 15 | 18 | 21 | 23 | 12 | 18 | 22 | 25 | 28 | 15 | 23 | 28 | 32 | 35 | |
| | 41 | 5.7 | 5 | 9 | 13 | 16 | 19 | 21 | 10 | 16 | 20 | 23 | 25 | 13 | 20 | 25 | 29 | 32 | |
| Verde 1.2 | 53 | 6.4 | 3 | 9 | 14 | 17 | 20 | 22 | 11 | 17 | 21 | 24 | 26 | 14 | 21 | 26 | 30 | 33 | |
| | 53 | 6.4 | 4 | 8 | 12 | 15 | 17 | 19 | 10 | 15 | 19 | 22 | 24 | 12 | 19 | 23 | 26 | 29 | |
| | 53 | 6.4 | 5 | 8 | 12 | 14 | 17 | 18 | 9 | 14 | 17 | 20 | 22 | 12 | 18 | 22 | 25 | 28 | |
| Rojo 1.4 | 70 | 8 | 3 | 8 | 12 | 15 | 17 | 19 | 9 | 14 | 17 | 20 | 22 | 12 | 18 | 22 | 25 | 28 | |
| | 70 | 8 | 4 | 7 | 10 | 13 | 15 | 16 | 8 | 12 | 15 | 18 | 20 | 10 | 16 | 19 | 22 | 25 | |
| | 70 | 8 | 5 | 6 | 9 | 12 | 13 | 15 | 8 | 12 | 15 | 17 | 19 | 10 | 15 | 18 | 21 | 23 | |
| Blanco 1.6 | 95 | 8.4 | 3 | 6 | 9 | 12 | 13 | 15 | 8 | 12 | 15 | 17 | 18 | 10 | 15 | 18 | 21 | 23 | |
| | 95 | 8.4 | 4 | 5 | 8 | 10 | 12 | 13 | 7 | 10 | 13 | 15 | 16 | 8 | 13 | 16 | 18 | 20 | |
| | 95 | 8.4 | 5 | 5 | 8 | 10 | 12 | 13 | 6 | 9 | 12 | 13 | 15 | 7 | 12 | 14 | 17 | 19 | |

* Con disco giratorio gris y boquilla a 25 cm sobre el nivel del suelo.

 **Rivulis** Irrigación

Rivulis.mx

Este folleto se compiló para su circulación en todo el mundo, y las descripciones, las fotografías y la información son solamente para uso general. Consulte a un especialista en riego y las especificaciones técnicas para obtener información acerca del uso correcto de los productos Rivulis Irrigación. Debido a que algunos productos no están disponibles en todas las regiones, póngase en contacto con el distribuidor local para obtener más detalles. Rivulis Irrigación se reserva el derecho de modificar las especificaciones y el diseño de todos los productos sin aviso previo.

RIV_DS_RFR_R4_SP_W14_0249

Figura 49: Cantidad máxima recomendada de microaspersores por lateral de riego.

AZUD spiral clean

El filtro semiautomático de malla AZUD SPIRAL CLEAN está diseñado para asegurar una alta calidad de filtración y un bajo mantenimiento.



VENTAJAS

- ✓ **Amplia superficie filtrante.**
Hasta 1730 cm² (268 in²).
- ✓ **Filtración con elemento filtrante de malla.** La malla está fabricada en acero inoxidable. Grados de filtrado 100, 130 y 200 micron.
- ✓ **Funcionamiento sin interrupción.** Durante el proceso de limpieza no es necesario detener el aporte de agua.
- ✓ **Limpieza efectiva y sencilla.** El mecanismo de limpieza, compuesto por manivela, escáner y boquillas de succión asegura una limpieza eficiente del elemento filtrante sin necesidad de desmontar el filtro.
- ✓ **Bajo mantenimiento.** Sin necesidad de herramientas.
- ✓ **Modularidad, versatilidad, compatibilidad.** El sistema permite un gran número de posibilidades con el mínimo número de componentes.
- ✓ **Fabricado en plástico técnico.**
- ✓ **Ahorro de agua y energía.**

TECNOLOGÍA

El filtro AZUD SPIRAL CLEAN incorpora un elemento filtrante de malla de gran superficie. El agua a filtrar atraviesa el elemento filtrante DENTRO-FUERA quedando retenidas en la malla todas aquellas partículas de tamaño superior al grado de filtrado.

En el proceso de limpieza, el movimiento rotatorio de la manivela permite el giro de las boquillas. Estas succionan las partículas retenidas en la superficie de la malla que más tarde son descargadas a través de la válvula de drenaje.



91000762_01

Figura 50: Características generales de filtro AZUD Spiral Clean.

AZUD spiral clean

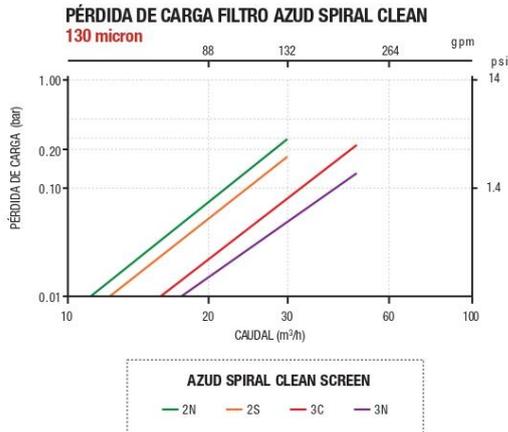
| AZUD SPIRAL CLEAN 130 micron | Caudal máximo | Superficie filtrante | |
|------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| | | Malla | |
| 2N | 30 m ³ /h 132 gpm | 1300 cm ² | 202 in ² |
| | | 1730 cm ² | 268 in ² |
| 3C | 50 m ³ /h 220 gpm | 1300 cm ² | 202 in ² |
| | | 1730 cm ² | 268 in ² |
| 3N | 50 m ³ /h 220 gpm | 1300 cm ² | 202 in ² |
| | | 1730 cm ² | 268 in ² |

Presión mínima 2 bar/ 29 psi.
El caudal asignado por filtro condiciona la frecuencia de limpieza.
Disponibles otros grados de filtrado. Consulte en www.azud.com

MATERIALES CONSTRUCTIVOS

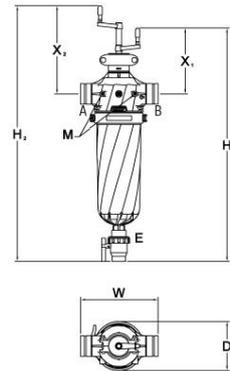
| | |
|----------------------|---|
| Carcasa filtro | Poliamida reforzada con fibra de vidrio |
| Elemento filtrante | Malla acero inoxidable AISI 316 |
| Sistema de cierre | Acero inoxidable |
| Elementos de sellado | NBR |

4<pH<11 • Presión máxima 10 bar / 145 psi • Temperatura máxima 60 °C / 140



| CONFIGURACIÓN FILTRO | Conexión | Modelo | Conexión | | Dimensiones | | | | | |
|----------------------|----------|--------|----------|----------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|------|
| | | | A | B | H ₁ | H ₂ | W | X ₁ | X ₂ | D |
| | | | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| | 2" | 2NR | BSP | BSP | 875 | 935 | 310 | 270 | 330 | 212 |
| | | 2NW | RANURADA | RANURADA | 34.5" | 36.9" | 12.2" | 10.7" | 13.0" | 8.3" |
| 2" Super | 2SR | 2SR | BSP | BSP | 1000 | 1060 | 310 | 270 | 330 | 212 |
| | | 2SW | RANURADA | RANURADA | 39.4" | 41.7" | 12.2" | 10.7" | 13.0" | 8.3" |
| 3" C | 3CR | 3CR | BSP | BSP | 890 | 950 | 336 | 285 | 345 | 212 |
| | | 3CW | RANURADA | RANURADA | 35.0" | 37.3" | 13.2" | 11.3" | 13.6" | 8.3" |
| 3" | 3NR | 3NR | BSP | BSP | 1015 | 1075 | 336 | 285 | 345 | 212 |
| | | 3NW | RANURADA | RANURADA | 40.0" | 42.4" | 13.2" | 11.3" | 13.6" | 8.3" |

Conexión E 1 1/2" BSP • Conexión M 1/4" BSP
Cuerpo disponible en rosca NPT.
Disponible KIT DPI, dispositivo que señala el diferencial de presión al que el filtro ha de limpiarse.



SISTEMA AZUD, S.A. se reserva el derecho de efectuar modificaciones en las características de sus productos.

Figura 51: Características técnicas de filtro AZUD Spiral Clean.

TUBERÍA LISA HDPE

Están diseñadas para conducir fluidos a presión. Fabricadas desde 32mm hasta 2,000mm de diámetro, en normas ISO 4427:2008. Y ASTM F-714: 2012.

Ofrecen una alternativa de solución a problemas tradicionales, minimizando costos de instalación y mantenimiento.

En innumerables aplicaciones mineras, las tuberías HDPE han reemplazado a las tuberías de acero recubiertas con goma y las tuberías de acero inoxidable.

Su bajo costo y su fácil instalación han hecho que se utilicen cada vez más en las instalaciones modernas.

El polietileno de alta densidad resiste prácticamente todos los elementos corrosivos de la industria minera y las tuberías se aplican en rangos de temperatura que van desde los -40°C a 60°C y presiones de hasta 25 bares.

En definitiva, el largo tiempo de duración, el bajo costo, la fácil instalación y la escasa mantención, hacen que las tuberías HDPE tengan ventajas comparativas superiores respecto a los materiales tradicionales.

Información

La designación del material según la norma ISO 12162, tiene relación directa con el tipo de resina de acuerdo al nivel aplicable de resistencia mínima requerida (MRS). Esta debe ser considerada en el diseño de tuberías de HDPE en servicio a largo plazo mínimo 50 años y a 20°C.

| Designación de material | MRS MPa | Tensión de Diseño MPa |
|-------------------------|---------|-----------------------|
| PE100 | 10 | 8 |
| PE80 | 8 | 6.3 |
| PE63 | 6.3 | 5 |

La tensión de diseño σ_s de una tubería, de acuerdo a la norma ISO 12162, se obtiene al aplicar un coeficiente de diseño C sobre el valor MRS del material.

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

Los valores de coeficiente global de diseño se especifican en la norma ISO 12162, "Table 2-Minimum Values of C", donde C=1,25 para todos los tipos de HDPE.

| Tensión de diseño MPa | MRS MPa | | |
|-----------------------|-------------------------|------|------|
| | 10 | 8 | 6.3 |
| | Coeficiente de diseño C | | |
| 8 | 1,25 | | |
| 6.3 | 1,6 | 1,25 | |
| 5 | 2 | 1,6 | 1,25 |

Para el cálculo de la dimensión de una tubería HDPE, se usa la fórmula:

En que:

PN = Presión nominal (MPa)

D = Diámetro exterior del tubo (mm)

e = Espesor mínimo de pared del tubo (mm)

σ_s = Tensión de material (MPa)

$$e = \frac{PN \cdot D}{2\sigma_s + PN}$$

Para efectos de cálculo bajo la norma ASTM F-714, se utiliza la siguiente relación:

$$SDR = \frac{D}{e}$$

$$PN = \frac{2 \cdot \sigma_s}{SDR - 1}$$

TUBERÍA LISA HDPE NORMA NTP ISO 4427:2008 PE-80 y PE-100

| | | Relación estándar de dimensiones (SDR) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|--|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| | | SDR 33 (S18) | SDR 26 (S12.5) | SDR 21 (S10) | SDR 17 (S8) | SDR 13.6 (S6.3) | SDR 11 (S5) | SDR 9 (S4) | SDR 7.4 (S3.2) | | | | | | | | |
| | | Presión Nominal | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4.0 bar | | 5.0 bar | | 6.0 bar | | 8.0 bar | | 10.0 bar | | 12.5 bar | | 16.0 bar | | 20.0 bar | |
| | | 5.0 bar | | 6.0 bar | | 8.0 bar | | 10.0 bar | | 12.5 bar | | 16.0 bar | | 20.0 bar | | 25.0 bar | |
| DN (mm) | DN Equiv (pulg) | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml | e mín (mm) | Peso prom Kg/ml |
| 20 | 1/2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.0 | 0.12 | 2.3 | 0.13 | 3.0 | 0.16 |
| 25 | 3/4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.0 | 0.148 | 2.3 | 0.17 | 3.0 | 0.21 | 3.5 | 0.24 |
| 32 | 1 | - | - | - | - | - | - | 2.0 | 0.2 | 2.4 | 0.23 | 3.0 | 0.28 | 3.6 | 0.33 | 4.4 | 0.39 |
| 40 | 1-1/4 | - | - | - | - | 2.0 | 0.245 | 2.4 | 0.29 | 3.0 | 0.36 | 3.7 | 0.43 | 4.5 | 0.51 | 5.5 | 0.61 |
| 50 | 1-1/2 | - | 2.0 | 0.31 | 2.4 | 0.367 | 3.0 | 0.50 | 3.7 | 0.55 | 4.6 | 0.67 | 5.6 | 0.79 | 6.9 | 0.94 | |
| 63 | 2.00 | - | 2.5 | 0.49 | 3.0 | 0.570 | 3.8 | 0.72 | 4.7 | 0.88 | 5.8 | 1.06 | 8.1 | 1.27 | 8.6 | 1.48 | |
| 75 | 2-1/2 | - | 2.9 | 0.67 | 3.6 | 0.819 | 4.5 | 1.02 | 5.6 | 1.24 | 6.8 | 1.48 | 8.4 | 1.78 | 10.3 | 2.12 | |
| 90 | 3 | - | 3.5 | 0.97 | 4.3 | 1.170 | 5.4 | 1.47 | 6.7 | 1.78 | 8.2 | 2.14 | 10.1 | 2.57 | 12.3 | 3.03 | |
| 110 | 4 | - | 4.2 | 1.41 | 5.3 | 1.78 | 6.6 | 2.18 | 8.1 | 2.64 | 10.0 | 3.18 | 12.3 | 3.82 | 15.1 | 4.54 | |
| 160 | 6 | - | 6.2 | 3.06 | 7.7 | 3.74 | 9.5 | 4.56 | 11.8 | 5.66 | 14.6 | 6.74 | 17.9 | 8.05 | 21.9 | 9.56 | |
| 200 | 8 | - | 7.7 | 4.73 | 9.6 | 5.83 | 11.9 | 7.12 | 14.7 | 8.65 | 18.2 | 10.50 | 22.4 | 12.00 | 27.4 | 14.94 | |
| 250 | 10 | - | 9.6 | 7.37 | 11.9 | 9.02 | 14.8 | 11.06 | 18.4 | 13.54 | 22.7 | 16.35 | 27.9 | 19.60 | 34.2 | 23.32 | |
| 280 | 11 | - | 10.7 | 9.19 | 13.4 | 11.38 | 16.6 | 13.90 | 20.6 | 16.96 | 25.4 | 20.50 | 31.3 | 24.64 | 38.3 | 29.24 | |
| 315 | 12 | 9.7 | 9.34 | 12.1 | 11.70 | 15.0 | 14.30 | 18.7 | 17.60 | 23.2 | 21.50 | 28.6 | 25.95 | 35.2 | 31.16 | 43.1 | 37.01 |
| 355 | 14 | 10.9 | 11.81 | 13.6 | 14.79 | 16.9 | 18.16 | 21.1 | 22.40 | 26.1 | 27.25 | 32.2 | 32.94 | 39.7 | 39.58 | 48.5 | 46.93 |
| 400 | 16 | 12.3 | 15.01 | 15.3 | 18.75 | 19.1 | 23.16 | 23.7 | 28.31 | 29.4 | 34.56 | 36.3 | 41.82 | 44.7 | 50.21 | 54.7 | 59.60 |
| 450 | 18 | 13.8 | 18.94 | 17.2 | 23.71 | 21.5 | 29.28 | 26.7 | 35.87 | 33.1 | 43.78 | 40.9 | 52.96 | 50.3 | 63.57 | 61.5 | 74.55 |
| 500 | 20 | 15.3 | 23.68 | 19.1 | 29.25 | 23.9 | 36.13 | 29.7 | 44.32 | 36.8 | 54.02 | 45.4 | 65.34 | 55.8 | 78.44 | - | - |
| 560 | 22 | 17.2 | 29.80 | 21.4 | 36.67 | 26.7 | 45.22 | 33.2 | 55.52 | 41.2 | 67.77 | 50.8 | 81.86 | 62.5 | 98.38 | - | - |
| 630 | 24 | 19.3 | 37.60 | 24.1 | 46.46 | 30.0 | 57.12 | 37.4 | 70.32 | 46.3 | 85.66 | 57.2 | 103.97 | 70.3 | 124.46 | - | - |
| 710 | 28 | 21.8 | 47.83 | 27.2 | 59.14 | 33.8 | 72.89 | 42.1 | 89.32 | 52.2 | 108.93 | 64.5 | 131.91 | 79.3 | 158.21 | - | - |
| 800 | 32 | 24.5 | 60.55 | 30.6 | 74.94 | 38.1 | 92.30 | 47.4 | 113.29 | 58.8 | 138.24 | 72.6 | 167.29 | 89.3 | 200.73 | - | - |
| 900 | 36 | 27.6 | 76.70 | 34.4 | 94.75 | 42.9 | 116.88 | 53.3 | 143.29 | 66.2 | 175.06 | 81.7 | 211.75 | - | - | - | - |
| 1000 | 40 | 30.6 | 94.46 | 38.2 | 116.90 | 47.7 | 144.36 | 59.3 | 177.09 | 72.5 | 213.25 | 90.2 | 259.91 | - | - | - | - |
| 1200 | 48 | 36.7 | 135.88 | 45.9 | 168.45 | 57.2 | 207.67 | 67.9 | 244.03 | 88.2 | 310.90 | - | - | - | - | - | - |
| 1400 | 54 | 42.9 | 185.15 | 53.5 | 229.03 | 66.7 | 282.49 | 82.4 | 344.68 | 102.9 | 423.24 | - | - | - | - | - | - |
| 1600 | 64 | 49.0 | 241.63 | 61.2 | 299.43 | 76.2 | 368.91 | 94.1 | 449.89 | 117.6 | 552.83 | - | - | - | - | - | - |
| 1800 | 72 | 54.5 | 302.56 | 69.1 | 380.25 | 85.7 | 466.60 | 105.9 | 569.33 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2000 | 80 | 60.6 | 373.72 | 76.9 | 469.88 | 95.2 | 576.01 | 117.6 | 702.55 | - | - | - | - | - | - | - | - |

- 1) La presión nominal PN corresponde a la máxima presión de operación admisible en Bar, a 20°C.
- 2) Valores en pulgadas utilizados como referencia con la norma ASTM/ANSI B 36.10.
- 3) La relación SDR corresponde al cociente entre el diámetro externo y espesor de la tubería.



Figura 52: Ficha técnica de tubería HDPE lisa , fabricada bajo la norma NTP ISO 4427:2008

ACCESORIOS DE COMPRESIÓN DE POLIPROPILENO (PP)



Junta realizada según las normativas UNI 9561-AS/NZS4129 BRL-K534/03 DIN 8076 ISO 14236.
Idónea al contacto con agua potable.
Cuerpo: Polipropileno Copolímero (PP)
Tuerca: Polipropileno Copolímero (PP)
Cono de fijación: Poliacetil (POM).

Contamos con accesorios en diámetros desde 20mm - 110mm en presiones de 16 bares para tuberías HDPE fabricadas bajo norma ISO.



Blueseal
Anillo bi-componente patentado por SAB de Italia, fabricado con tecnopolímeros especiales.



Plug & Play
Es el nuevo manguito de acoplamiento para tubos de PE dotado de una guarnición de agarre de doble labio y una pinza antidesacoplamiento. Contamos con diámetros hasta 160mm en presiones de 16 bares para tuberías fabricadas bajo norma ISO.

ACOPLES DE HIERRO DÚCTIL



Acoples de hierro dúctil estilo 995, para unir tubería de HDPE. Este diseño permite la unión directa de tuberías de HDPE sin equipo de fusión. Contamos con diámetros desde 2" (63mm) a 12" (315mm) para tuberías HDPE fabricadas bajo norma ISO y ASTM.

CONEXIONES MOLDEADAS Y FABRICADAS EN HDPE



Contamos con accesorios inyectados o moldeados de polietileno de alta densidad, PE-100, para tuberías fabricadas en norma ISO en diámetros de 32mm hasta 315mm. Certificados según las siguientes normativas: UNI EN 12201-3, UNI EN ISO 15494, UNI EN 1555-3

También contamos con accesorios de polietileno de alta densidad, PE-4710, para tuberías fabricadas en norma ASTM en diámetros de 2" hasta 24" IPS. Certificaciones: AWWA C906 - NSF / ANSI 61

Contamos también con accesorios fabricados en HDPE, en diámetros de 32mm (1") hasta 2.000mm (80"). Nuestros accesorios son fabricados en base a las dimensiones recomendadas por la norma DIN 16963.



ACCESORIOS EN HDPE PARA ELECTROFUSIÓN

Contamos con accesorios de polietileno de alta densidad para electrofusión, PE-100, para tubería HDPE en SDR11 y SDR17.

Nuestros accesorios cuentan con certificados según las normativas:

- UNI EN 1555-3, juntas en polietileno (PE) para sistemas de tubería para la distribución de gas combustible.
- UNI EN 12201-3, juntas en polietileno (PE) para sistemas de tubería para la distribución del agua potable.
- UNI EN ISO 15494, juntas en polietileno (PE) para sistemas de tubería para aplicación industrial.



BACK UP RING IPP DELTAFLEX

Disponemos de Back up rings, en hierro dúctil, acero inoxidable y hierro dúctil encapsulado en polipropileno.

Normas de fabricación y tamaños disponibles:

- ANSI B16.5 / B16.47 Clase 150.
- AWWA C-207 Clases B, D y E.
- DIN 2501
- Tamaños desde 1/2" (16mm) hasta 66" (1600mm)



Ventajas

- Más liviano. Menor peso que las bridas de respaldo metálico plano (de plancha) convencionales.
- Facilidad de manipulación e instalación.
- Mejor performance en líneas de HDPE.
- Transmite de manera segura y eficiente las cargas estructurales.
- Reducción de costos de transporte.
- Factor de seguridad de 2.



Los Back up ring de hierro dúctil encapsulado en polipropileno son altamente resistente a la corrosión, y son reforzados con fibra de vidrio. Ideales para aplicaciones en ambientes corrosivos propios de la industria minera y pesquera.



Figura 53: Características técnicas de accesorios de conexión para tubería HDPE lisa.

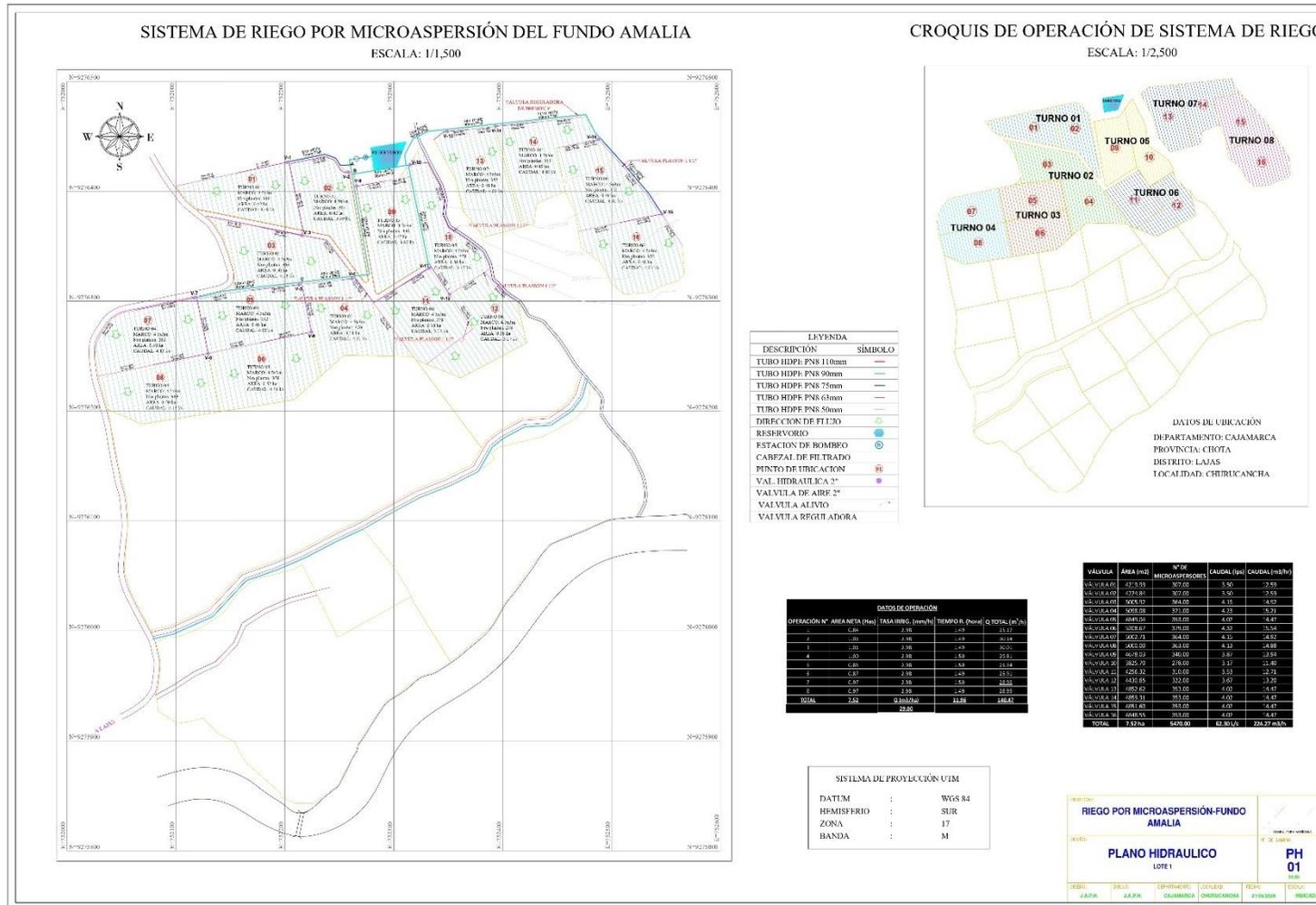
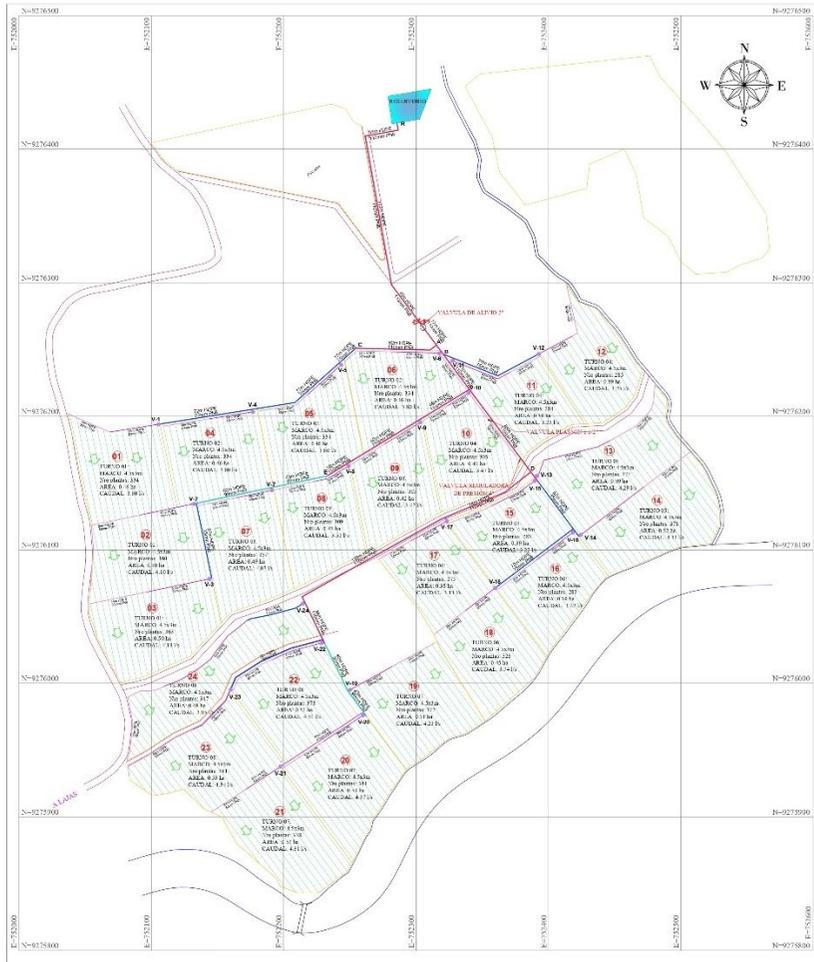


Figura 54: Plano hidráulico de sistema de riego por microaspersión en el Fundo Amalia, Lote 1

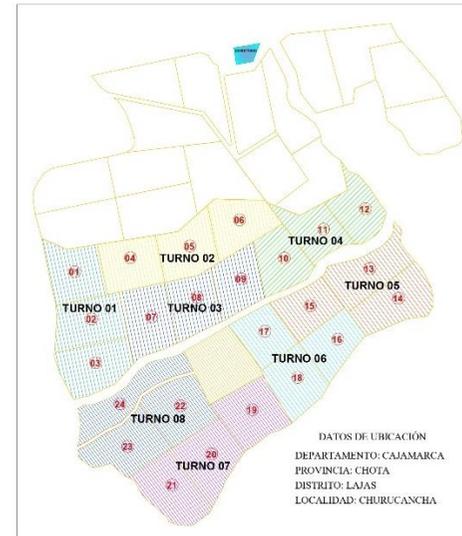
SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN DEL FUNDO AMALIA

ESCALA: 1/1,500



CROQUIS DE OPERACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO

ESCALA: 1/2,500



LEYENDA

| DESCRIPCIÓN | SIMBOLO |
|---------------------|---------|
| TUBO HDPE PNS 110mm | — |
| TUBO HDPE PNS 90mm | — |
| TUBO HDPE PNS 75mm | — |
| TUBO HDPE PNS 63mm | — |
| TUBO HDPE PNS 50mm | — |
| DIRECCIÓN DE FLUJO | → |
| RESERVORIO | ⊙ |
| ESTACION DE BOMBEO | ⊙ |
| CABEZAL DE BOMBEO | ⊙ |
| PUNTO DE UBICACIÓN | ⊙ |
| VAL. HIDRÁULICA 2" | ⊙ |
| VALVULA DE AIRE 2" | ⊙ |
| VALVULA ALIVIO | ⊙ |
| VALVULA REGULADORA | ⊙ |

DATOS DE UBICACIÓN
 DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
 PROVINCIA: CHOTA
 DISTRITO: LAJAS
 LOCALIDAD: CHURUCANCHA

DATOS DE OPERACIÓN

| OPERACIÓN N° | ÁREA (M ²) | VASA IRRIG. (mm/h) | TIEMPO R. (hora) | Q. TOTAL (m ³ /h) |
|--------------|------------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| 1 | 1.46 | 2.88 | 1.19 | 43.82 |
| 2 | 1.36 | 2.88 | 1.35 | 51.12 |
| 3 | 1.44 | 2.88 | 1.49 | 59.82 |
| 4 | 1.20 | 2.88 | 1.49 | 59.82 |
| 5 | 1.43 | 2.88 | 1.49 | 59.82 |
| 6 | 1.22 | 2.88 | 1.43 | 54.48 |
| 7 | 1.56 | 2.88 | 1.43 | 54.48 |
| 8 | 1.52 | 2.88 | 1.19 | 43.82 |
| TOTAL | 14.81 | 91mm/h | 14.86 | 209.86 |

SISTEMA DE PROYECCIÓN UTM

| | |
|------------|----------|
| DATUM | : WGS 84 |
| HEMISFERIO | : SUR |
| ZONA | : 17 |
| BANDA | : M |

| VALVULA | ÁREA (m ²) | N° DE MICROASPERSIORES | CAUDAL (l/s) | CAUDAL (m ³ /h) |
|------------|------------------------|------------------------|--------------|----------------------------|
| VALVULA 01 | 4602.43 | 335.00 | 3.82 | 13.74 |
| VALVULA 02 | 4561.05 | 361.00 | 4.11 | 14.80 |
| VALVULA 03 | 4506.83 | 325.00 | 3.73 | 13.49 |
| VALVULA 04 | 4369.68 | 334.00 | 3.80 | 13.69 |
| VALVULA 05 | 4601.63 | 335.00 | 3.82 | 13.74 |
| VALVULA 06 | 4601.67 | 336.00 | 3.83 | 13.80 |
| VALVULA 07 | 4674.04 | 348.00 | 4.06 | 14.68 |
| VALVULA 08 | 4558.05 | 310.00 | 3.53 | 12.71 |
| VALVULA 09 | 4602.88 | 308.00 | 3.49 | 12.55 |
| VALVULA 10 | 4505.52 | 305.00 | 3.49 | 12.55 |
| VALVULA 11 | 3516.20 | 288.00 | 3.23 | 11.64 |
| VALVULA 12 | 3518.65 | 285.00 | 3.25 | 11.69 |
| VALVULA 13 | 3586.99 | 277.00 | 3.29 | 11.84 |
| VALVULA 14 | 3503.32 | 278.00 | 3.31 | 11.90 |
| VALVULA 15 | 3600.25 | 289.00 | 3.33 | 11.99 |
| VALVULA 16 | 3601.96 | 288.00 | 3.23 | 11.64 |
| VALVULA 17 | 3758.40 | 275.00 | 3.13 | 11.28 |
| VALVULA 18 | 4221.09 | 322.00 | 3.75 | 13.49 |
| VALVULA 19 | 5238.13 | 377.00 | 4.29 | 15.50 |
| VALVULA 20 | 5286.53 | 388.00 | 4.37 | 15.74 |
| VALVULA 21 | 5218.27 | 374.00 | 4.23 | 15.24 |
| VALVULA 22 | 5098.40 | 378.00 | 4.31 | 15.54 |
| VALVULA 23 | 5260.02 | 382.00 | 4.38 | 15.68 |
| VALVULA 24 | 4785.65 | 346.00 | 3.96 | 14.27 |
| TOTAL | 14.12 ha | 8083.00 | 92.86 l/s | 331.42 m ³ /h |

PROYECTO: RIEGO POR MICROASPERSIÓN-FUNDO AMALIA

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

DISTRICTO: LAJAS

LOCALIDAD: CHURUCANCHA

FECHA: 2019/09/09

ESCALA: 1/2500

TÍTULO: PLANO HIDRÁULICO LOTE 2

N° DE LÁMINA: PH 01

ELABORADO POR: J.A.P.H.

REVISADO POR: J.A.P.H.

PROYECTADO POR: J.A.P.H.

APROBADO POR: J.A.P.H.

Figura 55: Plano hidráulico de sistema de riego por microaspersión en el Fundo Amalia.