**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**TESIS**

# MODELACIÓN Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA RIEGO DE "CHUSPIYOC Y LIMEÑA" DEL CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA - DISTRITO DE SAN JERONIMO - CUSCO

**PRESENTADO POR:**

Br. KARLA YOVANNA MELO CAJAHUILLCA

Br. HENRRY QUISPE CANAHUIRI

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**ASESORES:**

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

Mgt. MIJAIL YASMANY CANDIA ARMUTO

**CUSCO – PERÚ**

**2026**

# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Dr. CARLOS JESUS BACA GARCIA, quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: MODELACIÓN Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA RIEGO DE "CHUSPIYOC Y LIMEÑA" DEL CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA – DISTRITO DE SAN JERONIMO – CUSCO.

Presentado por: KARLA YOVANNA MELO CAJAHUILLCA, DNI N° 74049155;

presentado por: HENRRY QUISPE CANAHUIRI, DNI N° 73070287

Para optar el titulo Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRÓNOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 vez, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8%.

**Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis**

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|---|---|---|
| Del 1 al 10% | No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud. | X |
| Del 11 al 30% | Devolver al usuario para las subsanaciones. | |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamente, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes: Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de aucerdo a Ley. | |

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 29 de septiembre de 2026



Firma

Post firma: Dr. CARLOS JESUS BACA GARCIA

Nro. de DNI: 23952035

ORCID del Asesor: 0000 – 0002 - 8284 - 0614

**Se adjunta:**

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: **27259:631473568**

# KARLA YOVANNA MELO CAJAHUILLCA

## MODELACIÓN Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA RIEGO DE “CHUSPIYOC Y LI...

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:631473568

Fecha de entrega
28 sep 2026, 10:25 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
28 sep 2026, 10:43 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
MODELACIÓN Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA RIEG....pdf

Tamaño del archivo
13.4 MB

234 páginas

66.441 palabras

274.515 caracteres

# 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca..

## Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

## Fuentes principales

7% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

**N.° de alertas de integridad para revisión**

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## DEDICATORIA

A Dios, padre creador.

A mis padres, Juan Quispe Córdova y Rosa Canahuiri Ayma, por su consejo y sabiduría en cada paso dado, y por acompañarme en cada sueño perseguido.

A mis hermanos; Robert, Solari, Wilian, Ulises y Elvis, por su apoyo, motivación y dedicación en el logro de este resultado de años de esfuerzo.

A mis familiares, por sus palabras de aliento, cariño y apoyo constante.

A mi compañera de vida, por su comprensión y compañía durante este camino hacia el logro de esta meta.

A todos mis amigos, que siempre me han mostrado su apoyo incondicional.

**Br. HENRRY QUISPE CANAHUIRI**

A Dios, padre todopoderoso.

A mis padres, Mario Melo y Rosanita Cajahuillca, por ser mi guía, mi fuerza, y la razón por la que no pierdo la lucha.

A mis hermanos, Kattia, Gabriel y Abraham, cuyo cariño es fuente de inspiración y fortaleza.

A mi familia, abuelos, tíos y primos, por sus sabios consejos y palabras de aliento en mi formación personal y profesional.

A los amigos que, con su compañía y apoyo, fueron parte esencial de mi vida universitaria.

**Br. KARLA YOVANNA MELO CAJAHUILLCA**

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Agronomía.

Al Dr. Carlos Jesús Baca García, por la cátedra, el asesoramiento y los valiosos consejos brindados durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Mgt. Mijail Yasmany Candia Armuto, por la enseñanza y orientación en cada etapa del trabajo desarrollado.

Al Grupo de Estudios en Ingeniería de Riego (GEIR), por la instrucción y las experiencias compartidas en tecnologías de riego, que permiten afrontar los desafíos del campo laboral.

**Los autores.**

## ÍNDICE

**RESUMEN** ..... **xiv**
**INTRODUCCIÓN** ..... **xv**
**I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.** ..... **1**
1.1. Identificación del problema objeto de investigación ..... 1
1.2. Planteamiento del problema ..... 2
1.2.1. Problema general ..... 2
1.2.2. Problema específico ..... 2
**II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN** ..... **3**
2.1. Objetivo ..... 3
2.1.1. Objetivo general ..... 3
2.1.2. Objetivos específicos ..... 3
2.2. Justificación ..... 4
**III. HIPÓTESIS.** ..... **5**
3.1. Hipótesis general ..... 5
3.2. Hipótesis específicas ..... 5
**IV. MARCO TEÓRICO** ..... **6**
4.1. Antecedentes de la investigación ..... 6
4.2. Bases teóricas ..... 9
4.2.1. Red de distribución de agua ..... 9
4.2.2. Tipologías de trazado de redes de distribución de agua ..... 9
4.2.3. Elementos de una red de distribución de agua ..... 10
4.2.4. Ecuaciones de comportamiento de masa y energía de las redes ..... 13
4.2.5. Pérdidas de energía ..... 17
4.2.6. Tipos de riego ..... 20
4.2.7. Distribución del riego ..... 21
4.2.8. Demanda hídrica ..... 22
4.2.9. Parámetros de riego ..... 25
4.2.10. Modelación matemática de redes de distribución de agua ..... 30
4.2.11. Etapas en la elaboración de un modelo hidráulico ..... 31
4.2.12. Plugin QGISRed ..... 36
4.3. Definición de términos ..... 38

4.3.1. Modelo calibrado ..... 38
4.3.2. Escenario ..... 38
4.3.3. Caudal ..... 38
4.3.4. Modelación ..... 38
4.3.5. Plugin ..... 39
4.3.6. Simulación ..... 39
4.3.7. Gestión del riego ..... 39
4.3.8. Redes de distribución ..... 40
4.3.9. Turnos de riego ..... 40
4.3.10. Periodo extendido ..... 40
**V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 41**
5.1. Aspectos generales de la investigación ..... 41
5.1.1. Tipo de investigación ..... 41
5.1.2. Ubicación temporal ..... 41
5.1.3. Ubicación espacial ..... 41
5.1.4. Clima de la zona de estudio ..... 45
5.2. Materiales y metodología ..... 50
5.2.1. Materiales de campo, equipos y herramientas ..... 50
5.3. Descripción de las actividades ..... 52
5.3.1. Descripción de la zona de estudio ..... 52
5.3.2. Levantamiento topográfico ..... 52
5.3.3. Excavación de zanjas ..... 53
5.3.4. Identificación de tuberías instaladas en campo ..... 54
5.3.5. Realización de consulta ..... 57
5.4. Situación actual de componentes ..... 59
5.4.1. Medición de presión manométrica ..... 60
5.4.2. Medición de caudal ..... 63
5.5. Demanda hídrica y parámetros de riego ..... 65
5.5.1. Determinación de la demanda hídrica ..... 65
5.5.2. Parámetros de riego ..... 69
5.6. Modelación y calibración de la red ..... 73
5.6.1. Construcción del modelo de la red ..... 73
5.6.2. Calibración del modelo de la red ..... 83

5.7. Simulación de escenarios ..... 86
**VI. RESULTADOS Y DISCUSION ..... 88**
6.1. Evaluación de estado actual ..... 88
6.1.1. Tipo de red ..... 88
6.1.2. Área de estudio ..... 88
6.1.3. Red Chuspiyoc ..... 88
6.1.4. Red de Limeña ..... 107
6.2. Demanda hídrica y parámetros de riego ..... 115
6.2.1. Demanda hídrica ..... 115
6.2.2. Parametros de riego ..... 121
6.3. Modelo calibrado de la red de distribución ..... 128
6.3.1. Calibración del “Escenario I” ..... 131
6.3.2. Calibración del “Escenario II” ..... 135
6.4. Simulación hidráulica ..... 140
6.4.1. Simulación hidráulica “Escenario I” - situacion actual ..... 140
6.4.2. Simulación hidráulica “Escenario II” - situación maxima demanda ..... 151
6.4.3. Simulación hidráulica “Escenario III” - optimizado ..... 166
6.4.4. Comparativa de resultado de presiones ..... 174
**VII. CONCLUSIONES ..... 178**
**VIII. RECOMENDACIONES ..... 181**
**IX. BIBLIOGRAFÍA ..... 182**
**X. ANEXOS ..... 186**

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Características físico - mecánicas de tubos NTP-ISO 1452 ..... 12

**Tabla 2**. Cálculo de pérdida de carga en tuberías ..... 18

**Tabla 3.** Coeficiente de rugosidad para tubería ..... 18

**Tabla 4.** Coeficientes de perdidas localizadas ..... 20

**Tabla 5.** Valores de eficiencia de aplicación en riego por aspersión ..... 25

**Tabla 6**. Categorías de velocidad del viento ..... 49

**Tabla 7.** Parámetros de evaluación de los componentes de riego ..... 59

**Tabla 8.** Escala de medición del estado actual de conservación ..... 60

**Tabla 9.** Escala de medición de la ubicación y capacidad de trabajo ..... 60

**Tabla 10.** Codificación de operatividad de hidrantes ..... 61

**Tabla 11**. Resultados de la evapotranspiración de referencia mm/día ..... 66

**Tabla 12.** Resultados del coeficiente de cultivo ponderado ..... 68

**Tabla 13.** Resultados de la precipitación efectiva mm/día ..... 69

**Tabla 14.** Estimación de la eficiencia de aplicación (%) ..... 69

**Tabla 15.** Estimación de la jornada efectiva de riego ..... 69

**Tabla 16.** Distribución del tiempo de riego en función de una JER ..... 71

**Tabla 17.** Patrones de variación de la demanda ..... 82

**Tabla 18.** Rugosidad inicial e incremento anual en tuberías ..... 83

**Tabla 19**. Criterios de calibración ..... 83

**Tabla 20.** Formato de fichero de calibración ..... 84

**Tabla 21.** Interpretación de la correlación de Pearson ..... 85

**Tabla 22.** Áreas bajo riego ..... 88

**Tabla 23.** Ubicación de bocatoma de la red de Chuspiyoc ..... 89

**Tabla 24.** Resultado del estado de bocatoma red de Chuspiyoc. ..... 90

**Tabla 25.** Resultado del estado de válvulas de gravedad red de Chuspiyoc ..... 91

**Tabla 26.** Ubicación del reservorio de 1400 $m^3$ ..... 92

**Tabla 27.** Resultado del estado actual del reservorio ..... 93

**Tabla 28.** Identificación de tuberías rotas en la red de distribución de Chuspiyoc ... 95

**Tabla 29.** Estado actual de válvulas de control en la red de Chuspiyoc ..... 95

**Tabla 30.** Ubicación de la cámara rompe presión ..... 96

**Tabla 31.** Resultado del estado actual de la cámara rompe presión ..... 97

**Tabla 32.** Estado de hidrantes en la red de Chuspiyoc ..... 98

**Tabla 33**.Ubicación de bocatoma de la red de Limeña ..... 107

**Tabla 34.** Resultado del estado actual de la bocatoma red de Limeña ..... 109

**Tabla 35.** Estado de válvulas de control en la red de Limeña ..... 111

**Tabla 36.** Estado de hidrantes en la red de Limeña ..... 112

**Tabla 37**. Demanda de agua red de Chuspiyoc ..... 116

**Tabla 38**. Demanda de agua red de Limeña ..... 117

**Tabla 39**. Oferta de agua red de Chuspiyoc ..... 118

**Tabla 40**. Oferta de agua red de Limeña ..... 118

**Tabla 41.** Resultado del balance hídrico ..... 119

**Tabla 42.** Resultado del balance hídrico red de Limeña ..... 120

**Tabla 43.** Dotación en hidrantes - red Chuspiyoc ..... 121

**Tabla 44.** Dotación de riego por aspersión turno I - red Chuspiyoc ..... 122

**Tabla 45.** Dotación de riego por aspersión turno II - red Chuspiyoc ..... 122

**Tabla 46.** Dotación de riego por aspersión turno III - red Chuspiyoc ..... 123

**Tabla 47.** Dotación de riego por aspersión turno IV - red Chuspiyoc ..... 124

**Tabla 48.** Dotación de riego por aspersión turno V - red Chuspiyoc ..... 125

**Tabla 49.** Dotación de riego por aspersión turno VI - red Chuspiyoc ..... 125

**Tabla 50.** Dotación en hidrantes - red Limeña ..... 126

**Tabla 51.** Dotación de riego por aspersión - red Limeña ..... 127

**Tabla 52.** Mediciones de caudal en campo – red Chuspiyoc ..... 128

**Tabla 53.** Mediciones de caudal en campo – red Limeña ..... 129

**Tabla 54.** Mediciones de presión en campo – red Chuspiyoc ..... 130

**Tabla 55.** Mediciones de presión en campo – red Limeña ..... 131

**Tabla 56.** Estadísticas de calibración de presiones – escenario I ..... 132

**Tabla 57.** Correlación entre presión medido y simulado - escenario I ..... 133

**Tabla 58.** Estadísticas de calibración de presiones – escenario II ..... 136

**Tabla 59.** Correlación entre presión medido y simulado - escenario II ..... 137

**Tabla 60.** Hidrantes con demanda escenario I – turno 1 ..... 141

**Tabla 61.** Resultado de simulación escenario I - turno 1 ..... 141

**Tabla 62.** Resultado de déficit de presión escenario I - turno 1 ..... 142

**Tabla 63.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 2 ..... 142

**Tabla 64.** Resultado de simulación escenario I - turno 2 ..... 143

**Tabla 65.** Resultado de déficit de presión escenario I - turno 2 ..... 144

**Tabla 66.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 3 ..... 144

**Tabla 67**. Resultado de simulación escenario I - turno 3 ..... 145

**Tabla 68.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 4 ..... 146

**Tabla 69.** Resultado de simulación escenario I - turno 4 ..... 146

**Tabla 70.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 5 ..... 147

**Tabla 71.** Resultado de simulación escenario I - turno 5 ..... 148

**Tabla 72.** Resultado de déficit de presión escenario I - turno 5 ..... 148

**Tabla 73.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 6 ..... 149

**Tabla 74.** Resultado de simulación escenario I - turno 6 ..... 149

**Tabla 75.** Caudal demandado escenario II – turno 1 ..... 151

**Tabla 76.** Resultado de simulación escenario II - turno 1 ..... 152

**Tabla 77.** Presiones resultantes escenario II - turno 1 ..... 153

**Tabla 78.** Caudal demandado escenario II – turno 2 ..... 154

**Tabla 79.** Resultado de simulación escenario II - turno 2 ..... 155

**Tabla 80.** Presión resultante escenario II - turno 2 ..... 156

**Tabla 81.** Caudal demandado escenario II – turno 3 ..... 157

**Tabla 82.** Resultado de simulación del escenario II - turno 3 ..... 158

**Tabla 83.** Caudal demandado escenario II – turno 4 ..... 159

**Tabla 84.** Resultado de simulación del escenario II - turno 4 ..... 160

**Tabla 85.** Presión resultante escenario II - turno 4 ..... 160

**Tabla 86.** Caudal demandado escenario II - turno 5 ..... 161

**Tabla 87.** Resultado de simulación del escenario II - turno 5 ..... 162

**Tabla 88.** Presiones resultantes escenario II - turno 5 ..... 162

**Tabla 89.** Caudal demandado escenario II - turno 6 ..... 163

**Tabla 90.** Resultado de simulación del escenario II - turno 6 ..... 164

**Tabla 91**. Presiones resultantes escenario II - turno 6 ..... 165

**Tabla 92**. Resultado de sobrepresión turno 1 - escenario III ..... 167

**Tabla 93.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 2 ..... 167

**Tabla 94.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 3 ..... 168

**Tabla 95.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 4 ..... 169

**Tabla 96.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 5 ..... 171

**Tabla 97.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 6 ..... 173

**Tabla 98** Comparación de presiones – red Chuspiyoc ..... 174

**Tabla 99** Comparación de presiones – red Limeña ..... 176

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Trazado de red ramificada y mallada ..... 10

**Figura 2.** Ecuación de continuidad en un nudo ..... 14

**Figura 3**. Ecuación de continuidad en tubería con variación de sección ..... 15

**Figura 4.** Diagrama de la ecuación de Bernoulli ..... 17

**Figura 5** Rangos de Kc para cuatro etapas de crecimiento ..... 22

**Figura 6.** Mapa de ubicación de la red de Chuspiyoc y Limeña ..... 42

**Figura 7.** Mapa de ubicación de parcelas del proyecto ..... 43

**Figura 8** Modelo simplificado de las redes de Chuspiyoc y Limeña ..... 44

**Figura 9.** Registro de temperatura máxima y mínima media mensual ..... 46

**Figura 10.** Registro de precipitaciones total mensual (mm) ..... 47

**Figura 11**. Registro de humedad relativa media mensual (%) ..... 47

**Figura 12.** Registro de horas sol total mensual ..... 48

**Figura 13.** Registro de velocidad del viento (m/s) ..... 49

**Figura 14.** Estacionamiento de instrumento topográfico en la parcela H1 Intipata .. 53

**Figura 15.** Tramo de la línea de conducción de la red Chuspiyoc en el km 3+000 .. 54

**Figura 16.** Red de distribución (tramo reservorio – cámara rompe presión) ..... 55

**Figura 17.** Red de distribución mallada en la parcela C3 de la red Chuspiyoc ..... 56

**Figura 18.** Red de distribución ramificada en la parcela I2 de la red Chuspiyoc ..... 56

**Figura 19.** Consulta sobre operación del riego al operador, Sr. Santiago Lima ..... 57

**Figura 20.** Consulta sobre operación del riego al capataz, Sr. Juvenal Valverde .... 57

**Figura 21.** Diagrama de flujo de la metodología seguida ..... 58

**Figura 22.** Instrumento de medición de presión dinámica ..... 61

**Figura 23.** Medición de presión dinámica en hidrante H199 ..... 62

**Figura 24.** Medición de caudal en bocatoma de la red de Limeña ..... 63

**Figura 25.** Medición de caudal en hidrante H225 parcela D2 de CRIBA ..... 64

**Figura 26.** Medición de caudal en aspersores del hidrante H198 parcela C2 ..... 65

**Figura 27.** Cálculo de la evapotranspiración de referencia. ..... 66

**Figura 28**. Coeficiente de cultivo de papa ..... 66

**Figura 29**. Coeficiente de cultivo de maíz ..... 67

**Figura 30**. Coeficiente de cultivo de habas ..... 67

**Figura 31.** Cálculo de la precipitación efectiva ..... 68

**Figura 32.** Captura de pantalla del menú de complementos ..... 73

**Figura 33.** Captura de pantalla de Instalación de plugin QGISRed ..... 73

**Figura 34**. Captura de pantalla de herramientas del QGISRed ..... 74

**Figura 35**. Creación de un nuevo proyecto ..... 74

**Figura 36.** Georreferenciación de coordenadas del proyecto ..... 75

**Figura 37**. importación de tuberías ..... 75

**Figura 38**. Conversión del formato de tuberías “dxf” a “shp” ..... 76

**Figura 39**. Asignación de tuberías y nodos ..... 76

**Figura 40.** Planimetría de las redes de distribución de agua para riego ..... 77

**Figura 41**. Modelo de elevación digital del terreno en estudio ..... 78

**Figura 42.** Tabla de atributos de las captaciones (bocatoma) ..... 79

**Figura 43.** Asignación de la captación (bocatoma) ..... 79

**Figura 44**. Tabla de atributos del reservorio ..... 79

**Figura 45**. Tabla de atributos de tubería ..... 80

**Figura 46**. Creación de estilos de tubería ..... 80

**Figura 47**. Tabla de atributos de nodos ..... 81

**Figura 48.** Representación de la cámara rompe presión ..... 81

**Figura 49**. Creación de patrones hidráulicos ..... 82

**Figura 50.** Captura de pantalla de datos de calibración en Epanet ..... 85

**Figura 51.** Bocatoma de la red de riego Chuspiyoc ..... 89

**Figura 52.** Sedimentador de la red de Chuspiyoc ..... 90

**Figura 53.** Válvula compuerta N°10 tipo campana de Ø 250 mm ..... 91

**Figura 54.** Reservorio de 1,400 m3 de San Bartolomé ..... 92

**Figura 55.** Tuberías rotas en la red de Chuspiyoc ..... 94

**Figura 56.** Localización de tuberías rotas en la red de Chuspiyoc ..... 94

**Figura 57.** Cámara rompe presión de la red de Chuspiyoc ..... 97

**Figura 58.** Resultado del estado actual de hidrantes de la red Chuspiyoc ..... 104

**Figura 59.** Resultado de operatividad de hidrantes en la red de Chuspiyoc ..... 104

**Figura 60.** Hidrante inoperativo N°91 en la zona de Lucrehuaycco ..... 105

**Figura 61.** Hidrante operativo N°20 en la zona de limeña ..... 105

**Figura 62.** Resultado del estado actual de los componentes de la red Chuspiyoc 106

**Figura 63**. Bocatoma de la red Limeña ..... 107

**Figura 64**. Sedimentador de la red Limeña ..... 108

**Figura 65.** Cámara de carga de la red Limeña ..... 109

**Figura 66.** Tramo de tubería de conducción de la red de Limeña ..... 110

**Figura 67.** Tramo de tubería de conducción descubierta por deslizamientos ..... 110

**Figura 68.** Válvula compuerta N°05 de la red de riego de Limeña ..... 111

**Figura 69.** Resultado del estado actual de hidrantes de la red Limeña ..... 113

**Figura 70.** Resultado de operatividad de hidrantes en la red de Limeña ..... 114

**Figura 71.** Resultado del estado actual de los componentes de la red Limeña ..... 114

**Figura 72**. Balance hídrico red de Chuspiyoc ..... 119

**Figura 73.** Balance hídrico red de Limeña ..... 120

**Figura 74.** Mediciones de caudal en campo – red Chuspiyoc ..... 128

**Figura 75.** Mediciones de caudal en campo – red Limeña ..... 129

**Figura 76.** Mediciones de presión en campo – red Chuspiyoc ..... 130

**Figura 77.** Mediciones de presión en campo – red Limeña ..... 131

**Figura 78.** Diagrama de dispersión – escenario I..... 134

**Figura 79.** Comparación de valores medios de presión – escenario I ..... 135

**Figura 80.** Diagrama de dispersión - escenario II ..... 138

**Figura 81.** Comparación de valores de presión – escenario II..... 139

**Figura 82.** Simulación de presiones escenario I – turno 1 ..... 140

**Figura 83.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 1 ..... 152

**Figura 84.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 2 ..... 155

**Figura 85.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 3 ..... 157

**Figura 86.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 4 ..... 159

**Figura 87.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 5. ..... 161

**Figura 88**. Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 6. ..... 164

**Figura 89.** Resultado de sobrepresiones turno 1 - escenario III parcela "C1"..... 166

**Figura 90.** Resultado de déficit de presión turno 2 - escenario III parcela "F3"..... 168

**Figura 91.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 3 parcela "F22".... 169

**Figura 92.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 4 parcela "F14".... 170

**Figura 93.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 5 parcela "G"..... 171

**Figura 94.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 6 parcela "H" ..... 172

## RESUMEN

El trabajo de investigación, denominado Modelación y simulación hidráulica de las redes de distribución de “Chuspiyoc y Limeña” del Centro Agronómico K'ayra, distrito de San Jerónimo - Cusco, se desarrolló entre abril de 2024 a mayo de 2025. El estudio tuvo como objetivos evaluar el estado de los componentes de las redes, determinar la demanda hídrica y parámetros de riego, construir un modelo hidráulico calibrado mediante QGISRed, y simular escenarios hidráulicos en periodo extendido.

En ambas redes, más del 64% de los componentes requieren cambio en su estructura, mientras que más del 18% requiere reconstrucción y entre 4.69% y 6.06% requiere reparación. En consecuencia, no se identificaron componentes en buen estado. La demanda hídrica correspondiente al mes más crítico de setiembre, fue 1,026.89 m³/mes/ha para riego por aspersión y 1,711.49 m³/mes/ha para riego por gravedad. Asimismo, se estableció una JER de 12 hr. para Chuspiyoc y 8 hr. para Limeña, con frecuencias de 6 y 4 días, respectivamente, con una dotación 6.05 l/s/ha para riego por aspersión. El modelo calibrado alcanzó correlaciones de 91.1 % (Escenario I) y 89.2 % (Escenario II), ambas estadísticamente significativas, reflejando un modelo digital con la realidad de campo. La simulación hidráulica en condición actual y máxima demanda, presentó presiones superiores a 70.0 mca e inferiores a 20.0 mca, además de velocidades fuera del rango recomendado de operación. En contraste, el escenario optimizado, mediante la incorporación de válvulas reguladoras de presión, logró presiones alrededor de 35 mca y velocidades entre 0.5 m/s a 2.5 m/s.



**Palabras clave:** Redes de distribución, Modelo calibrado, Simulación hidráulica, Demanda hídrica.

# INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha registrado un incremento significativo en los proyectos de riego que enfrentan dificultades técnicas. Tal como lo menciona la Autoridad Nacional del Agua (2020), en el Perú el sector agrario utiliza aproximadamente el 80% de los recursos hídricos; sin embargo, la eficiencia del riego alcanza solo el 35%. Esto conlleva a otorgar gran atención a la distribución eficiente del agua en la región.

En las redes de riego ya instaladas, el diagnóstico y la recopilación de la información son fundamentales para la construcción de un modelo, ya que su comportamiento es más complejo debido a la variabilidad de sus características a lo largo del tiempo en el que fueron instalados, siendo el caso del aumento de las rugosidades en las tuberías, cambios en las demandas, fugas de agua, errores en las cotas, entre otros. Mientras que, en una red nueva, la construcción del modelo resulta más sencilla, ya que los parámetros de entrada coinciden con los especificados del proyecto.

Sin embargo, dichas estrategias requieren de un modelo calibrado que generen resultados confiables, lo que implica ajustar los datos medidos en campo (caudal, presión), para que coincidan con los generados por el programa. Este proceso se lleva a cabo hasta lograr una correlación optima entre los valores medidos y simulados.

Los programas de modelación permiten simular diversos escenarios de redes de distribución de agua a lo largo del tiempo, facilitando el análisis de la vulnerabilidad y la medición de la capacidad del sistema hidráulico. Además, permite generar reportes de velocidades, caudales y presiones, lo que posibilita configurar, evaluar, validar y comparar múltiples escenarios. A partir de las estimaciones de las simulaciones, se optimiza la gestión de las redes de riego que respalda a los responsables de la operación en la toma de decisiones.

# I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.

## 1.1. Identificación del problema objeto de investigación

El Centro Agronómico K'ayra ubicado en el distrito de San Jerónimo del departamento del Cusco, cuenta con las redes de distribución de agua para riego de Chuspiyoc y Limeña, las cuales presentan un desabastecimiento de agua frente a las crecientes demandas de cultivos intensivos que requieren un análisis que permita optimizar el uso del recurso hídrico, reducir perdidas y planificar ampliaciones o mejoras en los parámetros de riego.

Las redes de distribución actualmente instaladas en campo con el paso de los años atraviesan un progresivo deterioro en su comportamiento hidráulico evidenciándose perdidas por fricción y fugas, velocidades de caudal críticos superiores a los 3.5 m/s e inferiores a 0.6 m/s, así como un inadecuado balance de presiones, con valores por debajo de 1.0 bar. Adicionalmente, se carece de un modelo hidráulico que permita simular escenarios de demanda, modificaciones en la infraestructura (incorporación de nuevas tuberías, válvulas inoperativos e hidrantes sin funcionamiento) y la programación de turnos.

Por lo cual, es necesario la elaboración de modelos hidráulicos calibrados para comprender el mejor funcionamiento y comportamiento de las redes de distribución de agua de riego presurizados, frente a los diseños tradicionales en el que siguen siendo operados.

Por tal desconocimiento del manejo óptimo de las redes de distribución de agua, se planteó este trabajo de investigación **"Modelación y simulación hidráulica de las redes de distribución de agua para riego de "Chuspiyoc y Limeña" del Centro Agronómico K'ayra, distrito de San Jerónimo - Cusco"**, proponiendo la utilización del plugin QGIS-Red, como una herramienta para optimizar el uso del agua en la actividad agrícola.

## 1.2. Planteamiento del problema

### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento hidráulico actual de las redes de distribución de agua para riego de Chuspiyoc y Limeña en el Centro Agronómico K'ayra, y qué mejoras de gestión se pueden proponer mediante modelación y simulación hidráulica?

### 1.2.2. Problema específico

1 ¿Cuál es la situación actual de los componentes de las redes de distribución (captación, reservorio, válvulas, tuberías e hidrantes)?

2 ¿Cuál es la demanda hídrica y parámetros de riego de las redes de distribución?

3 ¿Cómo puede desarrollarse un modelo hidráulico de las redes de distribución mediante el plugin QGISRed utilizando datos de campo para su calibración?

4 ¿Qué escenarios hidráulicos, bajo condiciones actuales y alternativos, permiten mejorar la gestión de riego?

# II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

## 2.1. Objetivo

### 2.1.1. Objetivo general

Desarrollar la modelación y simulación hidráulica de las redes de distribución de agua para riego de Chuspiyoc y Limeña, con la finalidad de contribuir a la mejora de la gestión del riego del Centro Agronómico K'ayra, distrito de San Jerónimo - Cusco.

### 2.1.2. Objetivos específicos

1 Evaluar la situación actual de los componentes de las redes de distribución (captación, reservorio, válvulas, tuberías e hidrantes).

2 Determinar la demanda hídrica y parámetros de riego de las redes de distribución.

3 Construir un modelo hidráulico de las redes de distribución mediante el plugin QGISRed, incorporando datos de campo para su calibración.

4 Simular escenarios hidráulicos bajo condiciones actuales y alternativos que ayuden a mejorar su gestión de riego.

## 2.2. Justificación

Las crecientes demandas en los sectores productivos y el desabastecimiento de agua, ha generado una disminución de la presión y caudal en las redes de riego por aspersión. Situación que afecta directamente la operación de la red y reduce la productividad agrícola. Siendo fundamental comprender el estado situacional de la red, que permita establecer una línea base confiable, sobre la cual se podrán realizar mejoras estructurales y operativas que contribuyan a optimizar el riego. Asimismo, con la determinación de la demanda hídrica se logra conocer con exactitud los requerimientos de agua en función al tipo de cultivo y condiciones climáticas a fin de verificar que realmente se viene dotando con lo necesario para los cultivos instalados.

La construcción de un modelo calibrado de la red es fundamental para representar con precisión el comportamiento hidráulico real observado en campo, permitiendo su integración en un entorno digital mediante el plugin QGISRed; asegurando que el modelo refleje adecuadamente los parámetros como caudales, presiones y perdidas de carga, en concordancia con la operación de la red. Además, de identificar inconsistencias entre las mediciones en campo con el modelo construido, siendo indispensable contar con un modelo digital para plantear estrategias correctivas y tomar decisiones informadas.

Las simulaciones en periodo extendido permiten comprender el comportamiento de la red bajo distintas condiciones de operación y demandas cambiantes a lo largo del tiempo de 24, 48, 72, 96 horas etc. Este análisis es primordial para conocer la capacidad de respuesta de la red frente a eventos como picos de consumo o baja disponibilidad de dotación de agua. Frente a ello, proponer soluciones basadas en los resultados de la simulación permitiendo optimizar el uso del agua, reducir pérdidas y mejorar los parámetros de operación de la red en función de la demanda real de los cultivos.

# III. HIPÓTESIS.

## 3.1. Hipótesis general

El desarrollo de la modelación y simulación hidráulica de las redes de distribución de agua para riego de Chuspiyoc y Limeña contribuye a la mejora de la gestión en el uso del agua en el Centro Agronómico K'ayra, distrito de San Jerónimo - Cusco.

## 3.2. Hipótesis específicas

1. La situación actual de los componentes de las redes de distribución (captación, reservorio, válvula, tuberías e hidrantes), presenta deficiencias.
2. La demanda hídrica y los parámetros de riego se encuentran adecuadamente establecidos de acuerdo con los requerimientos hídricos de los cultivos.
3. La construcción del modelo hidráulico en QGISRed y calibrado con datos de campo representa con precisión el comportamiento real de la red.
4. La simulación de escenarios hidráulicos bajo condiciones actuales y alternativas permite identificar oportunidades de mejora en la gestión del riego.

# IV. MARCO TEÓRICO

## 4.1. Antecedentes de la investigación

**UNSAAC (2009)**, gestionó en el año 2008 la aprobación del perfil del proyecto: "Mejoramiento de la Infraestructura de Riego de la Facultad de Agronomía y Zootecnia" UNSAAC, con código SNIP Nº 56616, y una inversión de S/ 2'053,258.00. Este perfil fue aprobado mediante Informe Técnico Nº11 – 2008 – CEVP/UNSAAC, de fecha 04 de agosto del 2008 y posteriormente viabilizado mediante el Oficio Nº 380-OPU-2008-CEPV/UNSAAC. Finalmente, el 21 de enero de 2009 se formalizó la contratación de la elaboración del expediente técnico por Adjudicación Directa Selectiva Nº 0028-2009-UNSAAC. Tuvo como objetivo mejorar la infraestructura de riego de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. El área bruta evaluada fue de 125.00 ha, de las cuales se definió una cobertura neta de riego de 94.37 hectáreas, distribuidas en cuatro sistemas: canal Rosashuayqo (18.54 ha), canal Chuspiyoc (55.74 ha), canal Limeña (10.33 ha) y canal Chanchería (9.76 ha). Cabe destacar que dichas mejoras se realizaron sobre instalaciones previamente ejecutadas a través del convenio UNSAAC – CENPRODIC, en la obra denominada: "Sistema de riego por aspersión San Bartolomé – Potrero C-3", la cual fue una contribución de la ONG Luxemburguesa Eng Breck Mat Latainamerika y de ex alumnos de la FAZ, concluida en setiembre de 2006. La disponibilidad hídrica contemplada en el proyecto proviene del riachuelo Conchacalla, el cual abastece los sistemas de riego Chuspiyoc con 30 l/s y Limeña 20 l/s, a fin de cubrir las demandas pecuarias, domésticas y productivas. El estudio concluyo que dicha oferta hídrica resulta suficiente incluso en el mes más crítico de setiembre.

**García (2006)**, en el estudio "Modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas" analizó una red de abastecimiento en periodo simple estático inicialmente se encontró alimentada únicamente por un depósito, con

el que se suministran presiones inferiores al mínimo establecido. Tuvo como objetivo evaluar una estación de bombeo que apoye al depósito en el suministro, de modo que aumenten las presiones en lo puntos de consumo y de obtener un modelo de la red lo más próximo a la realidad en la comunidad de regadío Cartagena - España. La metodología empleada en el trabajo de investigación fue la correlación y se utilizó el software Epanet. Tuvo por conclusión la implementación de un nuevo depósito que dote de agua a los sistemas de la comunidad de regantes de Cartagena – España, además la investigación fue dedicada al cálculo manual de pequeñas redes que pone de manifiesto la dependencia de las herramientas informáticas utilizadas. Sin éstas, la obtención de la solución de grandes redes sería extremadamente laboriosa, incluso inviable, ya que se trabajaría con matrices cuyos rangos, en pequeñas redes
no suelen ser inferiores a 200x200, desaprovechando las ventajas de tener modelada la red.

**Roque (2021)**, desarrollo la investigación sobre la simulación hidráulica de la red de distribución del sistema de riego Santo Domingo, ubicado en el distrito de Huaquirca, provincia de Antabamba, región Apurímac. Tuvo como objetivo diagnosticar el estado actual de la red de distribución y plantear posibles mejoras técnicas para lograr un funcionamiento hidráulico más eficiente. La investigación empleo el software EPANET 2.0 para modelación hidráulica de la red de distribución, se recopilaron datos de campo como: cotas topográficas, longitud, diámetro y tipos de tubería, se realizó la calibración del modelo en función del caudal disponible y las necesidades de riego, se analizó la eficiencia del sistema bajo distintos escenarios de operación. Como resultado se obtuvo que el sistema funcionaba con un caudal máximo de 38.06 l/s, las presiones medidas variaron entre 6.5 mca y 30 mca, dentro del rango aceptable para sistemas por gravedad. Se detectaron puntos críticos donde la presión era excesiva (>40 mca), lo que podría dañar la infraestructura. El rendimiento del sistema alcanzo

un nivel de 87% de eficiencia hidráulica. La recomendación fue instalar válvulas reductoras de presión y rediseñar algunas conexiones para mejorar la eficiencia general del sistema. Este trabajo representa un aporte significativo a la planificación y modernización de sistemas de riego en zonas altoandinas del país.

**Pari (2018)**, desarrollo un estudio en la comunidad Angara Bajo, provincia de Lampa, departamento de Puno, con el objetivo de comparar las presiones de diseño con las presiones reales medidas en campo de la red de distribución del sistema de riego por aspersión. La metodología empleada fue a nivel aplicativo y diseño comparativo utilizando métodos hipotético - deductivo. El análisis se realizó mediante la simulación hidráulica, utilizando un software especializado (WaterCAD). En el nodo 159 se registró la mayor presión en ambos casos, siendo 40.0 mca en la simulación y 39.0 mca. en campo. El análisis estadístico evidencio una diferencia significativa entre ambos conjuntos de datos (valor de p = 0.00), lo que demuestra que, si bien existen similitudes puntuales, las presiones medidas en campo no siempre coinciden con las del diseño hidráulico. El estudio concluyo que el uso de herramientas como WaterCAD proporciona una estimación más precisa y confiable del comportamiento hidráulico de la red. Asimismo, se recomendó validar los diseños con mediciones reales antes de su implementación definitiva.

## 4.2. Bases teóricas

### 4.2.1. Red de distribución de agua

**Trapote (2014)** Indica que es un conjunto de elementos convenientemente interconectados entre si cuya finalidad es conducir el agua desde los puntos de alimentación (depósitos o conducciones generales) hasta los puntos de consumo (edificios, industrias, hidrantes de riego e incendios, etc.), manteniendo las condiciones cuantitativas y cualitativas prefijadas.

Una red de distribución está formada, básicamente, por líneas y nodos. A su vez, una línea está formada por un conjunto de elementos (tuberías, válvulas, bombas, etc.) conectados entre dos de sus puntos y a través de la cual circula un caudal uniforme.

### 4.2.2. Tipologías de trazado de redes de distribución de agua

**Parrales et al., (2018)** expresan que la distribucion de agua a los puntos de consumo se hace mediante redes de tuberías, que pueden tener funciones distintas, aunque su misión sea llevar agua a los usuarios. Se distinguen tres tipos:

1. **Redes ramificadas**

**Parrales et al., (2018)** manifiestan que es cuando el agua se distribuye en un solo sentido partiendo de una tubería principal, que se ramifica en otras tuberías generalmente llamadas secundarias y de estas a la vez se inician nuevas ramificaciones a las que de forma habitual se les llaman terciarias.

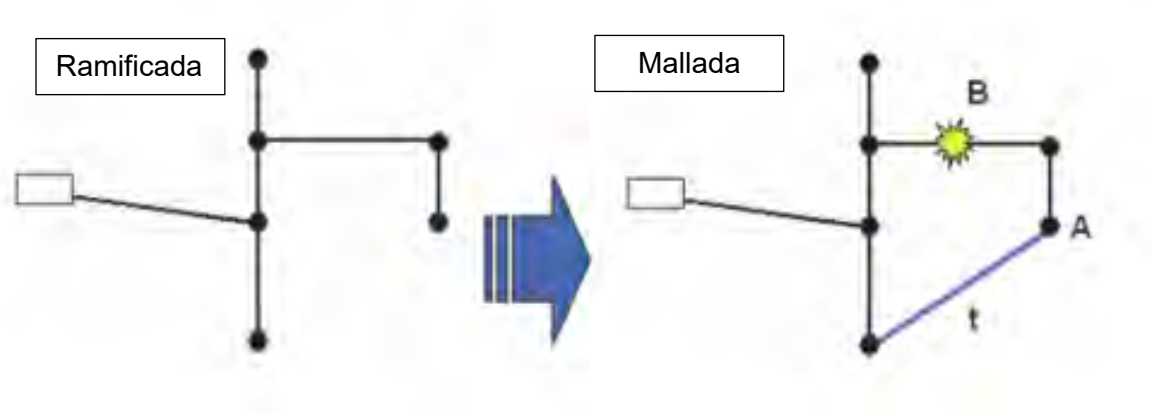
**Trapote (2014)** expresa que estas tienen forma arborescente; sus líneas se subdividen formando ramificaciones. En este tipo de redes el sentido de circulación de los caudales se encuentra perfectamente definido y dos nodos cuales quiera solamente pueden ser conectados mediante un único camino o trayecto.

2. **Redes malladas**

**Parrales et al., (2018)** mencionan que en este caso la distribución se efectua en mallas cerradas, de forma que un punto de consumo puede recibir agua de ramales,

donde en ocaciones, la circulacion no es en el mismo sentido, sino que por equilibrio de presiones el agua acude al punto de consumo desde puntos que disponen de una presion mas elevada. Por otro lado **(Arnalich, 2021)** argumenta que**,** “aunque son mas fiables y salubres, son mas caras”.

**Figura 1.** Trazado de red ramificada y mallada




**Fuente:** Arnalich (2021)

**Arnalich (2021)** señala que “Al añadir la tuberia “t”, el punto A puede recibir el agua tanto del norte como del sur, por lo que una ruptura en el punto B ya no interrumpe el suministro de agua en A”.

### 3. Redes mixtas

**Parrales et al., (2018)**, declaran que en ocasiones puede ser conveniente combinar los dos sistemas ya descritos, estableciendo una red en malla en el centro de una poblacion y distribuir el agua a los barrios o zonas periféricos o extremos con una red ramificada.

### 4.2.3. Elementos de una red de distribución de agua

**Rossman (2000/2017)** afirma que los elementos de una red de distribución de agua se representan principalmente por nudos también llamados nodos, y por líneas. Asimismo, menciona que “las líneas representan tuberías, bombas o válvulas de control y los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demanda (Nudos de caudal), y también depósitos”.

#### 4.2.3.1. Nudos

**Rossman (2000/2017)** explica que los nudos de caudal son los puntos de la red donde confluyen las tuberías o bien sus extremos, y a través de ellos el agua entra o sale de la misma (también pueden ser sólo puntos de paso). Los datos básicos imputados a los nudos son:

- La cota respecto a un nivel de referencia (usualmente el nivel del mar)
- La demanda de agua

Los nodos de caudal pueden también, presentar una demanda variable en el tiempo, tener asignados distintos tipos de demanda, tener asociado un emisor o hidrante, cuyo caudal de salida depende de la presión y presentar una demanda negativa, indicando que el caudal entra a la red a través del nudo.

#### 4.2.3.2. Embalses (captación)

**Rossman (2000/2017)** lo define como nodos que representan una fuente externa de alimentación, de capacidad ilimitada, o bien un sumidero de caudal. Se utilizan para modelar elementos como lagos, captaciones desde riachuelos, acuíferos subterráneos, o también puntos de entrada a otros subsistemas.

#### 4.2.3.3. Tuberías

**Rossman (2000/2017)** expresa que las tuberías son líneas que transportan el agua de un nudo a otro, asumiendo que las tuberías están completamente llenas en todo momento, y por consiguiente que el flujo es a presión. La dirección del flujo es siempre del nudo de mayor altura piezométrica (suma de la cota más la presión, o bien energía interna por unidad de peso) al de menor altura piezométrica.

Los principales parámetros de una tubería son:

- Los nodos inicial y final
- El diámetro
- La longitud

- El coeficiente de rugosidad.
- Su estado abierto o cerrado.

**Tabla 1.** Características físico - mecánicas de tubos NTP-ISO 1452

| Diámetro Comercial. (pulgadas) | Diámetro Nominal Ext. D1 (mm.) | Clase 5 | | Clase 7.5 | | Clase 10 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Diámetro Interior. (mm.) | Espesor (mm.) | Diámetro Interior. (mm.) | Espesor (mm.) | Diámetro Interior. (mm.) | Espesor (mm.) |
| 2 | 63 | 59.80 | 1.60 | 58.40 | 2.30 | 57.00 | 3.00 |
| 2 ½ | 75 | 71.20 | 1.90 | 69.40 | 2.80 | 67.80 | 3.60 |
| 3 | 90 | 85.60 | 2.20 | 83.40 | 3.30 | 81.40 | 4.30 |
| 4 | 110 | 104.60 | 2.70 | 102.00 | 4.00 | 99.40 | 5.30 |
| 5 ½ | 140 | 133.00 | 3.50 | 129.80 | 5.10 | 126.60 | 6.70 |
| 6 | 160 | 152.00 | 4.00 | 148.40 | 5.80 | 144.60 | 7.70 |
| 8 | 200 | 190.20 | 4.90 | 185.40 | 7.30 | 180.80 | 9.60 |
| 10 | 250 | 237.60 | 6.20 | 231.80 | 9.10 | 226.20 | 11.90 |

**Nota.** La **NTP-ISO 1452-2: 2011** establece la clasificación de los tubos en clases según la presión nominal de trabajo. Para un mismo diámetro nominal, las clases superiores presentan un mayor espesor de pared y un menor diámetro interior.

#### 4.2.3.4. Tank (reservorio)

**Rossman (2000/2017)** menciona que es un elemento especial en los modelos hidráulicos, caracterizado por un comportamiento de volumen finito y un nivel de agua variable. Puede adoptar diversas geometrías y se define mediante consignas de elevaciones mínimas, iniciales y máximas.

La estructura del reservorio llamados también tanques o depósitos actúan como nudos en la red de distribución con cierta capacidad de almacenamiento, en los cuales el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo durante la simulación.

#### 4.2.3.5. Válvulas

**Rossman (2000/2017)** la define como líneas que limitan la presión o el caudal en un punto determinado de la red. Los datos principales de una válvula son:

- los nodos aguas arriba y aguas abajo
- el diámetro
- la consigna

- su estado (forzado o no)

Los resultados asociados con una válvula son básicamente el caudal de paso y la pérdida de carga.

Los tipos de válvulas son:

1. **Válvulas reductoras de presión (PRV)**

**Uralista (2003)** describe que estas válvulas reducen la presión aguas arriba a una presión prefijada menor aguas abajo, independientemente de los cambios de presión y/o caudal que se produzcan aguas arriba.

Aplicaciones Principales: distribución de agua en sistemas de largas líneas de distribución para crear un balance de las presiones. Ideal para acueductos, ciudades con gran diferencia de alturas, edificios.

2. **Válvulas sostenedoras de presión (PSV)**

**Uralista (2003)** define que este tipo de válvulas mantiene una presión determinada aguas arriba independientemente de los cambios de presión o caudal aguas abajo. Intercalada en el sistema se utiliza como sostenedora de presión, y puesta en derivación, se utiliza como válvula de seguridad o alivio.

3. **Válvulas limitadoras de caudal (FCV)**

**Rossman (2000/2017)** define que las válvulas limitadoras de caudal limitan el caudal de paso a través de la válvula a un valor prefijado. El programa emite un mensaje de advertencia si no puede conseguirse dicho caudal, a no ser que hubiera un aporte de energía (esto es, si el caudal a válvula abierta fuera inferior al de consigna).

### 4.2.4. Ecuaciones de comportamiento de masa y energía de las redes

#### 4.2.4.1. Ecuación de continuidad

**García (2006)** establece que la ecuación de continuidad en nudos se enuncia de la siguiente manera: “la suma algebraica de los caudales másicos que confluyen en el nudo debe ser 0”.

$$\sum_{j=1}^{nt_i} Q_{ij} = C_i \quad (1)$$

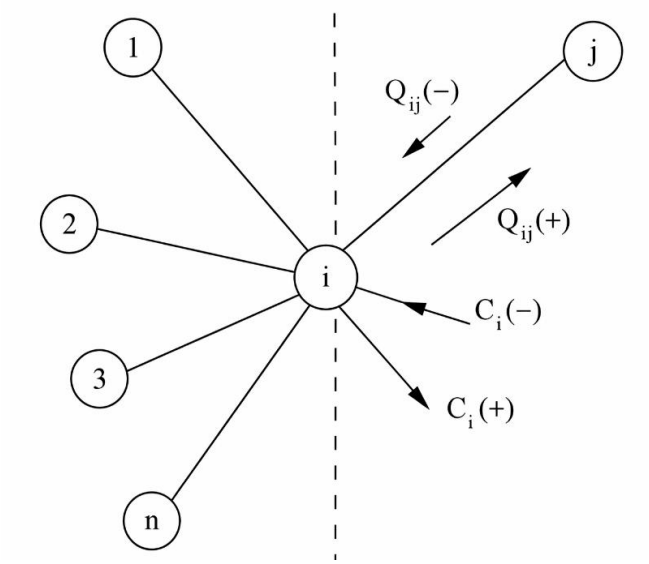
Donde:

$\boldsymbol{Q_{ij}}$: caudal que circula en la línea que une el nudo i al j.

$\boldsymbol{nt_i}$: número total de líneas que convergen en el nudo i.

$\boldsymbol{C_i}$: caudal de alimentación o consumo en el nudo i.

**Figura 2.** Ecuación de continuidad en un nudo




**Nota: García (2006)** representa el balance de los caudales en el nodo "i", conectado a los nodos 1, 2, 3..., n, mientras que el signo positivo o negativo indica la salida o entrada del caudal, respectivamente.

**Vásquez et al., (2017)** define al caudal como la cantidad de agua que pasa por un lugar o punto determinado ya sea de un canal, acequia, rio, etc. y en un cierto tiempo determinado. Es decir, corresponde a un volumen de agua por unidad de tiempo. La unidad básica del caudal en el sistema internacional esta expresado como "metro cubico por segundo" ($m^3/s$).

El caudal puede ser medido por diferentes métodos:

1. Método del flotador.
2. Método volumétrico.
3. Estructuras de medición de agua.
4. Método de correntómetro

5. Método de limnímetro o carga piezométrica.

Para un flujo de agua que circula por secciones de diferentes diámetros, la ecuación se expresa como:

$$A_1 * v_1 = A_2 * v_2 \quad (2)$$

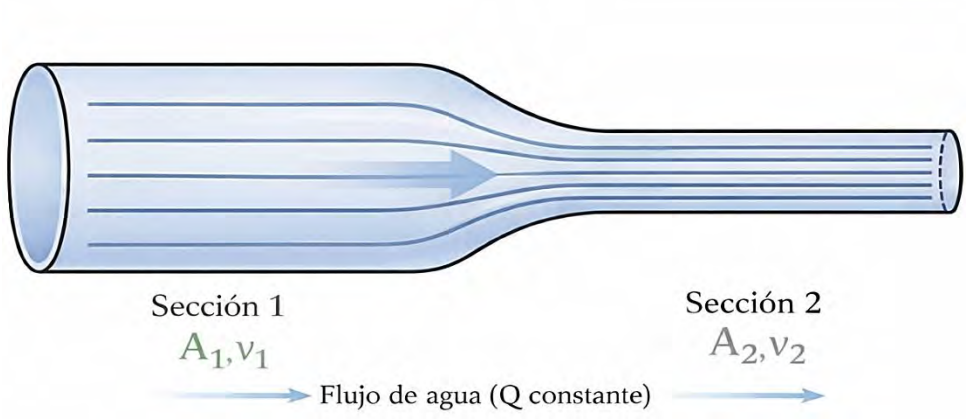
Donde:

$A_1 A_2$: Área de la sección transversal (m²)

$v_1 v_2$: Velocidad de fluido (m/s)

**Monge (2018)** describe que la velocidad de circulación de agua es aconsejable que sea como máximo de 2.5 m/s en tuberías principales y secundarias. En tuberías laterales o ramales de riego conviene limitar la máxima velocidad a 1.5 – 2.0 m/s debido a las elevadas pérdidas de carga por rozamiento que se producen en los tubos de menor diámetro. La mínima velocidad de circulación del agua conviene que sea igual o superior a 0.5 m/s para evitar sedimentaciones en el interior de las conducciones.

**Figura 3**. Ecuación de continuidad en tubería con variación de sección




**Fuente:** Mott (2006)

**Mott (2006)** describe que para un flujo estacionario, la masa que entra a un sistema es igual a la masa que sale; por lo tanto, en un fluido incomprensible, el producto del área de la sección transversal y la velocidad permanece constante.

En lo que respecta a la conservación de energía, se aplica la ecuación de Bernoulli.

#### 4.2.4.2. Ecuación de Bernoulli:

**García (2006)** define como “la energía por unidad de peso del fluido en la sección aguas arriba (E1), más la energía por unidad de peso cedida al mismo a través de elementos activos, en el trayecto de 1 a 2 es igual a la energía por unidad de peso en la sección aguas abajo (E2) más las pérdidas de energía por unidad de peso entre las secciones 1 y 2 (*h1-2*)”.

$$E_1 + h_1 = E_2 + h_{1-2} \quad (3)$$

La energía por unidad de peso en una determinada sección consta de tres componentes:

$$E = \frac{p}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

donde:

$\frac{p}{\gamma}$: altura de presión.

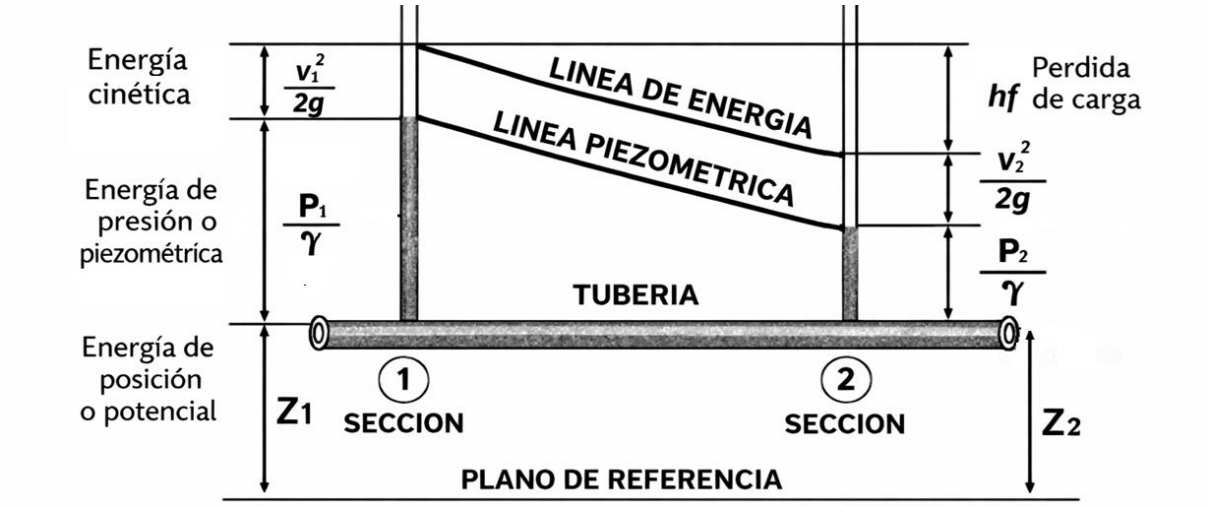
$Z$: cota geométrica.

$\frac{v^2}{2g}$: altura cinética.

La altura de presión es la ejercida de manera uniforme y continua en todo el confinamiento de un fluido (líquido o gas) en reposo, independientemente del movimiento o la velocidad, y por tanto no produce pérdida de energía. Sin embargo, la altura cinética está asociada al movimiento del fluido (liquido o gas), tienden a variar por existencia de rozamientos producidos por el movimiento del fluido en el interior de la tubería dando lugar a una pérdida de energía o de presión.

**Monge (2018)** describe las siguientes equivalencias de las unidades de presión: 1 atmosfera (atm) = 1 bar = 1 kg/cm$^2$ = 10 metros columna de agua (mca) = 100 kilopascales (kPa) = 0.1 megapascales (MPa).

**Figura 4.** Diagrama de la ecuación de Bernoulli




**Fuente.** Monge (2018)

### 4.2.5. Pérdidas de energía

#### 4.2.5.1. Pérdidas primarias de energía

Las pérdidas primarias de energía también consideradas perdidas de carga cuando un fluido (liquido o gaseoso) circula a través de una tubería.

**Sandoval (2018)** afirma que “a medida que aumentan la viscosidad, la velocidad y la rugosidad de las superficies en contacto, hay mayor resistencia al flujo y parte de la energía del movimiento se pierde en forma de calor”.

La pérdida de energía en las tuberías generales de distribución hacia parcelas es indispensable que sea inferior al 5%, es decir por 100 metros tubería se deberá perder un máximo de 5 metros de columna de agua como norma general.

Las pérdidas de energía en una tubería pueden calcularse utilizando las siguientes formulas:

1. **Darcy-Weisbach** (para todo tipo de líquidos y regímenes)
2. **Hazen-Williams** (sólo para agua)
3. **Chezy-Manning** (para canales y tuberías de gran diámetro)

Siendo la ecuación básica de estas tres fórmulas lo siguiente:

$$h_L = AQ^B \quad (5)$$

donde:

$\boldsymbol{h_L}$: pérdida de carga

$\boldsymbol{Q}$: caudal

$\boldsymbol{A}$: coeficiente de resistencia

$\boldsymbol{B}$: exponente de caudal

**Tabla 2**. Cálculo de pérdida de carga en tuberías

| Formula | Coeficiente de Resistencia (A) | Exponente de Caudal (B) |
|---|---|---|
| Hazen-Williams | $10.674\ C^{-1.852} d^{-4.871} L$ | 1.852 |
| Darcy-Weisbach | $0.0827\ f(\varepsilon, \mathrm{d}, \mathrm{Q})\ d^{-5} L$ | 2 |
| Chezy-Manning | $10.294\ n^2 d^{-5.33} L$ | 2 |

**Fuente.** Epanet 2. User Guide (2000)

donde:

$\boldsymbol{C}$: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams

$\boldsymbol{\varepsilon}$: coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)

$\boldsymbol{f}$: factor de fricción (depende de ε, d y Q)

$\boldsymbol{n}$: coeficiente de rugosidad de Manning

$\boldsymbol{d}$**:** diámetro de la tubería (m)

$\boldsymbol{L}$: longitud de la tubería (m)

$\boldsymbol{Q}$: caudal (m3 /seg)

**Tabla 3.** Coeficiente de rugosidad para tubería

| Material | C Hazen-Williams (universal) | $\varepsilon$ Darcy-Weisbach (mm) | n Manning (universal) |
|---|---|---|---|
| Fundición | 130 -140 | 0,26 | 0,012 - 0,015 |
| Hormigón | 120 -140 | 0,3-0,3 | 0,012 - 0,017 |
| Galvanizado | 120 | 0,15 | 0,015 - 0,017 |
| Plástico | 140 -150 | 0,0015 | 0,011- 0,015 |
| Acero | 140 -150 | 0,045 | 0,015 - 0,017 |
| Cerámica | 110 | 0,3 | 0,013 - 0,015 |

**Fuente.** Epanet 2. User Guide (2000)

**Sandoval (2018)** define que la magnitud de las perdidas en una tubería dada es bastante diferente si el régimen del flujo es laminar o es turbulento.

El factor de fricción de la fórmula de Darcy-Weisbach se calcula, de acuerdo al Reynolds (Re) que determina el régimen del flujo, utilizando uno de los siguientes métodos:

- factor de fricción para flujo laminar (Re < 2.000), se emplea la fórmula de Hagen-Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re} \tag{6}$$

- factor de fricción para flujo turbulento (Re > 4.000), se emplea la aproximación explícita de “Swamee y Jain”

$$f = \frac{0.25}{[\log_{10}\left(\frac{\mathrm{k}}{3.7}+\frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)]2} \tag{7}$$

donde:

$$k = \frac{\text{rugosidad de la tubería nueva}}{\text{diametro interno de la tubería}}$$

Siendo “k” el factor de rugosidad relativa (un tubo nuevo no siempre puede encontrarse liso, ya que presenta las rugosidades propias del material).

#### 4.2.5.2. Pérdidas secundarias de energía

**Sandoval (2018)** señala que los accesorios utilizados en las instalaciones de las tuberías (válvulas, codos, entre otros), también son llamadas perdidas menores.

**Rossman (2000/2017)** menciona que las válvulas abiertas se consideran como tuberías lisas (con factor de fricción igual a 0.02) de longitud igual a dos veces su diámetro. En el caso de válvulas cerradas se aplica la siguiente formulación lineal:

$$h = 10^8 Q \tag{8}$$

Las pérdidas localizadas en válvulas activas y accesorios se evalúan como el producto de la altura cinética multiplicada por un coeficiente de pérdidas K, en la forma:

$$h = (\frac{8K}{\pi^2 g D^4})Q^2 \tag{9}$$

donde:

$\boldsymbol{K}$: coeficiente de pérdidas menores

$\boldsymbol{\pi}$: pi, 3.1416

$\boldsymbol{g}$: aceleración de la gravedad

$\boldsymbol{D}$: diámetro del elemento

$\boldsymbol{Q}$: caudal circulante

Se calcula las pérdidas con la expresión en función del caudal, de la siguiente manera:

$$h = \frac{0.02517}{D^4} Q^2 \quad (10)$$

En el SI de unidades, el coeficiente numérico 0.02517 se transforma en 0.08262.

**Tabla 4.** Coeficientes de perdidas localizadas

| Accesorio | K (adimensional) |
|---|---|
| Válvula de globo, abierta totalmente | 10 |
| Válvula de ángulo, abierta totalmente | 5 |
| Válvula de compuerta, abierta totalmente | 0,2 |
| Codo de 90° | 0,9 |
| Codo de radio mediano | 0,8 |
| Codo de radio grande | 0,6 |
| Codo de 45° | 0,4 |
| Te Estándar-flujo recto | 0,6 |
| Te Estándar-flujo desviado | 1,8 |

**Fuente.** Epanet 2. User Guide

### 4.2.6. Tipos de riego

#### 4.2.6.1. Riego por aspersión

**Tarjuelo (2005)** define el riego por aspersión como una técnica de distribución hídrica presurizada que emula la precipitación natural sobre el terreno. Este proceso se fundamenta en una infraestructura de conductos cerrados que transportan el caudal con la energía necesaria hasta los dispositivos emisores, los cuales se encargan de fragmentar el flujo de agua en gotas para lograr una aplicación homogénea sobre el cultivo.

#### 4.2.6.2. Riego por gravedad

**Tarjuelo (2005)** conceptualiza el riego por gravedad como un sistema convencional de abastecimiento en el cual el flujo hídrico se desplaza por la parcela impulsado únicamente por el efecto gravitatorio. Bajo esta modalidad, el perfil edáfico asume una triple función técnica al operar al mismo tiempo como medio de conducción superficial, espacio de retención hídrica y de distribución a través de surcos, melgas o canales.

### 4.2.7. Distribución del riego

**Vega (2002)** la define como la distribución de agua en un sistema de riego que se enfoca a establecer un cierto equilibrio entre las demandas y la disponibilidad de agua, establecido en un marco de aceptación por parte de los usuarios del agua.

#### 4.2.7.1. Riego a turno

El riego a turno debe ser analizado de acuerdo a alternativas de reparto de agua, que deben responder al tiempo de duración e intervalos en días respondiendo a las necesidades hídricas del cultivo. La distribución de agua es diseñada comenzando por atender demandas de organización de riego a turnos, como redes de riego independientes del sistema en general, tomando en cuenta el caudal de diseño para el dimensionamiento a turnos. Garantizando el suministro dentro del turno asignado. Con el proceso del dimensionado tiende a optimizarse los diámetros de la red.

#### 4.2.7.2. Riego a la demanda

El riego a la demanda es diseñado para responder a una red de distribución de agua de demanda variable que satisfaga las necesidades del regante sin restricción en el horario de operación, es decir se puede regar a cualquier hora del día teniendo una garantía de suministro las 24 horas del día. Lo que significa la comodidad al momento de la operación. Tal como ocurre con las redes de distribución de agua potable. Sin embargo, cuanto mayor es el área a cubrir por el regante, mayores son los costos de la red debido a la exigencia de un mayor dimensionamiento.

### 4.2.8. Demanda hídrica

#### 4.2.8.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia

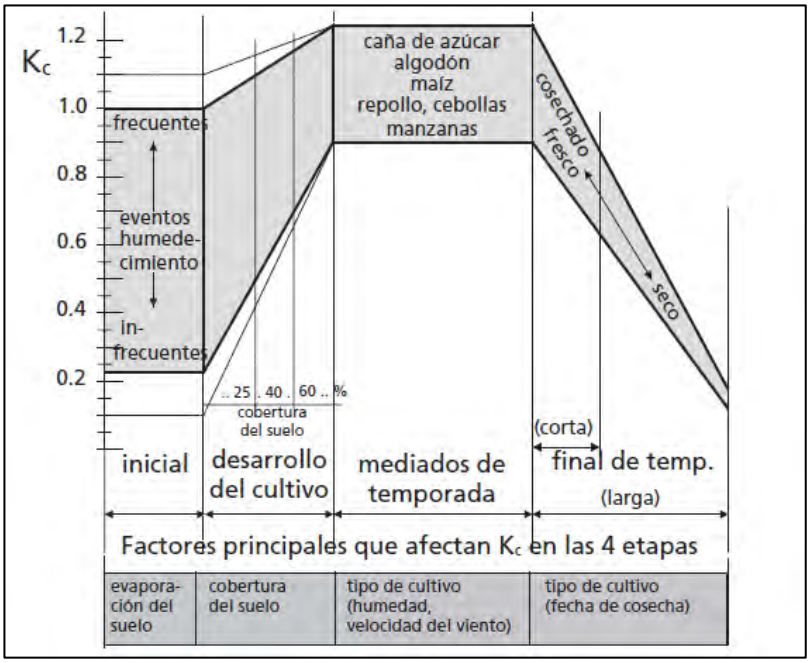
La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura **(FAO, 2006)** menciona que la evapotranspiración de referencia (ETo) equivale a lo que se produce en una superficie hipotética de pasto verde bien regado, de una altura uniforme de 0.12 m, en buen estado sanitario, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo.

El cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo, mm/día) se efectúa en base a los datos meteorológicos recogidos desde las estaciones por el método de FAO Penman-Monteith que se recomienda como el método más eficaz para determinar la evapotranspiración y requiere datos de radiación, temperaturas del aire (Max y Min), humedad atmosférica y velocidad del viento en km/día.

#### 4.2.8.2. Coeficiente del cultivo (Kc)

**FAO (2006)** describe que el Kc es el efecto combinado de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo durante la duración de las etapas de crecimiento.

**Figura 5** Rangos de Kc para cuatro etapas de crecimiento




**Fuente.** FAO (2006)

Las etapas de crecimiento son consideradas cuatro; Inicial (I), desarrollo (II), medio (III) y final (IV), para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua.

El “Kc” presenta valores pequeños al inicio del crecimiento del cultivo y aumenta a medida que se incrementa el desarrollo. El valor máximo se alcanza durante la floración, se mantiene durante la fase media y finalmente decrece durante la maduración.

#### 4.2.8.3. Evapotranspiración del cultivo

**Monge (2018)** menciona que la evapotranspiración del cultivo (ETc) se calcula bajo condiciones estándar. Estas condiciones se refieren a la evapotranspiración de un cultivo que se desarrolla libre de enfermedades, con buena fertilización y que crece en un campo extenso bajo condiciones óptimas de humedad en el suelo. Los efectos de las características que distinguen la superficie cultivada de la superficie de referencia se integran en el coeficiente del cultivo (Kc). Una vez obtenida ETo (mm/día) se multiplica por el coeficiente del cultivo y tendremos la evapotranspiración de cultivo buscada.

$$ETc = ETo * Kc \quad (11)$$

#### 4.2.8.4. Precipitación efectiva

**Vásquez et al., (2017)** señalan que la precipitación pluvial constituye un alto porcentaje (en algunos casos el total del contenido de agua en el suelo); pero parte de la lluvia de la que dispone la planta para su desarrollo es únicamente una fracción de esta; la otra parte se pierde por escorrentía, percolación profunda o evaporación.

Es en ese sentido que al volumen de agua de lluvia utilizado parcialmente por los cultivos para compensar sus necesidades hídricas para su normal desarrollo se la ha definido como la precipitación efectiva denotado con la abreviatura (Pe). Para su estimación son utilizados métodos empíricos. Donde la **FAO (1992)**, indica que la

precipitación efectiva puede ser calculada de acuerdo al método del USDA haciendo que cumplan la siguiente expresión:

- Pe= Pto (125 – 0.2Pto/125) para Pto < 250 mm
- Pe= Pto (125 + 0.1Pto/125) para Pto > 250 mm

donde:

*Pto*: *Precipitación Total, en mm*
*Pe*: *Precipitación efectiva, en mm*

#### 4.2.8.5. Necesidades de riego

**A. Necesidades riego netas**

**García y Moreno (2024)** consideran que la determinación de las necesidades netas de agua en sistemas de riego es un aspecto clave debido a que el suelo juega un papel limitado como reserva hídrica. Cuando el riego cubre toda la superficie, las necesidades netas de agua se determinan utilizando la ecuación:

$$N_n = ETc - P_e - G_w - \Delta w \quad (12)$$

donde:

$N_n$: *Necesidades netas de agua, en mm*
$ETc$: *Evapotranspiración del cultivo, en mm/día*
$P_e$ = *Precipitación efectiva al 75%, en mm*
$G_w$ = *Aporte de agua por capilaridad.*
$\Delta w$ = *Variación en el almacenamiento de agua en el suelo.*

Pero, el agua proveniente de la capa freática rara vez se encuentra cerca de las raíces, así que no es un aporte significativo y se omite el cálculo de ($G_w$). Para la variación en el almacenamiento hídrico del suelo ($\Delta w$) no suele incluirse, ya que los sistemas de riego localizado buscan mantener el potencial hídrico del suelo cercano a cero, reponiendo continuamente el agua utilizada.

Así que la ecuación se reduce a:

$$Nn = ETc - Pe \quad (13)$$

### B. Necesidades de riego brutas

**Monge (2018)** indica que la dosis bruta cuantifica el agua que se debe aplicar en el riego ya que considera las perdidas. Por tanto, la dosis bruta siempre será mayor que la neta, para el cálculo utilizaremos la siguiente expresión:

$$Nrb = Nn/Ea \quad (14)$$

donde:

*Nrb*: *Necesidad de riego bruta, en mm*
*Nn*: *Necesidades netas, en mm*
*Ea*: *Eficiencia de aplicación, en %*

**La eficiencia de aplicación (Ea),** está relacionada con el porcentaje del agua que se pierde cuando se riega. Está perdida es referido al agua que se evapora y de la que se pierde en profundidad. Al tratarse de una estimación, la Ea dependerá sobre todo del tipo de riego y de la climatología de la zona y tomará valores comprendidos entre 65% a 85% para riegos por aspersión y entre 35% y 45% para riego por gravedad.

**Tabla 5.** Valores de eficiencia de aplicación en riego por aspersión

| Tipo de clima | Ea (%) |
|---|---|
| Riego por aspersión en zonas donde ETo ≥ 6.5 | 0.60 - 0.70 |
| Riego por aspersión en zonas donde ETo entre 4.6 y 6.4 | 0.71 - 0.80 |
| Riego por aspersión en zonas donde ETo ≤ 4.5 | 0.81 - 0.85 |

**Fuente.** Monge (2018)

### 4.2.9. Parámetros de riego

#### 4.2.9.1. Intervalo entre riegos

**Monge (2018)** menciona que es el máximo intervalo entre riegos (en días), se obtiene tras dividir la necesidad neta entre la evapotranspiración del cultivo:

$$Ir = \frac{Nn}{ETc} \quad (15)$$

Se considera la necesidad neta en la formula ya que este es el agua que podrá ser finalmente aprovechada por el cultivo.

Sin embargo, para el cálculo de los diseños hidráulicos se utiliza la dosis de riego bruta por considerarse las pérdidas de agua.

#### 4.2.9.2. Caudal ficticio continuo (qfc)

Referido al volumen de agua a derivar de forma continua y permanente para satisfacer las necesidades brutas de los cultivos (ya sean máximas o con un cierto déficit hídrico justificado económicamente) durante el periodo punta. (Instituto de desarrollo regional universidad de Castilla-La Mancha, 1999). Determinado por la siguiente expresión:

$$q = Nrb * \frac{1000}{24*3600} \quad (16)$$

donde:

*q*: *Caudal ficticio continuo (l x s1 x ha-1).*

*Nrb*: *Necesidades brutas de riego de la alternativa de cultivo en periodo punta (L x m-2 x día-1); 1000(h/día) y 3600(s/h).*

#### 4.2.9.3. Caudal necesario

Se expresa en ($m^3$/h), que viene determinado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{S * Db}{JER * Ir} * 10 \quad (17)$$

donde:

*Db*: *Dosis bruta, en mm*

*JER*: *Jornada efectiva de riego, en horas*

*Ir*: *Intervalo entre riegos, en días*

*S*: *Superficie a regar, en ha*

#### 4.2.9.4. Tiempo de riego

Este valor en horas se calcula como sigue:

$$Tr = \frac{Dba}{Pms} \quad (18)$$

donde:

$Db_a$: *Dosis bruta de riego ajustada, en mm*

*Pms*: *Precipitación media del sistema, en mm/h*

El tiempo de riego vendrá determinado, según la expresión vista, por la dosis aplicada y por la velocidad con la que el agua penetre en el suelo. A mayor velocidad de infiltración menor será el tiempo de riego y viceversa.

#### 4.2.9.5. Jornada efectiva de riego

En la realidad, las instalaciones de riego colectivo sólo funcionan un cierto número de horas al día (normalmente de 8h a 18h), que es lo que se denomina jornada efectiva de riego (JER).

#### 4.2.9.6. Rendimiento de la red

El rendimiento de la red es un parámetro adimensional del cual resulta de las jornadas efectivas de riego divididas entre las horas de duración de forma diaria.

determinado por la siguiente expresión:

$$r = \frac{JER}{24} \tag{19}$$

#### 4.2.9.7. Sub unidad de riego o bloques de riego

**Monge (2018)** menciona que designan una superficie regada en la que los aspersores funcionan todos a la vez durante la operación del riego. En el caso del bloque de riego se hace referencia a la dependencia de una válvula de accionamiento manual o accionamiento eléctrico para controlar la operación de riego.

El número de posturas o bloques que se regaran por día será un numero entero redondeando siempre a la baja y se obtiene como:

$$NBd = \frac{JER}{Tr} \tag{20}$$

donde:

*NBd*: *Número de bloques por día*

*JER*: *Jornada efectiva de riego, en horas*

*Tr*: *Tiempo de riego de cada bloque*

para determinar la cantidad de bloques en los que se dividirá la parcela se utiliza la siguiente expresión:

$$NTB = NBd * Ir \quad (21)$$

#### 4.2.9.8. Aspersores

**Baca et al., (2011)** mencionan que son dispositivos metálicos o también plásticos, que se encargan de asperjar el agua al terreno, los aspersores distribuyen el agua sobre la superficie en forma de gotas de lluvia a través de las boquillas, por efecto de la presión del agua, con un grado de uniformidad y una precipitación adecuada.

El área aplicada depende del caudal y la carga de agua que genera las diferencias de cotas desde la captación hasta la zona de riego.

En cuanto a los tipos de aspersores se tiene de giro completo 360º alrededor de su eje donde esta operando, y los aspersores sectoriales en estos aspersores se pueden regular el angulo de riego. Mayormente estos aspersores son utilizados en laderas con pendientes fuertes para evitar la erosión del suelo que se ubica en la parte inferior del terreno, al igual que se utilizan en los linderos de las parcelas.

**Monge (2018)** menciona que en cuanto a la presión de funcionamiento tendremos los siguientes tipos:

**A. Aspersores de baja presión**

Presión de trabajo inferior a 2.5 kg/cm$^2$ (250 kpa)

Boquillas de diámetro menor de 4 mm

Caudales no mayores de 1.000 l/h

Adecuados para marcos de riego cuadrado o rectangulares con distancias entre aspersores iguales o inferiores a 12 metros.

**B. Aspersores de media presión**

Presión de trabajo de 2.5 kg/cm$^2$ (250 a 400 kpa)

Boquillas de diámetro comprendido entre 4 y 7 mm

Caudales entre 1,000 y 6,000 l/h

Se utilizan en espaciamiento desde 12 x 12 a 24 x 24 metros.

### C. Aspersores de alta presión

Presión de trabajo superior a 4.5 kg/cm$^2$ (450 kpa)

Son aspersores de gran tamaño denominados cañones

**Precipitación media del sistema en (mm/h),** esta no debe de superar la capacidad de infiltración de agua en el suelo para que no se produzca encharcamiento ni escorrentía. Viene dada por la siguiente expresión:

$$Pms = \frac{qa}{Ar} \quad (22)$$

donde:

$q_a$: *Caudal del aspersor seleccionado, en l/h*

*Ar*: *Marco de riego, en m$^2$*

Los aspersores se dispondrán en una parcela a una distancia que se llama **Marco de riego** representada por dos cifras, la primera indica la distancia entre aspersores dentro de la línea (L) y la segunda la distancia entre laterales de aspersores (L'), ambas en metros. La superficie regada por marcos de riego cuadrado y rectángulo seria la S= L* L'.

**El solape** normalmente se calcula según la velocidad media del viento, pues es el factor que más incide en la uniformidad del riego por aspersión.

Se recomienda separaciones entre aspersores de un 60 o 65% del diámetro efectivo para marcos en cuadrado o en triangulo y cuando las velocidades medias del viento sean inferiores a 3 m/s.

Para marcos rectangulares el espaciamiento será de 50 o 55% entre aspersores y de 70 o 75% entre ramales cuando las velocidades de viento sean inferiores a 3 m/s.

Se entiende por diámetro efectivo el 95% del diámetro regado para aspersores con 2 boquillas, y el 90% para aspersores con una boquilla.

### 4.2.10. Modelación matemática de redes de distribución de agua

**Beltrán y Abril (2014)** definen un modelo hidráulico como una representación matemática de un sistema real de distribución ilustrada mediante una interface gráfica que simula o imita el comportamiento del sistema real replicando las condiciones dinámicas de su operación.

La utilización de un modelo de simulación hidráulica es de gran ayuda en la gestión de la red en los siguientes procesos:

- Evaluación de la capacidad instalada de la red actual
- Definición de la red matriz
- Formulación de la sectorización.

#### 4.2.10.1. Tipos de modelos.

De acuerdo con su aplicación, los modelos se clasifican en:

**1.** Modelos de planificación:

Estos modelos se utilizan para evaluar el rendimiento, los impactos económicos o cuantitativos de sistemas propuestos de tuberías, cambios en procedimientos operativos, comportamiento de distintos elementos, como válvulas de control, tanques, etc.

**2.** Modelos operacionales o de diseño:

Se emplean para predecir el comportamiento hidráulico de variables, como la presión y los caudales en la red, y los niveles en tanques de regulación.

#### 4.2.10.2. Grado de detalle

1. Modelos estratégicos o arteriales

Estos modelos solo incorporan elementos primordiales, como tuberías primarias y tanques de almacenamiento y regulación. Se emplean como instrumento de planeación y diseño, como en la ampliación de la red de distribución.

2. Modelos detallados

**Guerrero (2002)** argumenta que generalmente para satisfacer las necesidades de regulación y control en los sistemas de distribución, es necesario contar con un modelo estratégico.

En ciertos casos, incluso se requiere un nivel de detalle más elevado, que abarque tanto las tuberías secundarias como las tomas terciarias.

#### 4.2.10.3. Variación en el tiempo

El tiempo es una variable fundamental en la simulación de redes de agua. Existen dos tipos:

1. Estáticos o de flujo permanente

**Arnalich (2007)** menciona que el análisis estático se evalúa en un solo instante en el tiempo, siendo generalmente el más desfavorable para la red. Es decir, es como congelar en el tiempo lo que ocurre en ese instante para ver las velocidades en las tuberías, la presión que tienen los puntos, etc.

2. Dinámicos o de flujo no permanente

Las simulaciones en periodo extendido (EPS) “evalúan una sucesión de instantes generalmente la foto de lo que pasa cada hora del día”

Mientras que (**Sánchez, 2013)**, la define como una serie de simulaciones en estado estático durante un periodo de 24, 48, 72, 96 horas, etcétera.

Llamados también cuasi estáticos por realizarse las simulaciones longitudinalmente a lo largo del tiempo y observarse el comportamiento de los parámetros hidráulicos como presión, velocidad y caudal, de acuerdo al patrón de demanda asignado y las condiciones operativas.

### 4.2.11. Etapas en la elaboración de un modelo hidráulico

**Beltrán y Abril (2014)** manifiestan que un proceso de modelación hidráulica tiene etapas que se resumen en la introducción de parámetros de entrada, escenarios, información de infraestructura, cálculo hidráulico y obtención de resultados.

#### 4.2.11.1. Construcción del modelo

Para la construccion se debe de seguir las siguientes fases:

1. Determinar el tipo de temas que el modelo ayudará a resolver o responder.
2. Recopilar la información necesaria para caracterizar los componentes incluidos en el modelo (Información de Infraestructura).
3. Representar los componentes de la red real de distribución, en términos adecuados para ser usados por el modelo implementado (Construcción topológica de la red).
4. Esqueletizar la red, esto es, simplificar la red de tuberías según el uso y la información disponible.
5. Asignación de demandas en los puntos de consumo para cada periodo de tiempo analizado.
6. Asignación de elevaciones a partir de modelos digitales de elevación, para convertir gradientes a presiones.
7. Calibración.
8. Configuración de escenarios y alternativas.
9. Simulaciones operacionales.

Tras cumplir con las fases anteriores, se cuenta con un modelo hidráulico sin validar, de la red de distribución de agua para riego.

#### 4.2.11.2. Esqueletización de la red

**García et al., (2002)** manifiestan que las reglas de esqueletización consideradas son las siguientes:

1. La red de distribución se simplifica eliminando los elementos más pequeños y sustituyendo las ramificaciones de la red por nodos de consumo.
2. El diámetro de la tubería que se considerará depende del grado de esqueletización que se maneje

3. Dentro de una red puede haber zonas de consumo en las que las tuberías de pequeño diámetro tengan una capacidad de transporte importante. Éstas no siempre se deben eliminar.
4. Hay casos en los que, para mantener la conectividad de algunas tuberías de mayor diámetro, es preciso incluir una tubería más pequeña. Hay que tener en cuenta que una tubería, que en condiciones normales de operación de red no tiene capacidad importante de transporte, puede llegar a tenerla si, por rotura o fallo, fuera necesario cerrar alguna tubería importante. Es importante incluir este tipo de tuberías ya que, en muchos casos, el modelo se utiliza para observar el comportamiento de la red en estas situaciones.
5. En cualquier caso, siempre es mejor añadir una tubería de más, y no eliminar una que más adelante puede tener importancia en el modelo.
6. Eliminación de ramificaciones y acometidas. Se acumula la demanda conocida que se satisface desde la ramificación, en un nodo de consumo que sustituye al que serviría de conexión de la ramificación con la red principal.
7. Se unifican los nodos próximos en los que, debido a la corta longitud de las líneas que los unen, se observará un mismo valor de presión.
8. Asociación de tuberías en serie o en paralelo. En este caso se considera una única línea asociada a un conjunto de tuberías.
9. En redes malladas, se considera el punto de equilibrio hidráulico para determinar los puntos de separación de los nodos y de esta, se crean ramificaciones cuya demanda se acumula en un nodo de consumo

#### 4.2.11.3. Estimación de las demandas

En redes de distribución de agua para riego, donde las tomas de consumo tienen un caudalímetro, el consumo puede asignarse directamente. De esta manera si se

representara un hidrante colectivo a cabeceras de parcelas, los consumos de todos los aspersores conectados a este se atribuirán a dicho Hidrante.

#### 4.2.11.4. Calibración del modelo

La calibración de un modelo consiste en ajustar los parámetros para conseguir que los valores simulados igualen a los valores reales observados para unas condiciones conocidas de operación.

El año de instalacion de las tuberias en campo influye en la aparicion de rugosidades internas, siendo uno de los fundamentales parametros ajustables sumado a ello los diametros de las tuberias y los consumos en los nodos cuando estos son desconocidas.

Durante la calibración del modelo hidráulico se deben de realizar ajustes bajo diferentes estados y/o escenarios, con la finalidad de verificar la precisión del modelo y finalmente ser sometido a diferentes gestiones operativas.

Las redes de distribución de agua sufren constantes cambios, y por esta razón el modelo hidráulico calibrado deberá ser actualizado y recalibrado de forma periódica. Siendo una satisfactoria calibración con una desviación máxima de la variable entre un 5% y un 10%.

**Mediciones de parámetros hidráulicos en la red**

Para comparar los resultados del modelo con la realidad, es necesario medir una serie de parámetros que permitan realizar la simulación para cada instante de tiempo. Siendo usualmente mediciones directas las presiones en los nodos o Hidrantes, caudal en una sección de una tubería y niveles en los reservorios ya que estos pueden ser comprobados con los resultados del modelo.

Para las mediciones de presiones se recomienda realizar en al menos 20 % de los nodos de la red o del sector considerado. Debiendo encontrarse un equilibrio entre el número de mediciones a realizar y la precisión exigida.

En caso de las mediciones de caudal resulta más difícil efectuar en redes donde no se cuenten con medidores ultrasónicos, electromagnéticos y volumétricos que implica tener datos de manera más rápida. En cuanto no se tenga de estos dispositivos deberán de realizarse en puntos o nodos de demanda con salida de flujo como son Hidrantes y Válvulas de purga.

#### 4.2.11.5. Pre calibrado del modelo

Cuando las diferencias entre las medidas de las variables y estimaciones del modelo supera al valor prefijado, hay que buscar las causas que la producen. En general, tales diferencias no suelen ser debido a errores en la estimación de las asperezas de las tuberías o asignación de consumos sino a otras causas diversas tal como apunta la AWWA (American Water Works Association). Por tanto, se debe de analizar específicamente las diferencias hasta que la correlación entre los resultados del modelo y las observadas sea la adecuada para abordar el ajuste fino del modelo.

#### 4.2.11.6. Análisis de sensibilidad

Antes de proceder con un ajuste fino, resulta útil realizar un análisis de sensibilidad del modelo para determinar las posibles causas de los errores observados. Este análisis consiste en modificar los distintos parámetros del modelo en diversas magnitudes y evaluar el impacto.

#### 4.2.11.7. Ajuste fino del modelo

**García y García Serra (2005)** señalan que en muchos casos conviene dividir el ajuste fino en dos etapas: calibración estática y calibración en periodo extendido.

En la primera, los parámetros del modelo se ajustan hasta que se cumplan las condiciones fijadas para el ajuste de las presiones y caudales observados bajo unas condiciones determinadas de la red. En la segunda, los parámetros del modelo se ajustan para reproducir las variaciones de las presiones y caudales en el tiempo, así como la evolución de los niveles de los depósitos.

Normalmente la calibración estática es más sensible a cambios de las rugosidades de las asperezas, mientras que la calibración en periodo extendido es más sensible a cambios en la distribución de las demandas.

#### 4.2.11.8. Optimización de redes de distribución de agua

**Sánchez (2013)** indica que la optimización de las redes de distribución de agua, se refiere a la "selección de la mejor combinación de mínimo costo de los componentes del sistema, de tal forma que quedan satisfechas las demandas de agua y las restricciones de diseño".

### 4.2.12. Plugin QGISRed

**Martínez y Lerma (2022)** describen que QGISRed fue desarrollada por el Grupo de Investigación en Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión (REDHISP), del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universidad Politècnica de València (UPV).

Es una extensión libre de QGis desarrollada para facilitar la tarea de construir y analizar modelos hidráulicos de redes de distribución de agua de cualquier complejidad, hasta el nivel de detalle requerido por los Gemelos Digitales. El plugin aprovecha todas las ventajas de trabajar en un entorno GIS para georreferenciar los elementos de la red, superponer fondos geográficos, editar la información gráfica y alfanumérica, utilizar herramientas de geoprocesamiento, visualizar la información por capas, personalizar la simbología, etc.

Todos los datos utilizados por la extensión QGISRed se alojan en ficheros SHP y DBF bajo una estructura de datos relacional simple y fácil de manejar, que parte del modelo de datos de EPANET.

Entre ellas destacan:

- Un conjunto de herramientas para depurar el trazado de la red y verificar su conectividad.

- Ventanas específicas para editar todas las opciones de cálculo.
- El cálculo automático de la longitud de las tuberías a partir de las coordenadas.
- La interpolación automática de las cotas de los nodos a partir de un DEM.
- La estimación automática de la rugosidad de las tuberías a partir del material y edad de las tuberías.
- La asignación automática de demandas a los nodos.
- La asignación de curvas de modulación y rendimientos hídricos por sectores.
- La gestión de escenarios para diversos parámetros del modelo mediante la importación/exportación de ficheros.
- Editores avanzados de patrones, curvas, leyes y reglas de control.
- La detección de zonas aisladas por el cierre de las válvulas de corte y la anulación de las demandas en las mismas.
- La lectura de los datos de campo y su exportación a EPANET.
- La identificación automática de sectores hidráulicos y sectores de demanda.
- La conexión con el motor de cálculo 2.2 de EPANET.
- La definición automática de leyendas y simbología para observar los resultados, revisable desde QGis.
- La incorporación de una barra de navegación para observar la variación de los resultados con el tiempo.

#### 4.2.12.1. Interoperabilidad

**Martínez y Lerma (2022)** Indican que el plugin QGISRed en su plataforma de trabajo permite importar un modelo completo desde una extensión INP de EPANET o importar datos desde formatos SHP. En el primer caso, únicamente es necesario seleccionar la extensión INP. En el segundo caso, se debe seleccionar el directorio donde están las capas, y luego, para cada tipo de elemento, seleccionar la capa correspondiente y los campos que se quieren importar. Estas dependencias de QGISRed funcionan bajo el sistema operativo Windows y requieren tener instalado la versión 4.5 del componente .Net Framework para su correcto funcionamiento.

## 4.3. Definición de términos

### 4.3.1. Modelo calibrado

Proceso de ajustar los parámetros de un modelo hidráulico, mediante la comparación de resultados simulados con datos medidos en campo, hasta que se reproduzca de manera precisa el comportamiento del sistema en condiciones reales.

### 4.3.2. Escenario

Es una configuración o situación hipotética, real o simulada, utilizada para analizar el comportamiento de una red hidráulica bajo determinadas condiciones operativas. Un escenario permite evaluar el sistema considerando variables clave como la presión, el caudal, la velocidad del flujo, la demanda de agua, e incluso posibles fallas o cambios estructurales en la red. Estos análisis son fundamentales en la planificación, diseño, operación y mantenimiento de sistemas hidráulicos, ya que permiten prever el rendimiento ante distintas situaciones, como el crecimiento de la demanda, cortes de suministro, o implementación de nuevas conexiones.

### 4.3.3. Caudal

Es la cantidad de agua que se desplaza a través de una sección transversal de una tubería en un determinado periodo de tiempo. También se la denomina como caudal y se expresa comúnmente en unidades de volumen por unidad de tiempo, como litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por hora ($m^3/h$). El flujo depende de factores como la presión, el diámetro de la tubería, la pendiente, la rugosidad interna del material y las condiciones hidráulicas del sistema. Es un parámetro fundamental en el diseño y operación de redes de abastecimiento, riego, saneamiento y otros sistemas hidráulicos.

### 4.3.4. Modelación

Es el procedimiento mediante el cual se construye un modelo matemático que representa el comportamiento de los componentes de un sistema de riego, tales como

reservorios, captaciones, tuberías, válvulas, cámaras rompe presión y otros elementos hidráulicos. Este modelo permite analizar la interacción entre dichos componentes para apoyar el diseño, la evaluación y la optimización del sistema de riego.

### 4.3.5. Plugin

Es una extensión que se integra a una plataforma principal, con el objetivo de ampliar sus capacidades. Los plugin permiten incorporar funcionalidades adicionales sin modificar y/o alterar el software, facilitando tareas específicas según las necesidades del usuario. En QGIS, estos complementos pueden incluir herramientas para análisis espacial, procesamiento de datos, conexión con bases de datos, edición avanzada, automatización de procesos y visualización personalizada, entre otros.

### 4.3.6. Simulación

Proceso que utiliza un modelo matemático o computacional para reproducir el comportamiento de una red hidráulica real. Mediante la simulación se puede analizar el rendimiento del sistema bajo diversas condiciones o escenarios operativos, evaluando variables como presión, caudal y velocidad del flujo. Además, permite identificar posibles modificaciones o mejoras en la red, facilitando la toma de decisiones en diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras hidráulicas.

### 4.3.7. Gestión del riego

Conjunto de acciones técnicas y operativas orientadas a planificar, controlar y optimizar el uso del agua en sistemas de riego. Siendo el objetivo principal optimizar el aprovechamiento del agua, asegurando una aplicación eficiente y oportuna a los cultivos, minimizando pérdidas, mejorando el rendimiento agrícola y promoviendo la sostenibilidad de los sistemas de riego. La gestión del riego incluye el análisis de la red de distribución mediante modelación y simulación hidráulica, con el fin de mejorar la eficiencia en la distribución del caudal y presión, reducir pérdidas y garantizar un suministro adecuado.

### 4.3.8. Redes de distribución

Conjunto de elementos hidráulicos, principalmente tuberías, válvulas, hidrantes y accesorios, que conforman el sistema encargado de transportar y distribuir el agua desde una fuente principal o sistema de almacenamiento hasta los puntos de aplicación en los campos agrícolas. Estas redes permiten controlar el caudal y la presión del agua, asegurando una distribución eficiente y uniforme según las necesidades de los cultivos.

### 4.3.9. Turnos de riego

Distribución planificada del uso del agua entre los distintos usuarios de un sistema de riego, en función del tiempo y la cantidad de agua asignada a cada uno. Los turnos de riego determinan el orden, la duración y la frecuencia con la que cada agricultor o parcela recibe agua, con el objetivo de garantizar un uso equitativo y eficiente del recurso hídrico, especialmente en contextos de disponibilidad limitada.

### 4.3.10. Periodo extendido

Es la simulación hidráulica que modela el comportamiento dinámico de una red de riego durante un intervalo de tiempo prolongado (horas o días), permite evaluar fluctuaciones temporales en la demanda de agua, presiones, aperturas de válvulas, niveles en el reservorio, entre otros.

# V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

## 5.1. Aspectos generales de la investigación

### 5.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, orientada a resolver la gestión ineficiente de las redes de riego de Chuspiyoc y Limeña mediante datos numéricos de presión, caudal y demanda hídrica. Es de nivel descriptivo, correlacional y explicativo: describe los componentes de la red, correlaciona la presión calculada con la medida en campo, y explica las causas del comportamiento hidráulico para proponer soluciones. Su diseño es no experimental y de corte transversal, ya que se observan condiciones reales de la red y se simulan escenarios en un modelo digital.

### 5.1.2. Ubicación temporal

El presente estudio de investigación se realizó en el Centro Agronómico K'ayra, facultad de Agronomía y Zootecnia perteneciente a la Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco, en el periodo de abril 2024 a mayo del año 2025.

### 5.1.3. Ubicación espacial

**Ubicación política**

| | | |
|---|---|---|
| Región | : | Cusco |
| Provincia | : | Cusco |
| Distrito | : | San Jerónimo |
| Lugar | : | Centro Agronómico K'ayra |

**Ubicación (coordenadas UTM)**

| | | |
|---|---|---|
| Altitud | : | 3210 a 3360 m. |
| Zona | : | 19L. |
| Norte (Y) | : | 8498039.97 m S |
| Este (X) | : | 188901.19 m E |

**Ubicación hidrográfica**

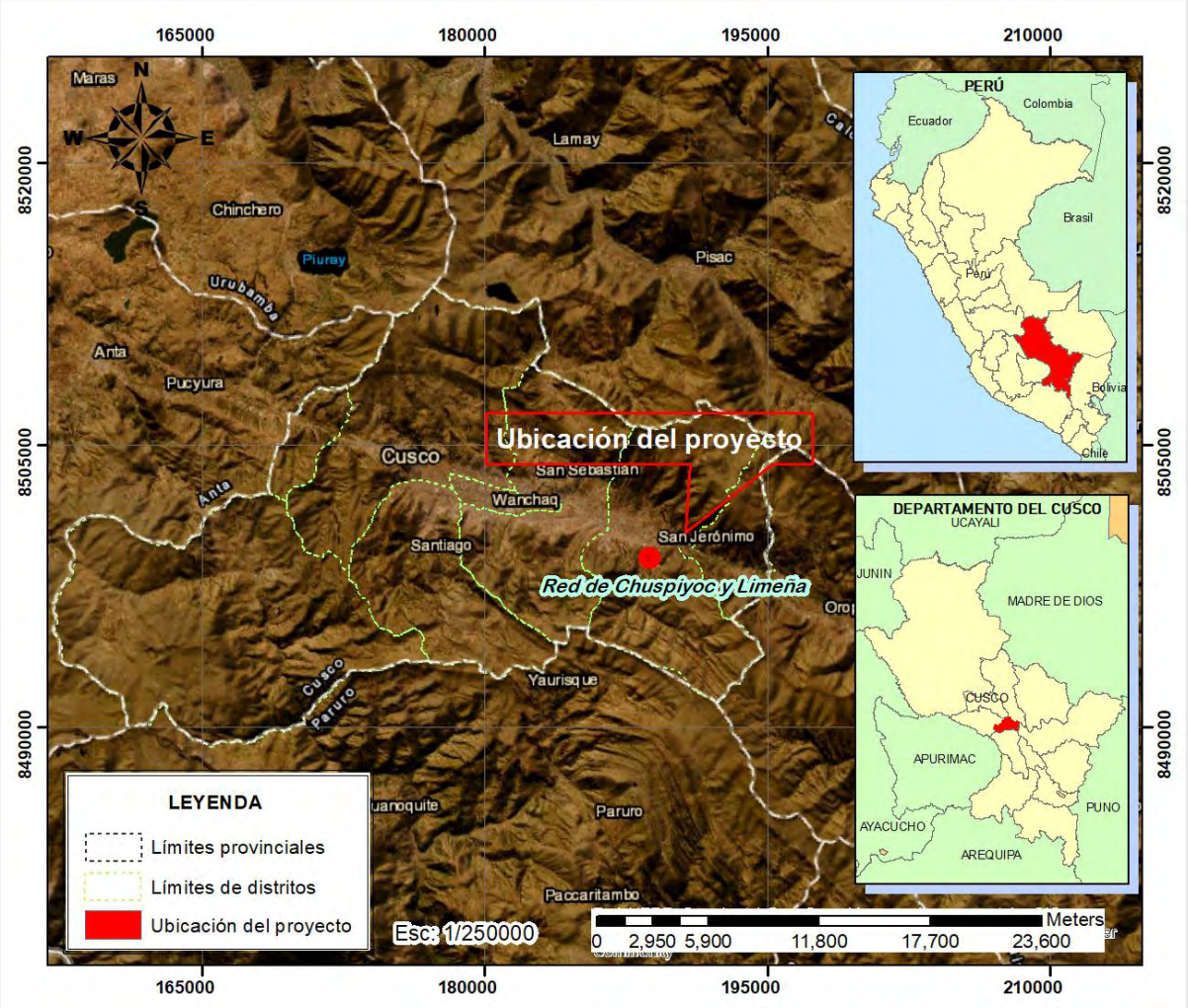
| | | |
|---|---|---|
| Cuenca | : | Vilcanota |
| Sub cuenca | : | Huatanay |

Microcuenca : Huanacaure

**Zona de vida**

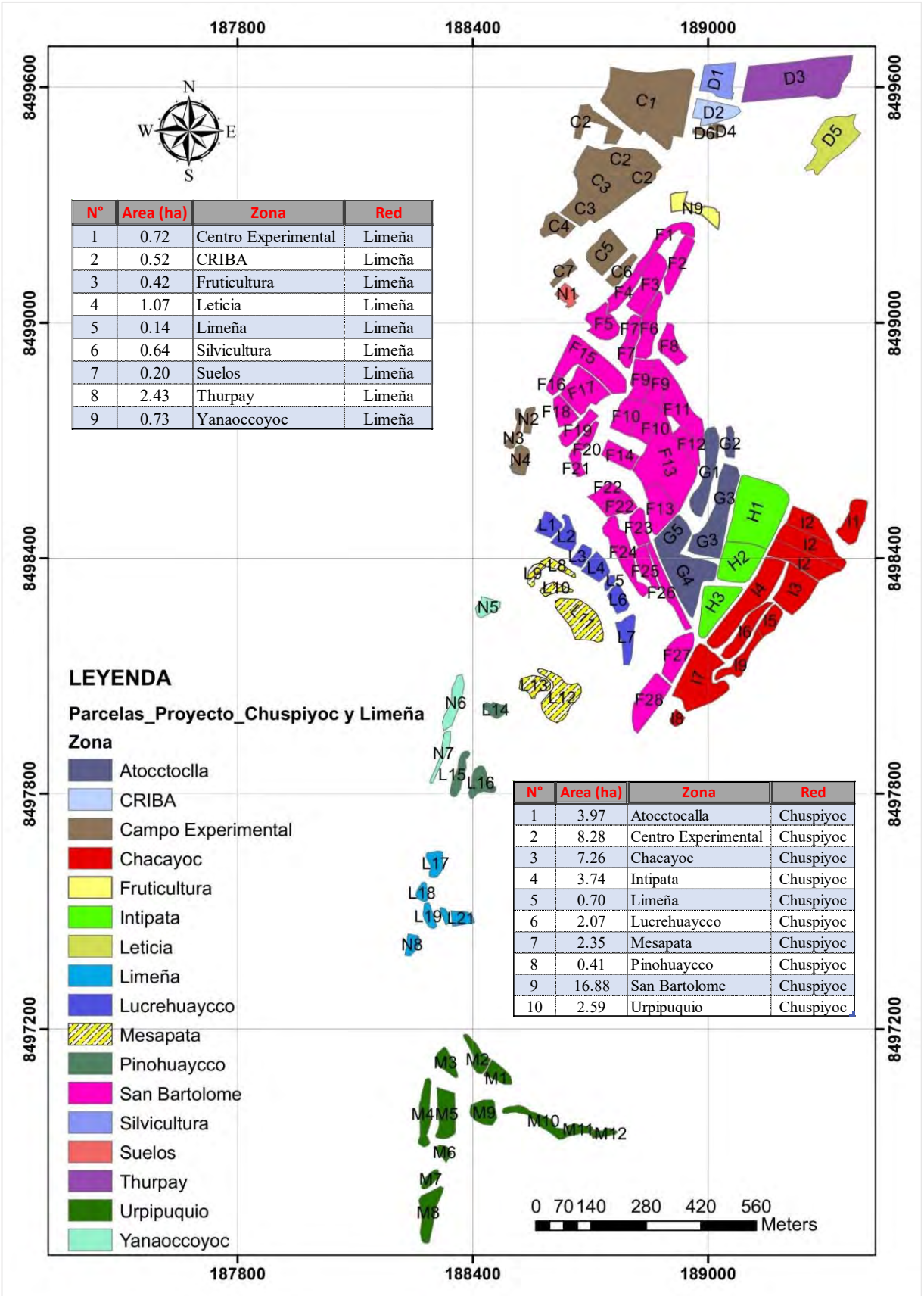
De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de L. Holdridge, las redes de Chuspiyoc y Limeña ubicado en el Centro Agronómico K'ayra corresponde a la zona de vida de bosque seco montano bajo subtropical, cuya simbología es bs-MBS.

**Figura 6.** Mapa de ubicación de la red de Chuspiyoc y Limeña




**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 7.** Mapa de ubicación de parcelas del proyecto

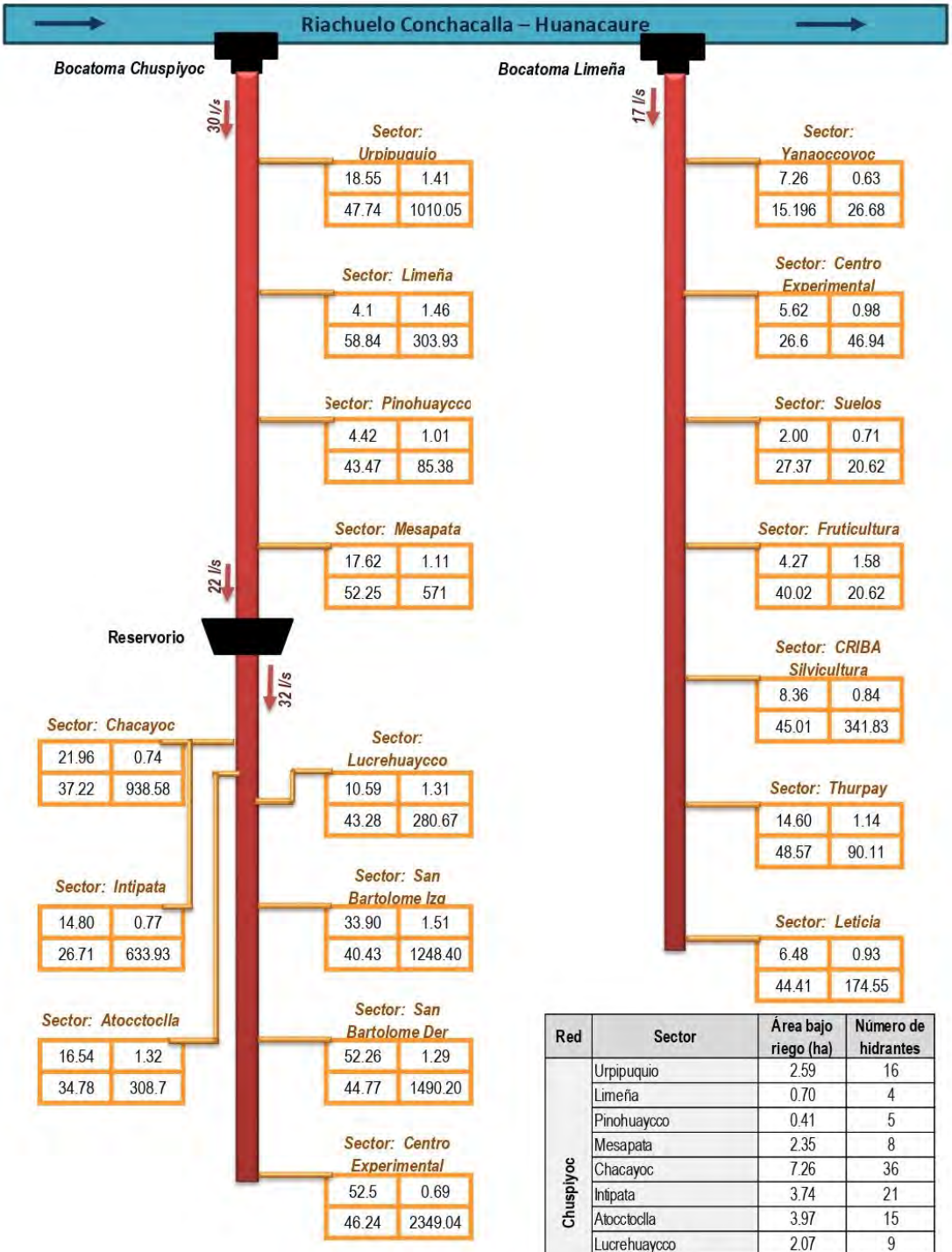



| N° | Area (ha) | Zona | Red |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.72 | Centro Experimental | Limeña |
| 2 | 0.52 | CRIBA | Limeña |
| 3 | 0.42 | Fruticultura | Limeña |
| 4 | 1.07 | Leticia | Limeña |
| 5 | 0.14 | Limeña | Limeña |
| 6 | 0.64 | Silvicultura | Limeña |
| 7 | 0.20 | Suelos | Limeña |
| 8 | 2.43 | Thurpay | Limeña |
| 9 | 0.73 | Yanaoccoyoc | Limeña |

| N° | Area (ha) | Zona | Red |
|---|---|---|---|
| 1 | 3.97 | Atocctocalla | Chuspiyoc |
| 2 | 8.28 | Centro Experimental | Chuspiyoc |
| 3 | 7.26 | Chacayoc | Chuspiyoc |
| 4 | 3.74 | Intipata | Chuspiyoc |
| 5 | 0.70 | Limeña | Chuspiyoc |
| 6 | 2.07 | Lucrehuaycco | Chuspiyoc |
| 7 | 2.35 | Mesapata | Chuspiyoc |
| 8 | 0.41 | Pinohuaycco | Chuspiyoc |
| 9 | 16.88 | San Bartolome | Chuspiyoc |
| 10 | 2.59 | Urpipuquio | Chuspiyoc |

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 8** Modelo simplificado de las redes de Chuspiyoc y Limeña




| Red | Sector | Área bajo riego (ha) | Número de hidrantes |
|---|---|---|---|
| Chuspiyoc | Urpipuquio | 2.59 | 16 |
| | Limeña | 0.70 | 4 |
| | Pinohuaycco | 0.41 | 5 |
| | Mesapata | 2.35 | 8 |
| | Chacayoc | 7.26 | 36 |
| | Intipata | 3.74 | 21 |
| | Atocctoclla | 3.97 | 15 |
| | Lucrehuaycco | 2.07 | 9 |
| | San Bartolome Izq | 8.04 | 28 |
| | San Bartolome Der | 8.84 | 38 |
| | Centro Experimental | 8.28 | 63 |
| Limeña | CRIBA Silvicultura | 1.16 | 10 |
| | Thurpay | 2.43 | 10 |
| | Leticia | 1.07 | 5 |
| | Fruticultura | 0.42 | 1 |
| | Suelos | 0.20 | 1 |
| | Centro Experimental | 0.72 | 2 |
| | Yanaoccoyoc | 0.73 | 3 |

**Fuente:** Elaboración propia

### 5.1.4. Clima de la zona de estudio

Según la clasificación climática del Perú, se tiene definido treinta y ocho (38) tipos de climas a nivel nacional. El departamento del Cusco presenta 16 tipos de climas.

La zona de estudio se encuentra en un clima semiseco, caracterizado por otoños e inviernos secos y temperaturas templadas, según la Clasificación Climática del Perú (2020). En la zona de K'ayra se dispone de una estación Meteorológica Agrícola Principal (MAP), la cual se utiliza como estación base debido a sus condiciones similares en altitud y características climáticas respecto a la zona en estudio. Proporcionando datos hidrometeorológicos esenciales para el cálculo de parámetros de riego, incluyendo temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento y horas de sol, garantizando una estimación precisa y representativa.

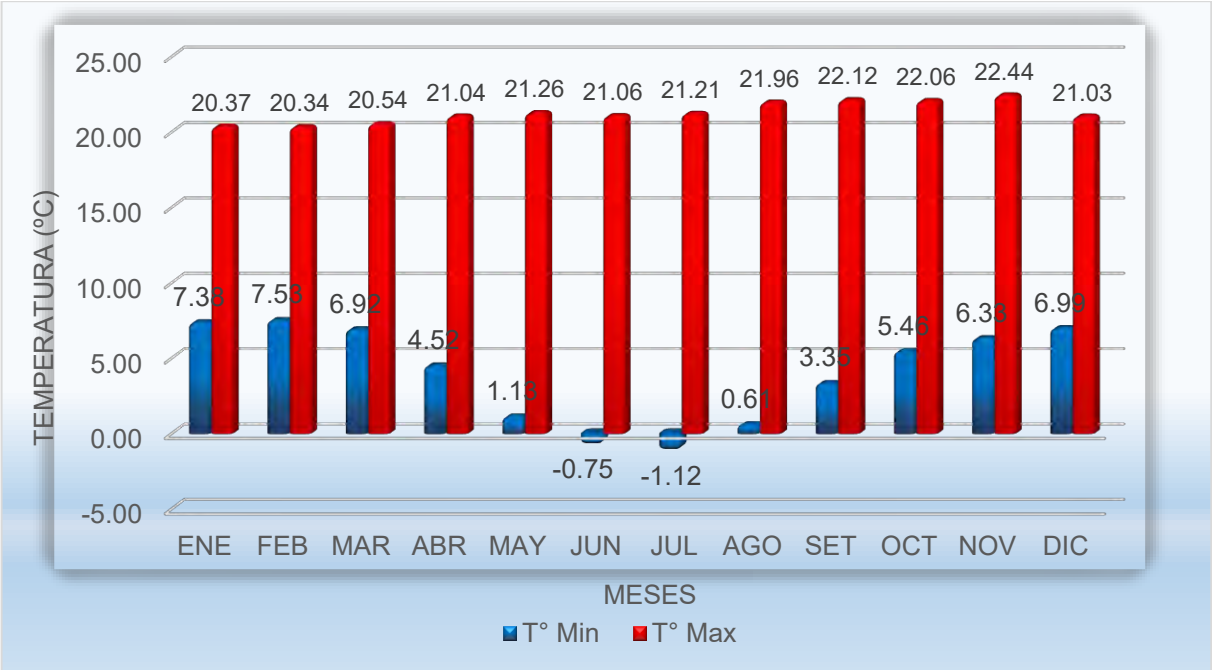
**a) Temperatura**

La Figura 9 muestra la distribución mensual de las temperaturas máximas y mínimas media de la zona de estudio, expresado en grados Celsius (°C), a partir del análisis de los registros climáticos correspondientes al periodo 1994–2023. Se observa que las temperaturas máximas presentan una variación relativamente moderada a lo largo del año, con valores que oscilan aproximadamente entre 20.34 °C y 22.44 °C, registrándose los valores más altos en los meses de octubre (22.12 °C), noviembre (22.06 °C) y diciembre (22.44 °C).

Por otro lado, las temperaturas mínimas muestran una mayor variabilidad estacional. Los valores más altos se presentan durante la temporada lluviosa, principalmente en enero (7.38 °C) y febrero (7.58 °C). En contraste, durante la estación de estiaje se registran los valores más bajos, alcanzando temperaturas cercanas o inferiores a 0 °C en los meses de junio (-0.75 °C) y julio (-1.12 °C), lo que evidencia la presencia de condiciones frías características del invierno andino.

En términos generales, este comportamiento térmico refleja la marcada amplitud térmica diaria propia de los valles interandinos, donde las temperaturas máximas diurnas se mantienen relativamente estables mientras que las mínimas nocturnas descienden considerablemente durante la estación seca debido a la menor cobertura nubosa.

**Figura 9.** Registro de temperatura máxima y mínima media mensual

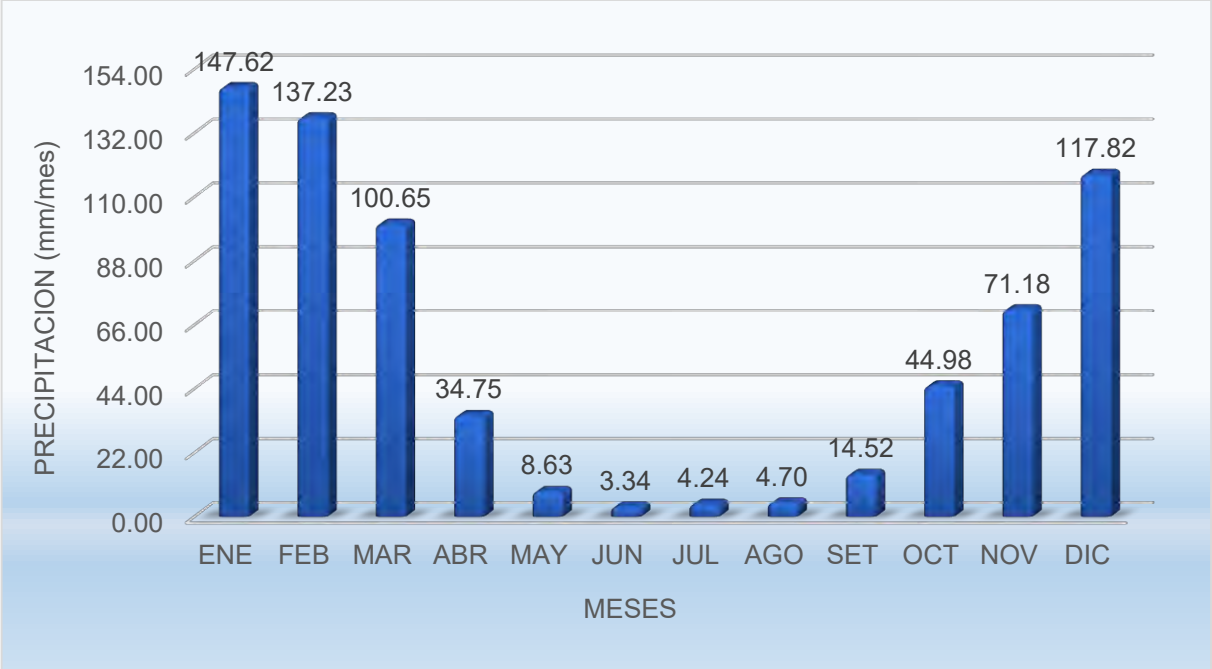



**Fuente:** Senamhi, datos meteorológicos históricos (1994 – 2023)

### b) Precipitación

La precipitación anual en la zona de estudio varía entre 350 mm y 882.5 mm, valores estimados a partir del promedio de los registros correspondientes al periodo 1994–2023. Los mayores valores de precipitación se presentan durante los meses de enero (147.62 mm/mes) y febrero (137.23 mm/mes). En contraste, durante la temporada de estiaje se registran los niveles más bajos de precipitación, principalmente en junio (3.34 mm/mes). A partir de septiembre, las precipitaciones se incrementan progresivamente hasta alcanzar en diciembre un valor de 117.82 mm/mes.

**Figura 10.** Registro de precipitaciones total mensual (mm)

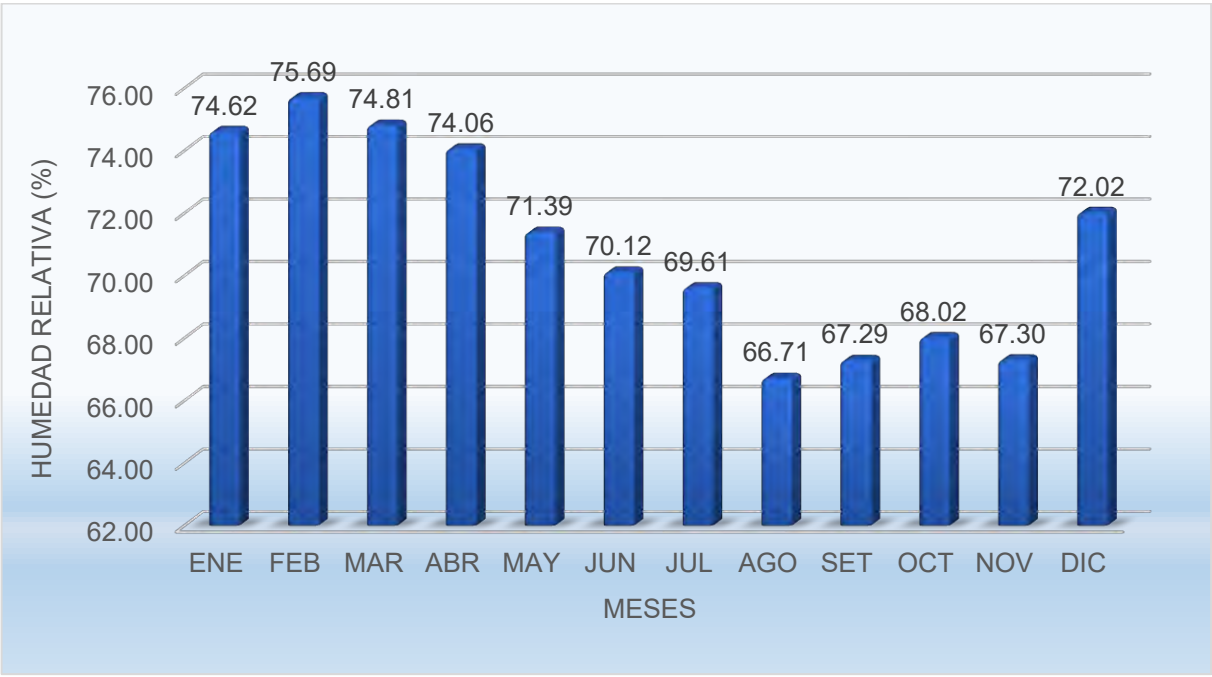



**Fuente:** Senamhi, datos meteorológicos históricos (1994 – 2023)

### c) Humedad relativa

De acuerdo a los registros de humedad relativa, estos fluctúan entre 75.69 % en febrero a 66.71 % en el mes de agosto, alcanzando un promedio anual de 70.97%.

**Figura 11**. Registro de humedad relativa media mensual (%)

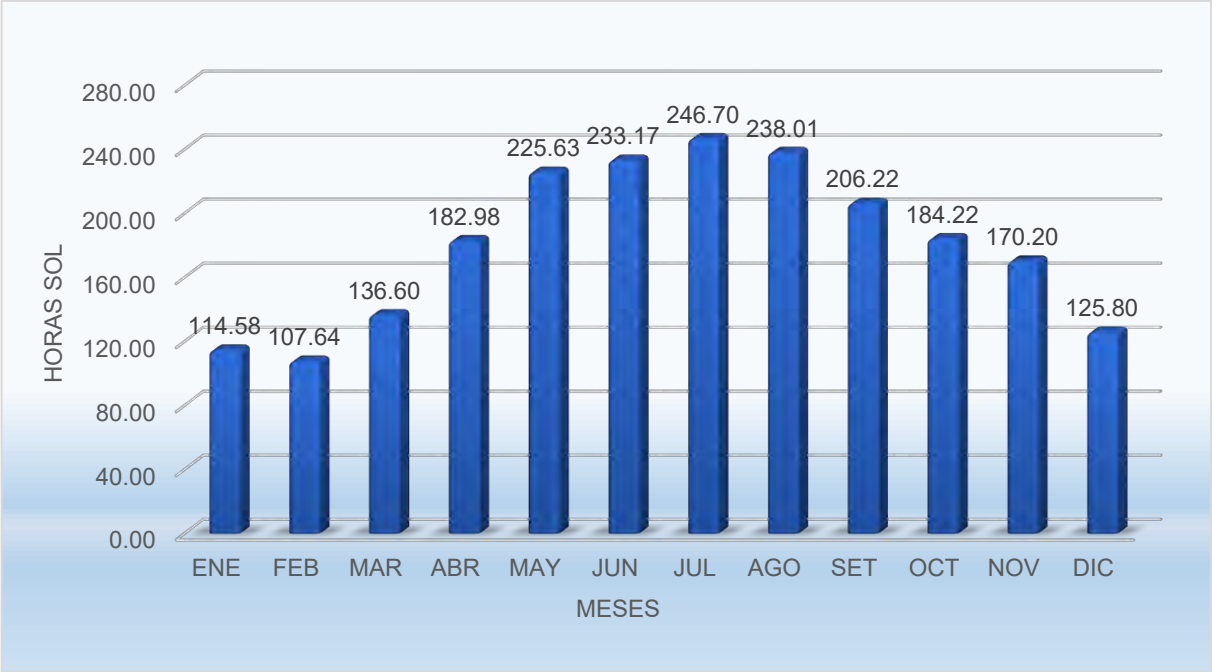



**Fuente:** Senamhi, datos meteorológicos históricos (1994 – 2023)

### d) Horas sol

En la Figura 12 se presenta la distribución mensual del promedio de horas de sol, expresada en horas por mes (h/mes). La información disponible sobre las horas de sol indica un promedio anual de 2,171.75 horas/año. El valor máximo se registra en julio con 246.70 horas durante la estación de sequía, mientras que el valor mínimo corresponde a febrero con 107.64 horas, coincidiendo con la temporada de mayores precipitaciones.

**Figura 12.** Registro de horas sol total mensual



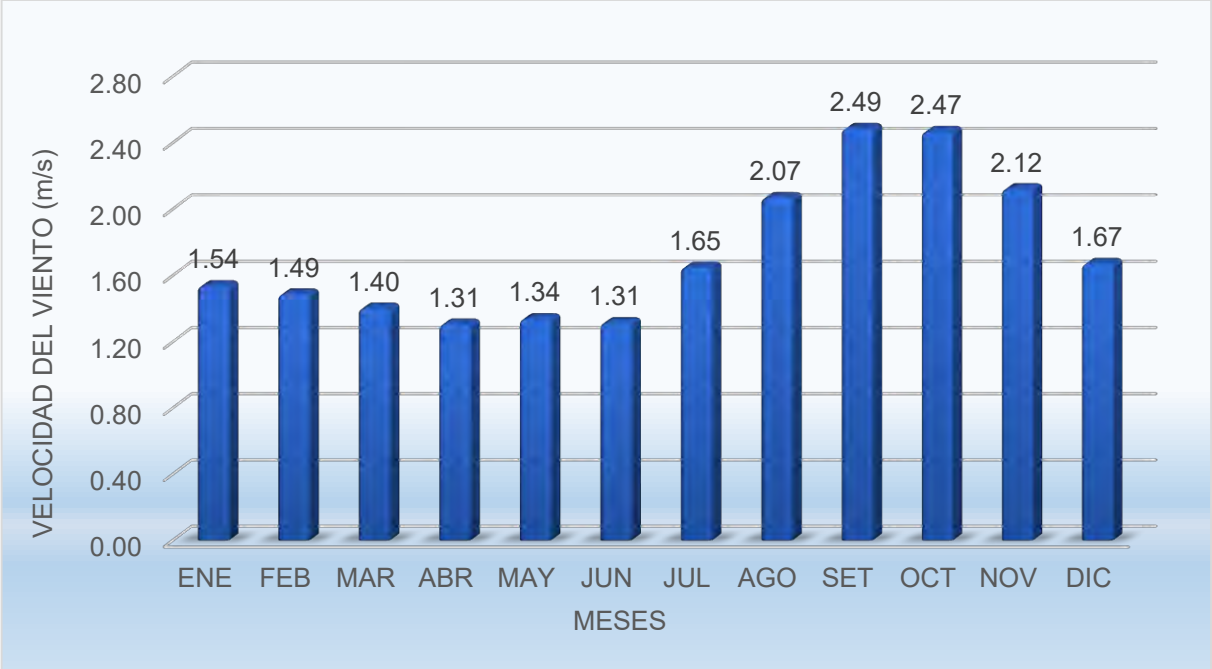

**Fuente:** Senamhi, datos meteorológicos históricos (1994 – 2023)

### e) Velocidad del viento

La Figura 13 presenta la variación mensual de la velocidad del viento, expresada en metros por segundo (m/s), a partir de registros del periodo 1994–2022. Se observa que la velocidad media del viento oscila entre un valor mínimo de 1.31 m/s entre los meses de abril y junio y un máximo de 2.49 m/s en el mes de setiembre.

En términos generales, la velocidad media del viento en la zona de estudio oscila aproximadamente entre 1.31 m/s y 2.49 m/s a lo largo del año.

**Figura 13.** Registro de velocidad del viento (m/s)




**Fuente:** Senamhi, datos meteorológicos históricos (1994 – 2022)

Los vientos de mayor magnitud se presentan en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre con valores mayores a los 2.00 m/s, encontrándose en la categoría de vientos moderados según la clasificación de la FAO. En el resto del año, los vientos tienen valores próximos a 1.50 m/s.

Según **(Sapir y Sneh, 2005),** la velocidad del viento tiende a comprometer la distribucion del agua en el riego por aspersion. En las velocidades de viento muy fuertes no se recomienda regar por encima del follaje.

**Tabla 6**. Categorías de velocidad del viento

| Categoría | Velocidad del viento (m/s) |
|---|---|
| Sin viento | 0 a 1.0 |
| Vientos medianos | 1 a 2.5 |
| Vientos fuertes | 2.5 a 4.0 |
| Vientos muy fuertes | Superior a 4.0 |

**Fuente:** Sapir y Sneh (2005)

## 5.2. Materiales y metodología

### 5.2.1. Materiales de campo, equipos y herramientas

**Materiales de campo**

a. Wincha.
b. Flexómetro
c. Vernier.
d. Libreta de Campo.
e. Jalón.
f. Prisma y porta prisma.
g. Plano Topográfico Esc. 1/5000.

**Materiales de escritorio**

a. Laptop.
b. Impresora.
c. Escalímetro.
d. Hojas de papel A4, A3 y A1.
e. Expediente técnico “Mejoramiento de la Infraestructura de Riego de la facultad de Agronomía y Zootecnia - UNSAAC.

**Software**

a. Software Epanet versión 2.2
b. Software QGIS versión 3.34.7 con extensión QGISRed
c. Software AutoCAD Civil 3D 2023

**Equipos**

a. Cámara Fotográfica Digital.
b. GPS*map* 62sc.
c. Estación total Leyca TS-07 2”.
d. Correntómetro FP111

**Herramientas**

a. Pico.
b. Pala.
c. Llave stilson 1 ½”.

**Fabricación de Instrumento de medición**

a. 1.0 m. tubería de diámetro de 1” PVC NTP-ISO 1452
b. 03 codos de PVC de diámetro de 1” de 90°
c. 05 niples de PVC por 4” de diámetro de 1”
d. 02 niples de PVC por 2” de diámetro de 1”
e. 03 válvula esférica PVC de diámetro de 1”
f. 02 uniones roscados PVC de diámetro de 1”
g. 01 reducción de PVC de 1” a 3/4"
h. 01 Bushing PVC de 1” a 1/2”
i. 01 Bushing PVC de 1” a 1/4"
j. 01 cruceta de PVC de diámetro de 1”
k. 01 tee de PVC de diámetro de 1”
l. Manómetro de 10 bar.
m. Aspersores Vyr 60 y Vyr 80.
n. Caudalímetro de diámetro de 1”.

La fabricación del instrumento se realizó mediante el corte, roscado y ensamblaje de los accesorios de PVC de diámetro de 1” a ½”, incorporando un manómetro, aspersores y un caudalímetro como elementos de medición y control. En el ensamblaje se utilizaron cinta teflón y empaquetaduras, con la finalidad de evitar fugas durante las pruebas.

### 5.3. Descripción de las actividades

#### 5.3.1. Descripción de la zona de estudio

**UNSAAC (2009)** describe que la disponibilidad hídrica con la que cuentan las redes de distribución de agua para riego, está constituida principalmente por la escorrentía de agua del riachuelo Conchacalla – Huanacaure.

Para la recolección de los datos del proyecto existente se tomaron en cuenta el cálculo de la demanda de agua de la red de distribución para riego en estudio.

La conducción de los caudales por sistema es de; 30.00 l/s para la red de distribución de Chuspiyoc para atender una demanda agrícola de 55.74 ha, y para la red de distribución de limeña, atiende demandas agrícolas de 10.33 ha y demandas para otros usos de 8.00 l/s, distribuidos de la siguiente manera: Para los establos de vacunos, cerdos, animales menores del C.A. K´ayra una dotación permanente de 1.40 l/s. Por otra parte, 0.10l/s para la producción de humus en el Centro de Investigación en Suelos. Así mismo, 3.00 l/s para el huerto frutícola de 5.00 ha y una reserva para consumo doméstico de una población de 1,000 personas en 3.50 l/s, que sumados a la demanda agrícola de 7.10l/s hacen una demanda total de 15.10 l/s; El caudal de diseño de la tubería de conducción es de 20.00 l/s.

#### 5.3.2. Levantamiento topográfico

Se procedió con el levantamiento topográfico en campo en el mes de mayo del 2024 con la finalidad de representar todos los detalles planimétricos compatibles con la escala de presentación de los componentes de riego, tales como: hidrantes, válvulas, cámara rompe presión, línea de conducción, reservorio, red de distribución, parcelación de áreas de cultivo, con el objetivo de crear un plano en planta con sus respectivas curvas de nivel.

Siendo fundamental la utilización de equipos como estación total y el sistema de posicionamiento global (GPS).

Toda la información obtenida de campo se ha procesado empleando programas asistidos por computadora AutoCAD Civil 3D 2023, como también el uso de sistemas de información geográfica (GIS), donde se procedieron a construir las superficies topográficas para obtener las curvas de nivel y finalmente la creación de modelos digitales de elevación.

**Figura 14.** Estacionamiento de instrumento topográfico en la parcela H1 Intipata



**Fuente:** Registro de campo

### 5.3.3. Excavación de zanjas

Las actividades que contemplaron la excavación de zanjas fueron realizadas para la ubicación de tuberías en las líneas de conducción, distribución y laterales para su identificación del tipo de material, clase y diámetro de tubería instalado.

Las dimensiones de las zanjas excavadas fueron un ancho de 0.80m, largo de 1.20 m con una profundidad de 0.85 m, para la excavación se utilizaron herramientas manuales como pico y pala y posteriormente se realizó el relleno y compactado con material propio. Actividad realizada en el mes de junio del año 2024.

### 5.3.4. Identificación de tuberías instaladas en campo

Se realizó la identificación de las tuberías instaladas en campo según los detalles del diseño hidráulico del proyecto “Mejoramiento de la infraestructura de riego en la facultad de agronomía y zootecnia - Unsaac”. Para el cual se realizó replanteo de terreno haciendo uso de un GPS navegador, para ubicar los diámetros especificados en los planos del proyecto en mención.

**Línea de conducción**

Para la identificación del diámetro de la tubería se procedió a medir la circunferencia externa con una cinta métrica de 1.00 m. de longitud, y ser corroborado con la tabla N°1 de especificaciones técnicas del fabricante; la clase del material se identificó en las marcas impresas de las tuberías. Se observa en la Figura 15, una tubería de un diámetro de 10” de material PVC SAP de una clase 5 que va desde la captación tipo riachuelo hasta el reservorio de San Bartolomé con una longitud total de 3611.17 m.

**Figura 15.** Tramo de la línea de conducción de la red Chuspiyoc en el km 3+000



**Fuente:** Registro de campo

**Línea de distribución**

En la Figura 16, se observa una tubería PVC SAP, clase 5 de un diámetro de 6”, que va desde el reservorio hacia la cámara rompe presión en una distancia de 892.26 m.

**Figura 16.** Red de distribución (tramo reservorio – cámara rompe presión)



**Fuente:** Registro de campo

Otras excavaciones fueron realizadas en las parcelas del potrero “C2 y C3” para corroborar que lo mencionado en los planos del planteamiento hidráulico del proyecto en mención, concuerden con sus especificaciones de diámetro y clase, para la respectiva modelización con el programa QGIS-Red.

En la Figura 17 se puede observar la red de distribución de tipo mallada con una tubería de un diámetro de 4” de material PVC SAP y clase 10.

**Figura 17.** Red de distribución mallada en la parcela C3 de la red Chuspiyoc



**Fuente:** Registro de campo

En la Figura 18 se muestra la excavación realizada junto al hidrante H52, ubicado en el sector de Chacayoc, correspondiente a una red de tipo ramificada. La tuberia que se identifico presenta un diámetro de 4” de material PVC SAP y clase 7.5.

**Figura 18.** Red de distribución ramificada en la parcela I2 de la red Chuspiyoc



**Fuente:** Registro de campo

### 5.3.5. Realización de consulta

Con la finalidad de obtener información precisa y detallada sobre la operación de las redes de riego, se hicieron consultas a los administradores y operadores de riego del Centro Agronómico K'ayra.

**Figura 19.** Consulta sobre operación del riego al operador, Sr. Santiago Lima



**Fuente:** Registro de campo

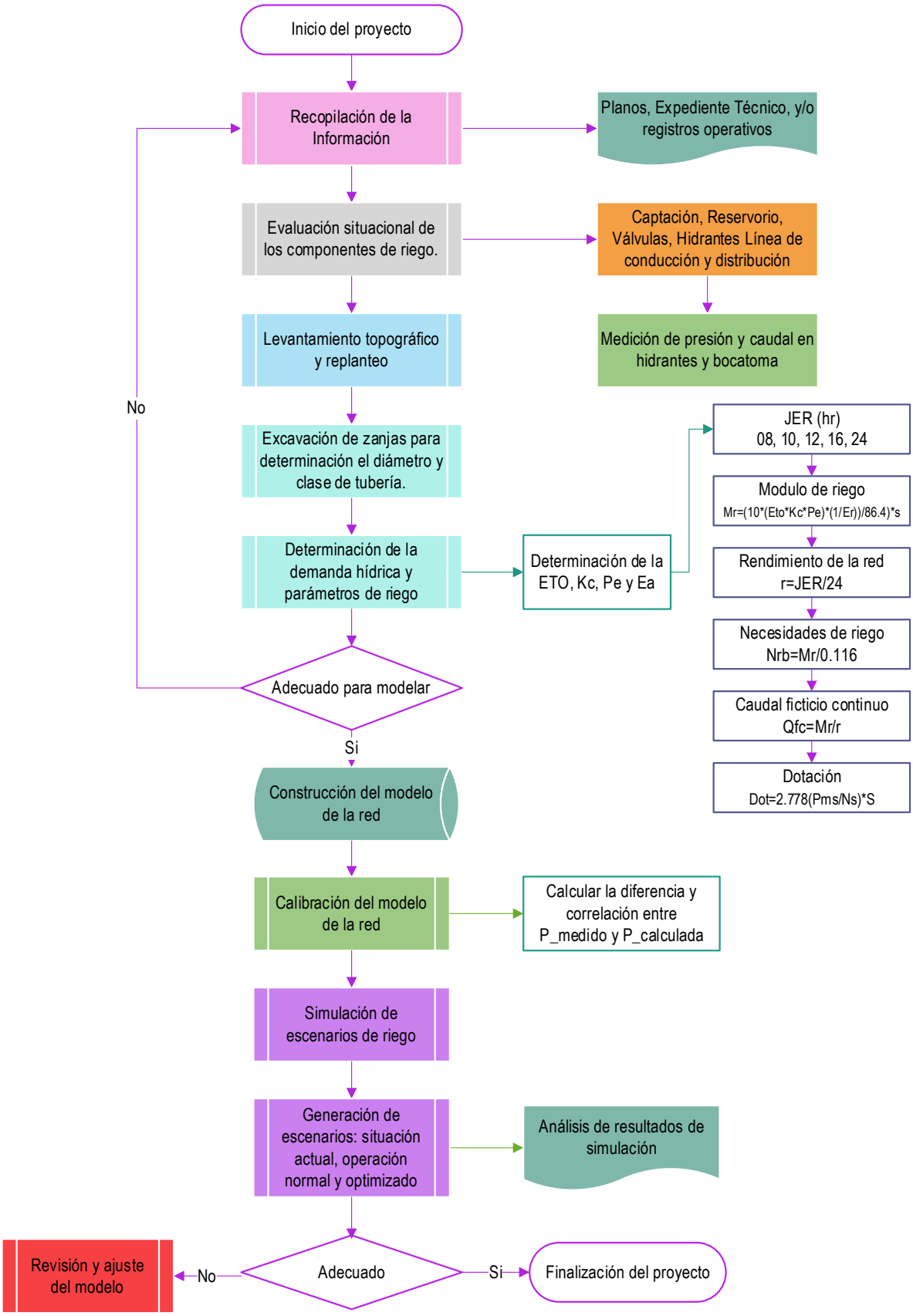
**Figura 20.** Consulta sobre operación del riego al capataz, Sr. Juvenal Valverde



**Fuente:** Registro de campo

A continuación, se presenta un diagrama de flujo de la metodología seguida.

**Figura 21.** Diagrama de flujo de la metodología seguida




**Fuente:** Elaboración propia

### 5.4. Situación actual de componentes

Para la evaluación del estado situacional de los componentes de las redes de riego, se aplicó métodos de inspección visual y se dio bajo el siguiente criterio:

1. Recopilación de información y diagnostico preliminar; donde según la FAO (2001) el objetivo de esta actividad es obtener antecedentes sobre el diseño y operación del sistema de riego, siendo desarrollada bajo las siguientes actividades:
    - Identificación del tipo de sistema de riego (superficial, presurizado, mixto).
    - Revisión de planos, manuales técnicos y registros operativos.
    - Realización de consultas y/o entrevistas sobre los problemas detectados.
    - Identificación de los principales componentes del sistema.
2. Inspección física de los componentes de acuerdo a Merriam y Keller (1978), es fundamental verificar el estado y funcionabilidad.

**Tabla 7.** Parámetros de evaluación de los componentes de riego

| Componente | Parámetros de evaluación | Método de inspección |
|---|---|---|
| Captación de agua | Obstrucciones, corrosión, sedimentos | Inspección visual |
| Red de tuberías/canales | Fugas, grietas, presión de operación | Inspección visual, prueba hidráulica |
| Hidrantes y válvulas | Funcionamiento, fugas, presión de apertura | Prueba operativa, medición con manómetro |
| Estructuras de control y protección | Estado físico, eficiencia en distribución | Inspección técnica |

**Fuente**: Merriam y Keller (1978)

Se elaboró la descripción de los componentes utilizando un nivel de medición ordinal dado que este permite establecer una jerarquía en función de la ubicación, dimensiones, capacidad, funcionamiento y estado de conservación. Para ello, se tomó como referencia los formatos (N° 1, 2, 3, A y B) planteados por PSI Sierra (2012), tal como se muestra a continuación:

**Tabla 8.** Escala de medición del estado actual de conservación

| Estado de conservación | Código |
|---|---|
| Buen estado de conservación | 1 |
| Requiere reparación en uno de sus elementos de estructura | 2 |
| Requiere cambio de la estructura | 3 |
| Requiere construcción de la estructura | 4 |

**Fuente:** PSI **(2012),** INRENA **(2002)**

**Tabla 9.** Escala de medición de la ubicación y capacidad de trabajo

| Ubicación y capacidad de trabajo | Código |
|---|---|
| Ubicación apropiada y estructura adecuada | 1 |
| Ubicación apropiada y estructura no adecuada al sistema | 2 |
| Ubicación no apropiada y estructura adecuada al sistema | 3 |
| Ubicación no apropiada y estructura no adecuada al sistema | 4 |
| Ubicación apropiada sin estructura | 5 |
| Ubicación no apropiada sin estructura | 6 |

**Fuente:** PSI **(2012),** INRENA **(2002)**

La evaluación de todos los elementos estructurales de las redes de Chuspiyoc y Limeña, sirvió para los datos de entrada para la simulación en un escenario en situación actual.

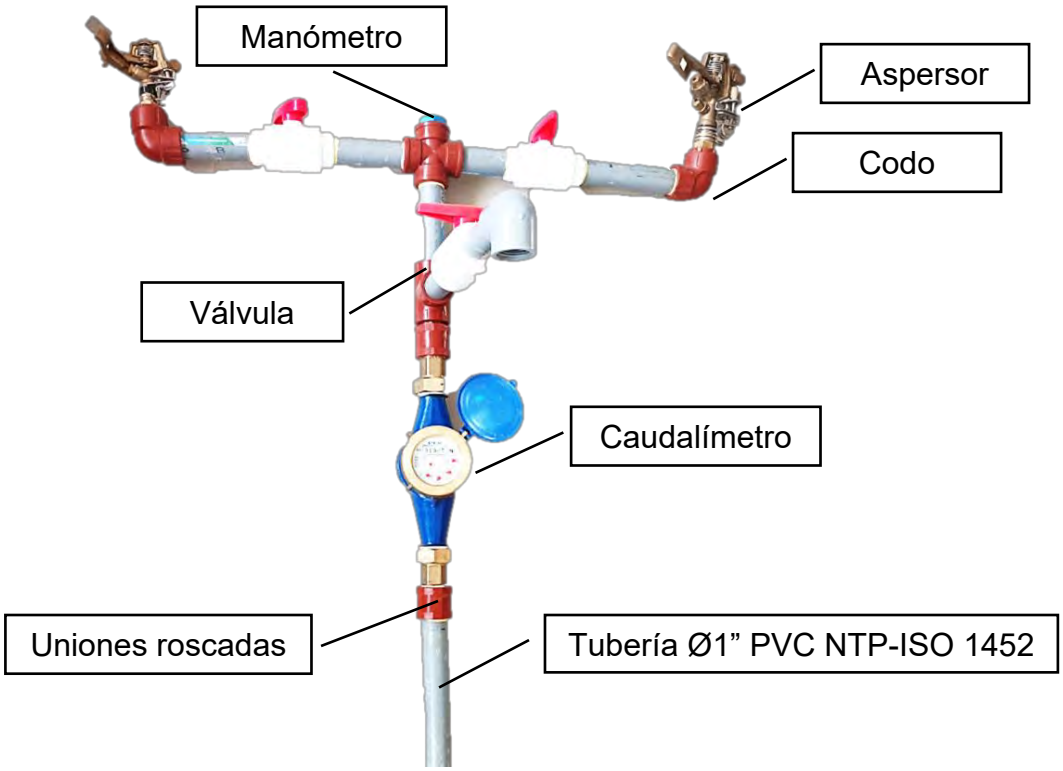
### 5.4.1. Medición de presión manométrica

**Construcción del instrumento de medición de presión**

Se desarrolló un instrumento de medición de material de PVC C-10 Ø 33 mm conforme a la norma NTP ISO 1452, para medir las presiones dinámicas en los hidrantes. Donde es equipada de un manómetro, que permitió determinar los niveles de medición en “bar” y un caudalímetro que permitió determinar mediciones de caudal en (l/s)

Instrumento adaptable para el montaje de 02 aspersores, y equipado con su respectiva válvula de purga. El instrumento tiene una configuración en cruz, lo que facilitó su desmontaje, operación y manipulación.

**Figura 22.** Instrumento de medición de presión dinámica




**Fuente:** Elaboración propia

Para probar su consistencia y confiabilidad, se aplicó el instrumento de medición en una pequeña muestra de hidrantes, realizando entre dos a tres veces por cada uno. Si los resultados obtenidos de la presión presentan una diferencia de ±1 % se consideró la validez del instrumento de medición.

**Aplicación del instrumento de medición**

Para el procedimiento de medición, se seleccionó una muestra no probabilística de hidrantes que estén operativos en la red de Chuspiyoc y Limeña. Tomando el criterio que por cada ramal distribuido se realizó entre uno a dos mediciones.

Los datos obtenidos para el análisis fueron codificados:

**Tabla 10.** Codificación de operatividad de hidrantes

| operatividad | valor asignado |
|---|---|
| Operativo | 1 |
| Inoperativo | 0 |

**Fuente**: Elaboración propia

El procedimiento seguido fue el siguiente:

1. Presurizar la red de agua abriendo las válvulas compuertas.
2. Apertura de las tapas del hidrante.
3. Verificación de las salidas galvanizadas roscadas.
4. Colocación del instrumento de medición.
5. Lectura de la presión.
6. Registro de medición.
7. Cierre y desconexión.

Para la medición de presiones dinámicas, fue necesario purgar la red con el fin de eliminar los sedimentos acumulados dentro de las tuberías, ya que estos podrían obstruir las boquillas de los aspersores al abrir las válvulas. En el instrumento de medición se instalaron dos aspersores metálicos sectoriales de bajo – medio caudal, VYR-60 y VYR-80.

**Figura 23.** Medición de presión dinámica en hidrante H199




**Fuente:** Registro de campo

### 5.4.2. Medición de caudal

Se llevaron a cabo mediciones de caudales en las fuentes de agua, tanto en los canales trapezoidales y rectangulares de las bocatomas, al ingreso de la cámara de carga del reservorio, su salida del reservorio y en los hidrantes de riego. En los canales, se realizaron aforos haciendo uso del correntómetro.

**Figura 24.** Medición de caudal en bocatoma de la red de Limeña



**Fuente:** Registro de campo

El procedimiento seguido fue el siguiente:

1. Instalación del correntómetro.
2. Colocación del sensor a una altura de 0.15 m. por debajo del espejo de agua.
3. Medición de la velocidad durante al menos 30 seg.
4. Lectura y registro de la velocidad.
5. Análisis de resultados.

Con los datos recopilados de las velocidades medidos con el correntómetro se utilizó una plantilla para determinar el caudal (ver anexo 3) y se aplicó la siguiente formula.

$$Q = Vprom * A \quad (22)$$

donde:

*Q: Caudal en $m^3/s$*

*Vprom: Velocidad promedio en m/s*

*A: Área de la sección transversal en $m^2$*

Para el caso de medición del caudal en los hidrantes, se emplearon caudalímetros “medidor de chorro múltiple” (ver anexo 2) integrado en el instrumento de medición.

**Figura 25.** Medición de caudal en hidrante H225 parcela D2 de CRIBA




**Fuente:** Registro de campo

Simultáneamente, se midieron los caudales en las salidas de los aspersores mediante el método volumétrico y con el uso del medidor de chorro múltiple.

El procedimiento seguido para el aforo volumétrico fue el siguiente:

1. Con un recipiente estandarizado de 20 litros de capacidad se midió el volumen de agua por un tiempo de 60 segundos.
2. Se colocaron mangueras transparentes introducidas en las boquillas de los aspersores.
3. Se repitió las mediciones 5 veces para posteriormente sacar un promedio.
4. Registró de las mediciones.

Con los datos recopilados, se aplicó la siguiente formula:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{23}$$

donde:

*Q: Caudal en l/s*

*V: Volumen recolectado en litros*

*t: Tiempo de llenado en segundos*

**Figura 26.** Medición de caudal en aspersores del hidrante H198 parcela C2



**Fuente:** Registro de campo

## 5.5. Demanda hídrica y parámetros de riego

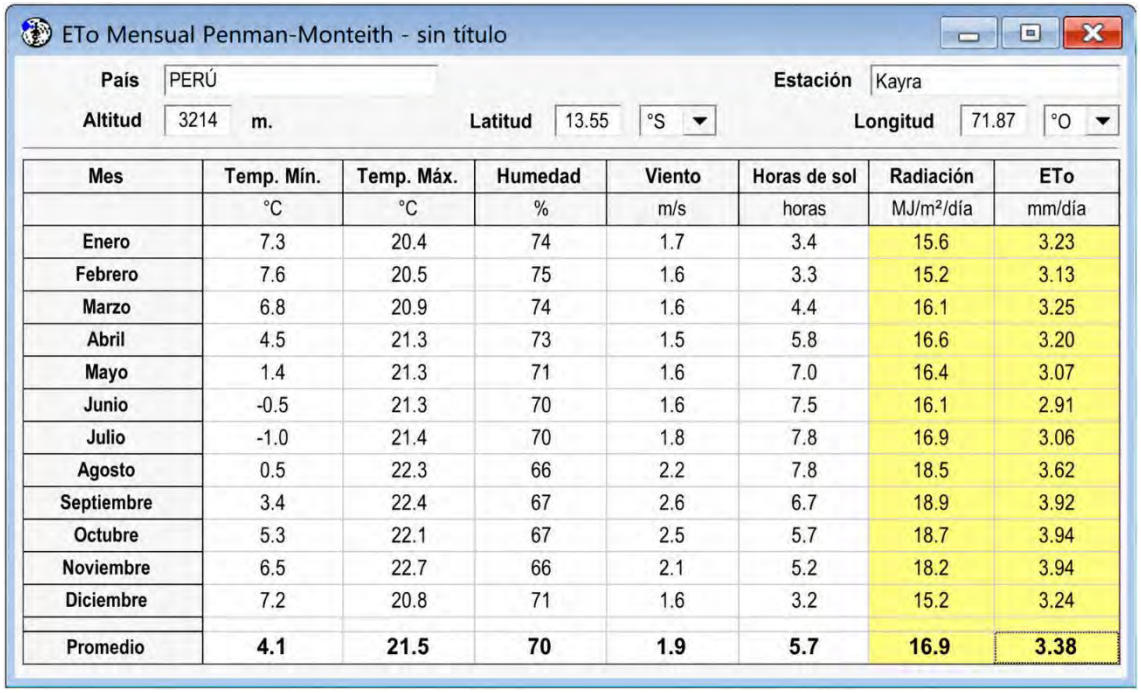
### 5.5.1. Determinación de la demanda hídrica

La determinación de la demanda hídrica se basó en datos de climatología, áreas cultivadas y tipo de riego.

**1. Evapotranspiración de referencia (ETo)**

Como primer paso, se realizó el cálculo de la ETo por el método Penman-Monteith, tomando en cuenta variables meteorológicas como la temperatura mínima y máxima, la velocidad del viento, las horas de insolación y la humedad relativa.

**Figura 27.** Cálculo de la evapotranspiración de referencia.




| Mes | Temp. Mín. | Temp. Máx. | Humedad | Viento | Horas de sol | Radiación | ETo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | °C | °C | % | m/s | horas | MJ/m²/día | mm/día |
| Enero | 7.3 | 20.4 | 74 | 1.7 | 3.4 | 15.6 | 3.23 |
| Febrero | 7.6 | 20.5 | 75 | 1.6 | 3.3 | 15.2 | 3.13 |
| Marzo | 6.8 | 20.9 | 74 | 1.6 | 4.4 | 16.1 | 3.25 |
| Abril | 4.5 | 21.3 | 73 | 1.5 | 5.8 | 16.6 | 3.20 |
| Mayo | 1.4 | 21.3 | 71 | 1.6 | 7.0 | 16.4 | 3.07 |
| Junio | -0.5 | 21.3 | 70 | 1.6 | 7.5 | 16.1 | 2.91 |
| Julio | -1.0 | 21.4 | 70 | 1.8 | 7.8 | 16.9 | 3.06 |
| Agosto | 0.5 | 22.3 | 66 | 2.2 | 7.8 | 18.5 | 3.62 |
| Septiembre | 3.4 | 22.4 | 67 | 2.6 | 6.7 | 18.9 | 3.92 |
| Octubre | 5.3 | 22.1 | 67 | 2.5 | 5.7 | 18.7 | 3.94 |
| Noviembre | 6.5 | 22.7 | 66 | 2.1 | 5.2 | 18.2 | 3.94 |
| Diciembre | 7.2 | 20.8 | 71 | 1.6 | 3.2 | 15.2 | 3.24 |
| **Promedio** | **4.1** | **21.5** | **70** | **1.9** | **5.7** | **16.9** | **3.38** |

**Tabla 11**. Resultados de la evapotranspiración de referencia mm/día

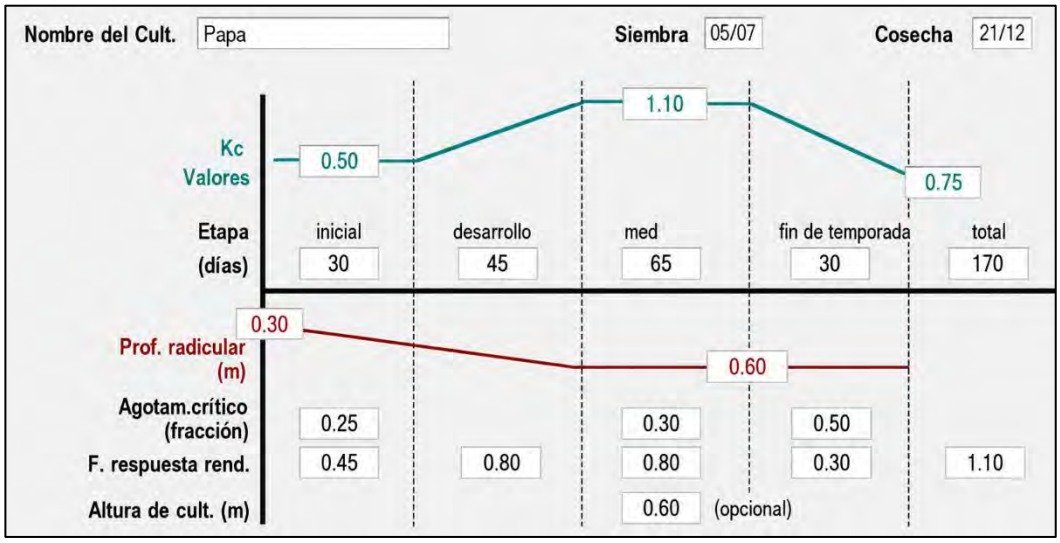
| PARAMETRO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ETo | 3.23 | 3.13 | 3.25 | 3.20 | 3.07 | 2.91 | 3.06 | 3.62 | 3.92 | 3.94 | 3.94 | 3.24 |

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2. Coeficiente del cultivo (kc)

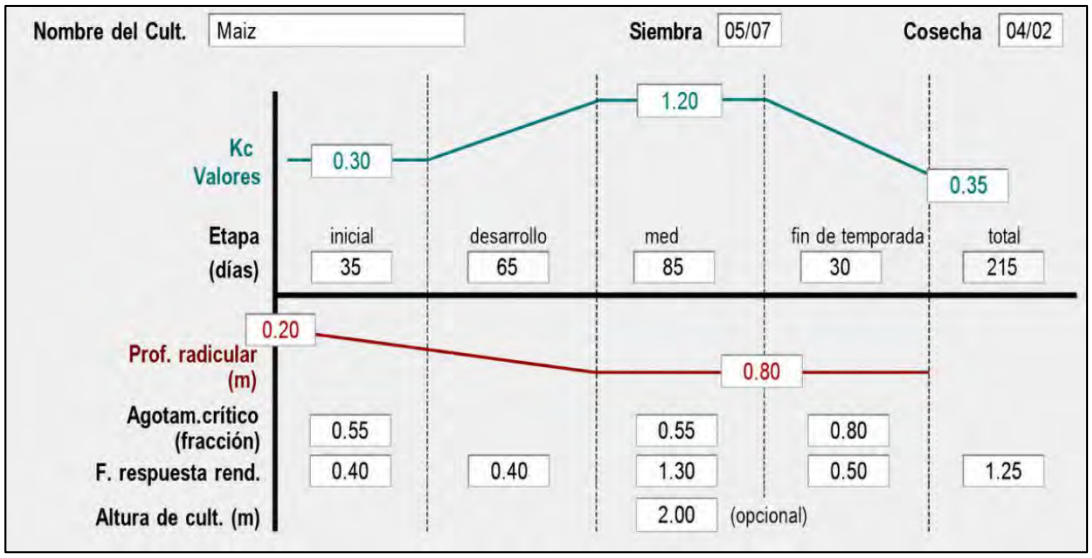
Se realizó el cálculo del coeficiente del cultivo en la zona de estudio según a la cedula de cultivo de los más representativos en función al boletín FAO 56.

**Figura 28**. Coeficiente de cultivo de papa




**Fuente:** Elaboración propia.

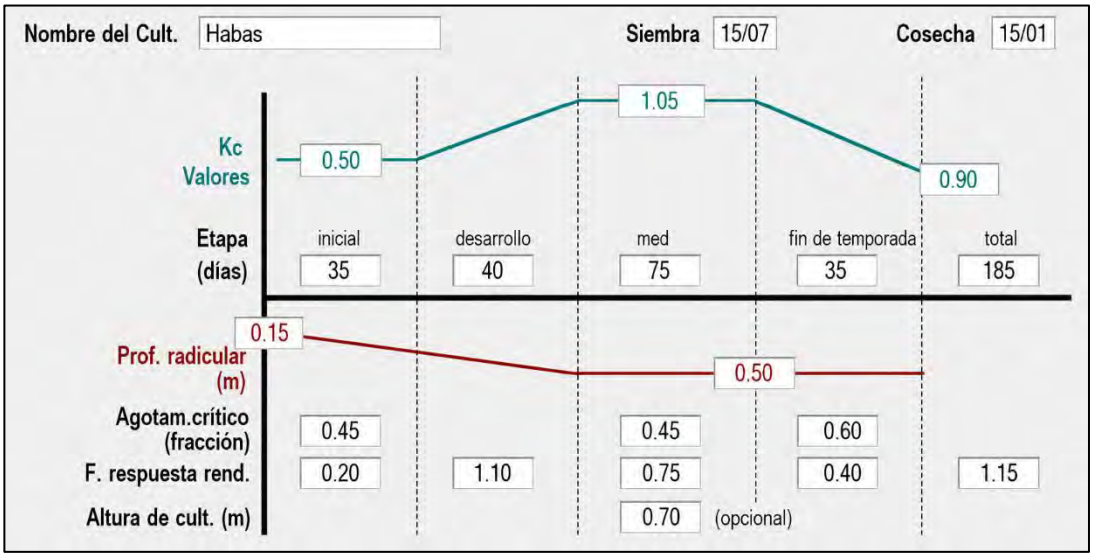
**Figura 29**. Coeficiente de cultivo de maíz




**Fuente:** Elaboración propia.

Se realizo la selección de los cultivos más representativos del área de estudio, con la finalidad de evitar una reducción del coeficiente de cultivo ponderado (Kc ponderado).

**Figura 30**. Coeficiente de cultivo de habas




**Fuente:** Elaboración propia.

Las figuras muestran gráficos correspondientes a las fases fenológicas de los cultivos de papa, maíz, habas y cereales más representativos del Centro agronómico k'ayra, para los cuales se utilizó la plantilla del CROPWAT, considerandos los diferentes valores de kc durante el ciclo vegetativo. estos parámetros permiten estimar los requerimientos de agua de cada cultivo y establecer una programación de riego.

**Tabla 12.** Resultados del coeficiente de cultivo ponderado

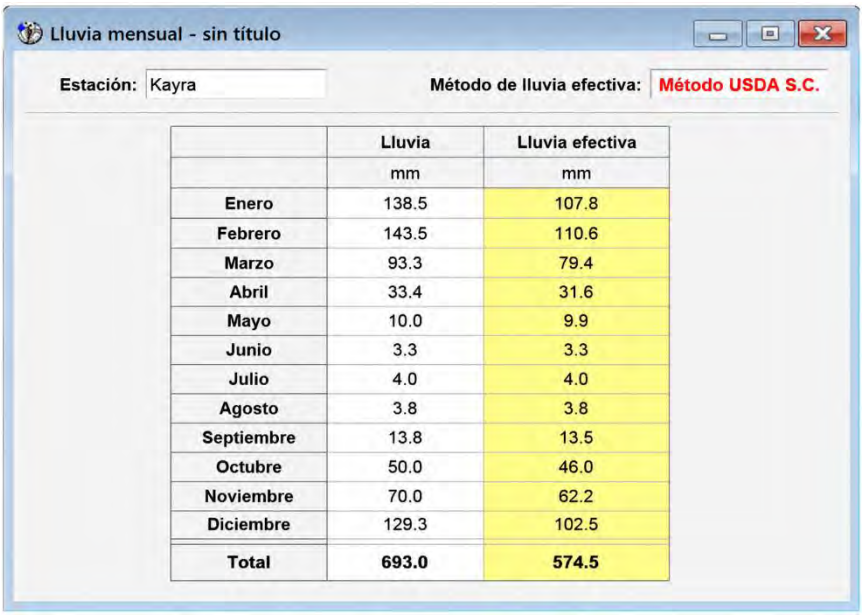
| CEDULA DE CULTIVOS | | | MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| *PAPA* | *ha* | *22.26* | | | | | | | 22.26 | 22.26 | 22.26 | 22.26 | 22.26 | 22.26 |
| | *Kc* | | | | | | | | 0.50 | 0.72 | 0.93 | 1.15 | 0.95 | 0.75 |
| *MAIZ* | *ha* | *15.60* | 15.60 | 15.60 | | | | | | 15.60 | 15.60 | 15.60 | 15.60 | 15.60 |
| | *Kc* | | 0.63 | 0.35 | | | | | | 0.30 | 0.60 | 0.90 | 1.20 | 0.92 |
| *Habas y cultivos menores* | *ha* | *5.20* | 5.20 | 5.20 | | | | | 5.20 | 5.20 | 5.20 | 5.20 | 5.20 | 5.20 |
| | *Kc* | | 0.94 | 0.90 | | | | | 0.50 | 0.68 | 0.87 | 1.05 | 1.01 | 0.98 |
| *Pastos Asociados* | *ha* | *2.00* | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| | *Kc* | | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.75 | 0.70 |
| *CEREALES* | *ha* | *3.20* | 3.20 | 3.20 | 3.20 | | | | | | 3.20 | 3.20 | 3.20 | 3.20 |
| | *Kc* | | 0.87 | 0.58 | 0.30 | | | | | | 0.30 | 0.58 | 0.87 | 1.15 |
| *Área Total (ha)* | | *48.26* | ***26.00*** | ***26.00*** | ***5.20*** | ***2.00*** | ***2.00*** | ***2.00*** | ***29.46*** | ***45.06*** | ***48.26*** | ***48.26*** | ***48.26*** | ***48.26*** |
| *Kc* | | | ***0.73*** | ***0.52*** | ***0.45*** | ***0.70*** | ***0.70*** | ***0.75*** | ***0.52*** | ***0.57*** | ***0.77*** | ***1.01*** | ***1.02*** | ***0.85*** |

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3. Precipitación efectiva (Pe)

El cálculo de la precipitación efectiva se realizó por el método USDA Soil Conservation Service, permitiendo cuantificar la cantidad de agua de lluvia que puede ser aprovechada por los cultivos. No toda la precipitación es útil, ya que una parte se pierde debido a la evaporación, la infiltración profunda y la escorrentía superficial.

**Figura 31.** Cálculo de la precipitación efectiva




| | Lluvia | Lluvia efectiva |
|---|---|---|
| | mm | mm |
| Enero | 138.5 | 107.8 |
| Febrero | 143.5 | 110.6 |
| Marzo | 93.3 | 79.4 |
| Abril | 33.4 | 31.6 |
| Mayo | 10.0 | 9.9 |
| Junio | 3.3 | 3.3 |
| Julio | 4.0 | 4.0 |
| Agosto | 3.8 | 3.8 |
| Septiembre | 13.8 | 13.5 |
| Octubre | 50.0 | 46.0 |
| Noviembre | 70.0 | 62.2 |
| Diciembre | 129.3 | 102.5 |
| **Total** | **693.0** | **574.5** |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 13.** Resultados de la precipitación efectiva mm/día

| PARAMETRO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pe (mm/mes)** | 107.80 | 110.60 | 79.40 | 31.60 | 9.90 | 3.30 | 4.00 | 3.80 | 13.50 | 46.00 | 62.20 | 102.50 |
| **(días/mes)** | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| **Pe (mm/día)** | **3.48** | **3.95** | **2.56** | **1.05** | **0.32** | **0.11** | **0.13** | **0.12** | **0.45** | **1.48** | **2.07** | **3.31** |

**Fuente:** Elaboración propia.

**4. Eficiencia de riego (Er)**

Una vez calculada la evapotranspiración de referencia, considerando datos climatológicos de la zona como son las temperaturas mínimas, temperaturas máximas, humedad relativa, velocidad del viento y horas sol. Se estimó la eficiencia de aplicación según la tabla N°05.

**Tabla 14.** Estimación de la eficiencia de aplicación (%)

| Tipo | Ea (%) |
|---|---|
| Riego por aspersión | 75 |

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.5.2. Parámetros de riego

**1. Jornada efectiva de riego (JER)**

Para el presente estudio, la determinación de la Jornada efectiva se ha realizado en función a las horas diarias de operación de la red de distribución. Considerando que el proyecto está situado en una zona de sierra y no siendo automatizada, se determinó una jornada efectiva de riego de 12 horas en el día.

**Tabla 15.** Estimación de la jornada efectiva de riego

| Tipo | JER (Hr) |
|---|---|
| Riego por aspersión | 12 |

**Fuente:** Administrador de k'ayra.

**2. Módulo de riego**

El módulo de riego fue obtenido mediante el cálculo basado en los valores de la evapotranspiración de referencia, el coeficiente del cultivo, la precipitación efectiva y la eficiencia de riego.

Lo que nos permitió obtener la cantidad de agua asignada para una superficie de una hectárea en 24 horas.

$$Mr = \frac{10 * (Eto * Kc - Pefec) * 1/Er}{86.4} * s$$

$$Mr = \frac{10 * (3.92 * 0.95 - 0.45) * 1/0.75}{86.4} * 1$$

$$Mr = 0.505\ l/s/ha$$

**3. Rendimiento de la red**

La operación de la red se determinó en función a la jornada efectiva de riego diario, por lo que el rendimiento de la red no estará sujeta a la operación de las 24 horas. En consecuencia, se procedió a realizar el cálculo correspondiente.

$$r = \frac{JER}{24}$$

$$r = \frac{12}{24} = 0.5$$

**4. Necesidades de riego**

Las necesidades de riego brutas representan el agua requerida por el cultivo, expresado en el cambio de unidades de caudal l/s/ha a mm/día, para compensar las pérdidas de agua que se genera como parte del periodo vegetativo. Para su determinación se hizo uso del resultado del módulo de riego y empleando el factor de perdida de agua en una superficie de una hectárea (0.116).

$$Nrb = \frac{Mr}{0.116}$$

$$Nrb = 4.36\ mm/día$$

**5. Caudal ficticio continuo**

El cálculo de este parámetro que representa la cantidad de agua requerida en una parcela de una hectárea, el cual debe de ser suministrado en la red de forma continua e ininterrumpida para cubrir las necesidades hídricas del cultivo. Para lo cual, se considera el rendimiento de la red como factor clave.

$$Qfc = \frac{Mr}{r}$$

$$Qfc = \frac{0.51}{0.50} = 1.01\ l/s/ha$$

### 6. Intervalo de riego

El intervalo de riego, que representa el máximo número de días entre riegos, llamado también frecuencia de riego, se desarrolló en 6 días para el presente estudio. Esta determinación se realizó por tratarse de una red de distribución colectiva por aspersión y en consulta con los operadores de la red. De tal modo que en el día siete de la semana pueda desarrollarse los mantenimientos, sin perjudicar en el abastecimiento normal.

### 7. Tiempo de riego

El tiempo de riego propuesto en este proyecto fue de 4.0 horas, según Información extraída del expediente técnico. Para lo cual, en la presente metodología el cálculo se realizó considerando las horas disponibles para el riego, en el que se considera la jornada efectiva de riego de 12 horas, aun cuando haya sido establecido en 24 horas.

**Tabla 16.** Distribución del tiempo de riego en función de una JER

| Id | Número de sectores | Tr (Hr) | JER (Hr) |
|---|---|---|---|
| 01 | 3 | 4.00 | 12:00 |
| 02 | 2 | 6.00 | 12:00 |
| 03 | 4 | 3.00 | 12:00 |

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de la Tabla 16, se puede interpretar que, si la JER es de 12 horas, existen diferentes alternativas de distribución del tiempo considerando las Sub unidades: Un tiempo de riego de 4 horas con 3 sectores, 6 horas con 2 sectores o 3 horas con 4 sectores. Bajo este contexto, se estableció un tiempo de riego de 6 horas con 2 Sub unidades por día. teniendo descritas estas variables se determinó la dotación en l/s/ha.

### 8. Dosis de riego

Con base a las necesidades brutas de riego y el intervalo de riego, se calculó la dosis de riego en mm. Lo que se expresa con esto es cuanto volumen de agua debe aplicarse en 6 horas de riego para volver a regar cada 6 días.

$$Dr = Nrb * Ir$$

$$Dr = 4.36\ mm/día\ * 6\ día = 26.13\ mm$$

### 9. Pluviometría media del sistema

Luego de haber calculado la dosis de riego, se procedió a calcular la pluviometría media del sistema.

$$Pms = \frac{Dr}{Tr}$$

$$Pms = \frac{26.13\ mm}{6\ hr} = 4.36\ mm/hr$$

### 10. Dotación

La dotación es la cantidad de volumen de agua que debe ingresar a la parcela durante un tiempo de riego y un intervalo de riego. Esta dotación fue calculada en base a los parámetros obtenidos, por lo que estos valores serán considerados para la evaluación del proyecto en estudio.

$$Dot = 2.778\frac{Pms}{Ns} * S$$

$$Dot = 2.778\frac{6.53}{3} * 1 = 6.05\ l/s/ha$$

## 5.6. Modelación y calibración de la red

### 5.6.1. Construcción del modelo de la red

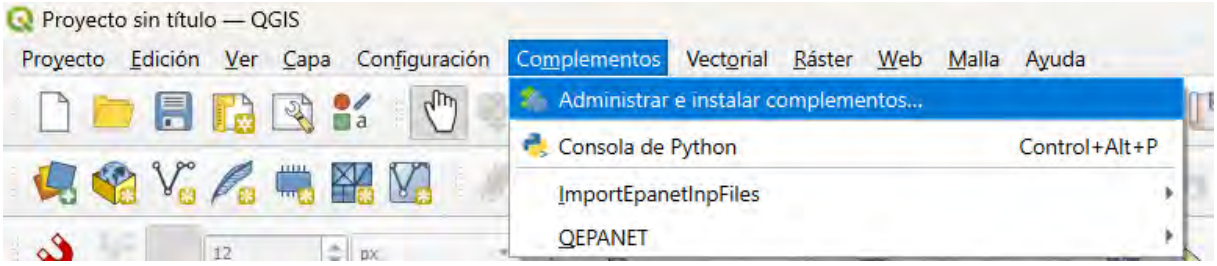
En esta sección se describen los distintos pasos involucrados en la construcción del modelo matemático de la red de distribución de agua para riego de los sectores de “Chuspiyoc y Limeña” utilizando el software QGIS y su extensión (plugin) QGISRed desarrollado por iniciativa del Grupo de “Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión” (REDHISP) del “Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente” (IIAMA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España.

1. **Instalación de QGISRed**

La instalación del Plugin QGISRed exige la instalación de ciertas dependencias. Estas dependencias operan en el sistema operativo Windows y necesitan la instalación de la versión 4.5.Net Framework. Para instalar el plugin desde el repositorio oficial de QGIS, fue necesario cumplir con los pasos siguientes:

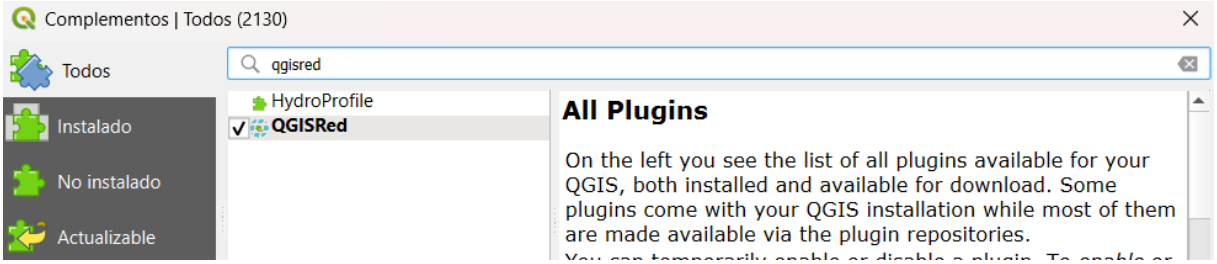
Acceder al menú Complementos → Administrar e Instalar complemento.

**Figura 32.** Captura de pantalla del menú de complementos




Elegir la pestaña "Todos", y en el buscador ingresar QGISRed, finalmente, hacer clic en el botón de instalación situado en la esquina inferior derecha (“Instalar Plugin”).

**Figura 33.** Captura de pantalla de Instalación de plugin QGISRed



Una vez instalado se aprecia un mensaje indicando que “el complemento se instaló correctamente”, cerrar la ventana al finalizar dicho proceso.

Surgirá una nueva barra de botones y un nuevo componente en el menú principal, denominado “QGISRed”, clasificado en siete categorías, cada una con un grupo de herramientas de edición y configuración del proyecto.

**Figura 34**. Captura de pantalla de herramientas del QGISRed

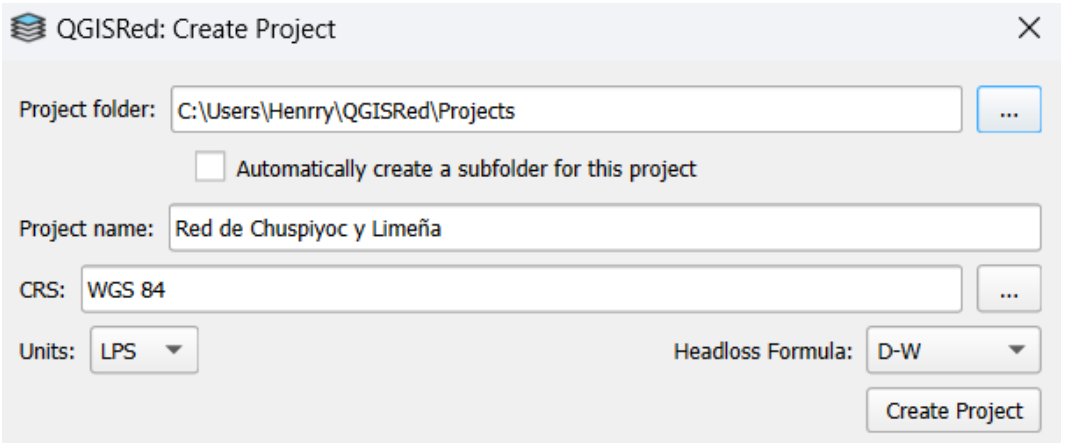



Una vez instalado, al utilizar cualquier herramienta del plugin, surgirá un mensaje que señala la necesidad de instalar las dependencias de QGISRed que se menciona previamente. Al hacer clic en el botón "Sí" se descargarán e instalarán las dependencias requeridas para el correcto funcionamiento del plugin.

2. **Creación y configuración del proyecto.**

Se creó un nuevo proyecto seleccionando “Créate Project”, para el presente estudio denominándolo “Red de Chuspiyoc y Limeña”.

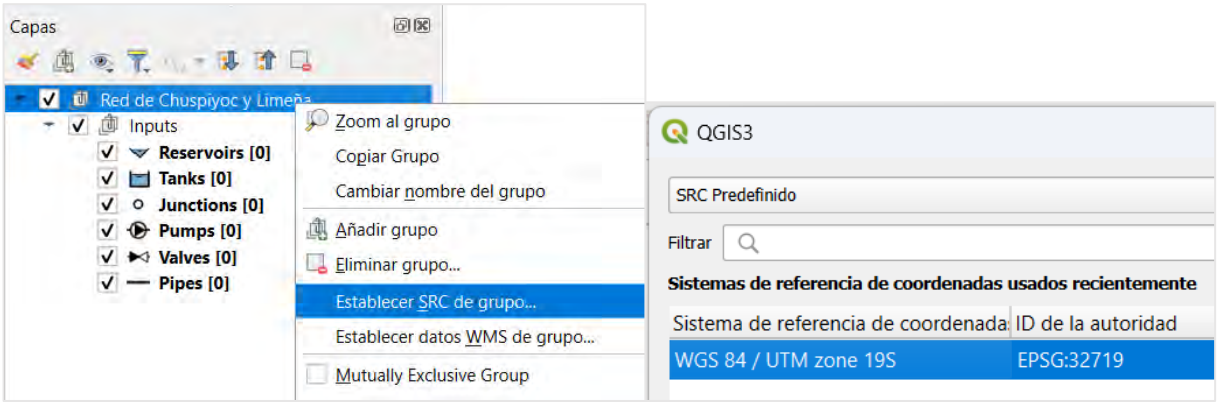
**Figura 35**. Creación de un nuevo proyecto



En la ventana se eligió LPS (litros por segundo), y la respectiva configuración de la fórmula de perdida de carga de Darcy-Weisbach (D-W), con la que se desarrolló la modelación hidráulica.

En la sección de capas se seleccionó “SCR de grupos” donde se hizo la selección del sistema de referencia para que el proyecto esté georreferenciado.

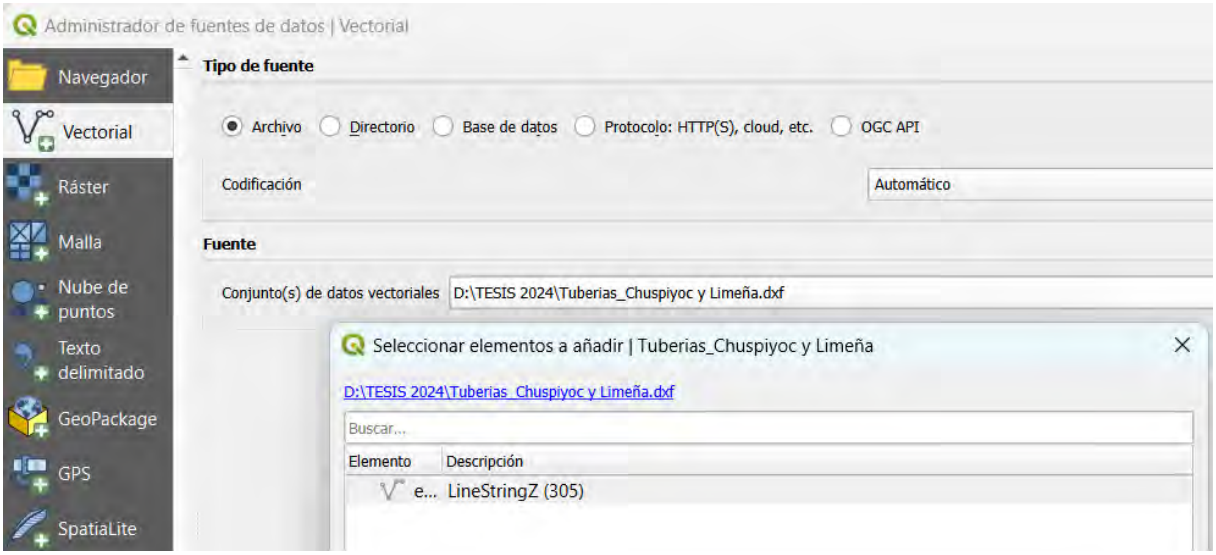
**Figura 36.** Georreferenciación de coordenadas del proyecto




### 3. Ubicación de componentes y trazado de la Red

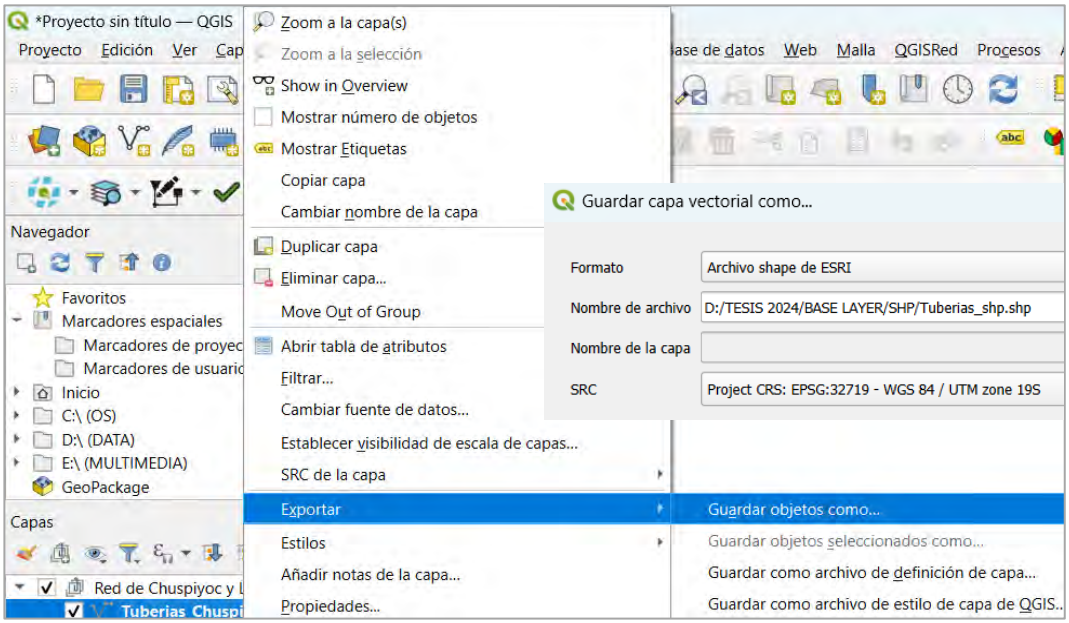
Se importó el archivo “dxf” correspondiente a las redes de riego de Chuspiyoc y Limeña utilizando el botón "Abrir Administrador de Fuente de Datos → Vectorial". A continuación, se seleccionó el archivo que contiene las tuberías extraídas previamente de Civil 3D en formato “dxf” y damos en la opción de añadir capas.

**Figura 37**. importación de tuberías



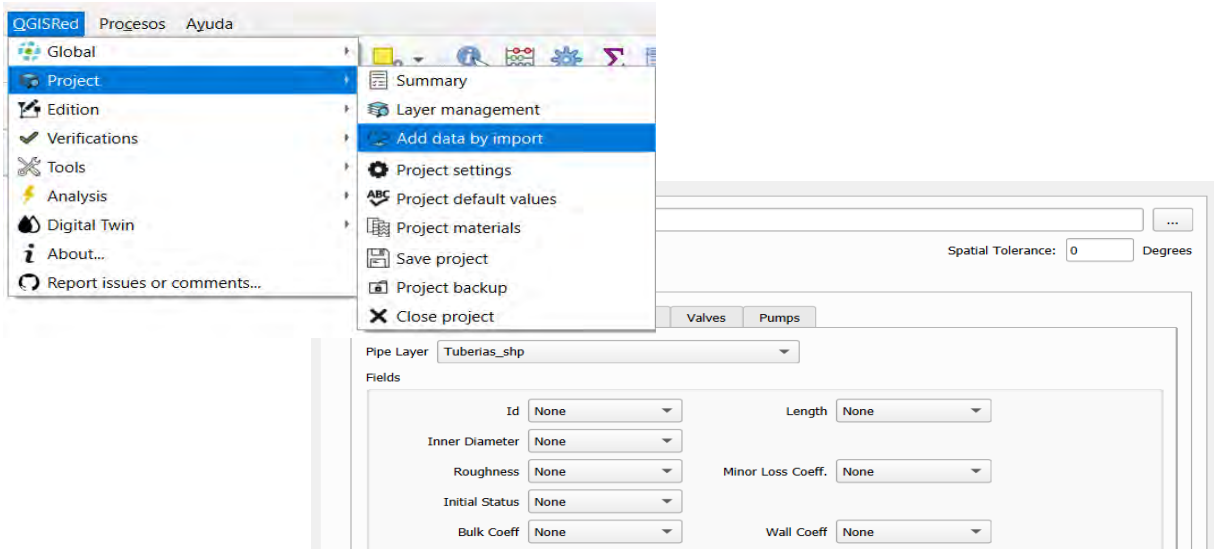
Una vez importado el archivo en formato “dxf”, se procedió a exportar las tuberías al formato “shape de ESRI”. Seguidamente se seleccionó “Guardar objetos”, donde se eligió la carpeta en el que fue guardado con sus respectivas coordenadas WGS 84 UTM zona 19S.

**Figura 38**. Conversión del formato de tuberías “dxf” a “shp”




Para la asignación de nodos y líneas se importó el archivo “shp” que anteriormente se guardó con el nombre de “Tuberías_shp”, siguiendo la secuencia de botones: QGISRed → Project → “Add data by import” y finalizando con “Import from shp”.

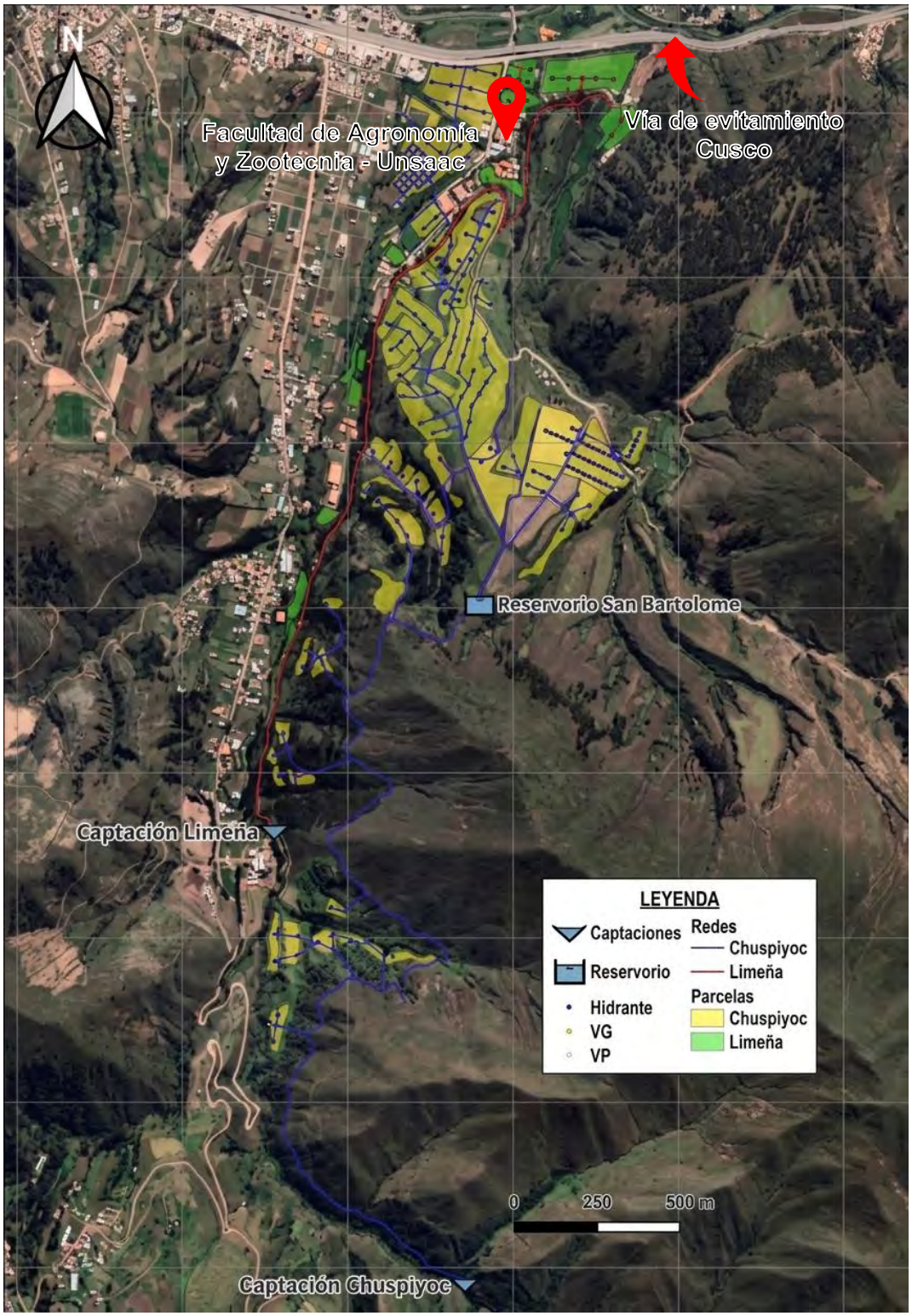
**Figura 39**. Asignación de tuberías y nodos



## 4. Planimetría.

Al concluir la asignación de nodos y tuberías. Se procedió a ubicar cada uno de los componentes de la red de distribución y trazar el recorrido de las tuberías.

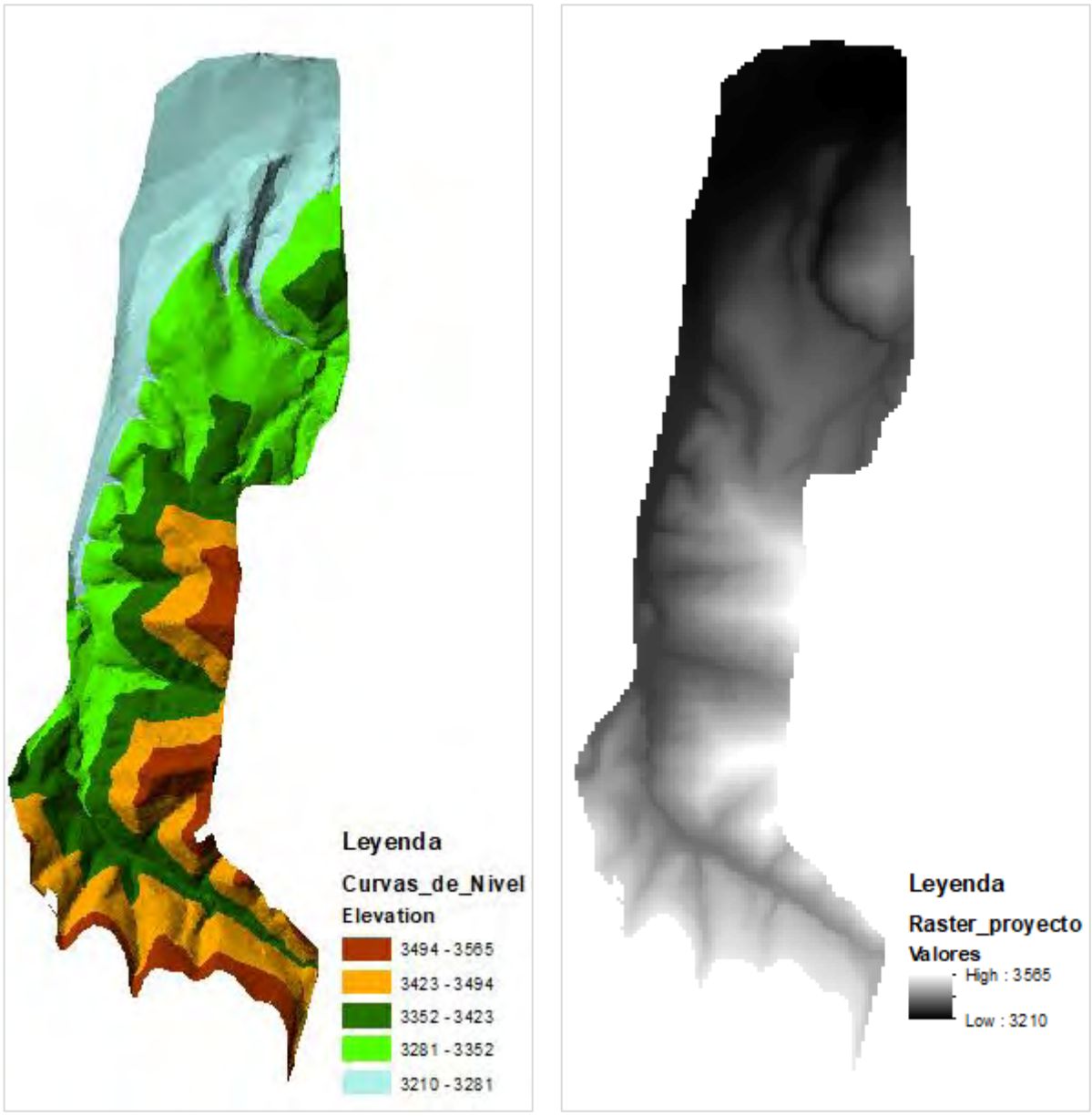
**Figura 40.** Planimetría de las redes de distribución de agua para riego




**Fuente:** Elaboración propia.

Las cotas de los nodos creados se asignaron según la topografía levantada. Para ello, las curvas de nivel generados en AutoCAD Civil 3d se exportaron en formato LandXML, lo que permitió su importación en Qgis y su posterior procesamiento en un archivo ráster para generar el “modelo de elevación digital”

**Figura 41**. Modelo de elevación digital del terreno en estudio

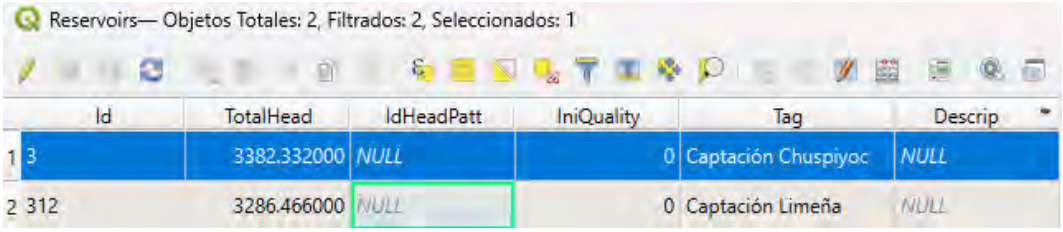



**Fuente:** Elaboración propia.

### 5. Incorporación de datos – Entering data

En el presente estudio, las captaciones (bocatoma) se representaron mediante el uso del elemento "Reservoir", el cual simula un suministro de caudal infinito a la red.

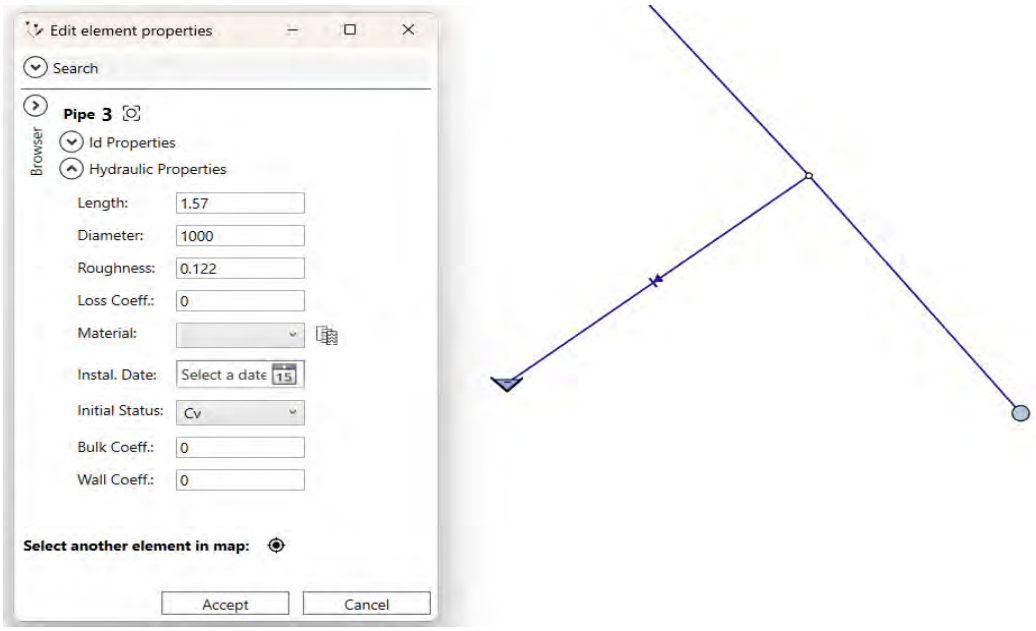
**Figura 42.** Tabla de atributos de las captaciones (bocatoma)




| | Id | TotalHead | IdHeadPatt | IniQuality | Tag | Descrip |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 3382.332000 | NULL | 0 | Captación Chuspiyoc | NULL |
| 2 | 312 | 3286.466000 | NULL | 0 | Captación Limeña | NULL |

En la Figura 42 se presenta la tabla de atributos, en la cual se detalla dos captaciones (bocatoma) instaladas en las redes de Chuspiyoc a una elevación 3382.332 m. y otra en la red de Limeña con una elevación de 3286.466 m.

**Figura 43.** Asignación de la captación (bocatoma)




El elemento **"Tank"** que, para el presente estudio se comporta como la estructura de reservorio de agua; fueron incorporados los parámetros mostrados en la captura de pantalla.

**Figura 44**. Tabla de atributos del reservorio



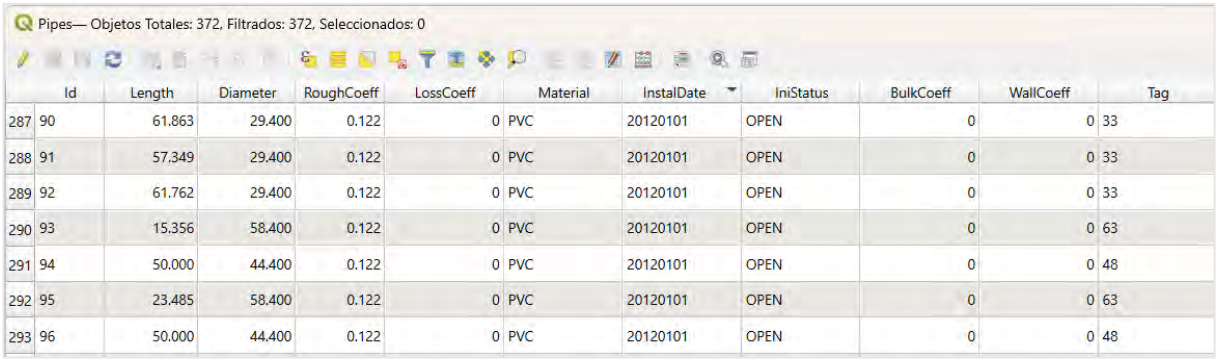

| | Id | Elevation | IniLevel | MinLevel | MaxLevel | Diameter | MinVolume | IdVolCurve | Overflow |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15 | 3366.541000 | 2.000000 | 0.15 | 2.000000 | 31.470000 | 0 | NULL | TRUE |

El reservorio se encuentra a una elevación de 3366.541 m. y su elevación máxima alcanza 3368.54.00 m.

Para la incorporación de datos en las **tuberías** se seleccionó la pestaña “Pipe”, y se registraron los datos en la tabla de atributos, como: longitud, diámetros, material, clase de tubería y fecha de instalación.

Para el caso de la columna “InstalDate”, esta corresponde a la fecha en que las tuberías fueron instaladas en campo. Para lo cual, se utilizó el formato de entrada “yyyymmdd”, donde ‘yyyy’ corresponde a los cuatro dígitos del año, “mm”, el número del mes con dos cifras y “dd” el día (20120101, para el 01 de enero del 2012)

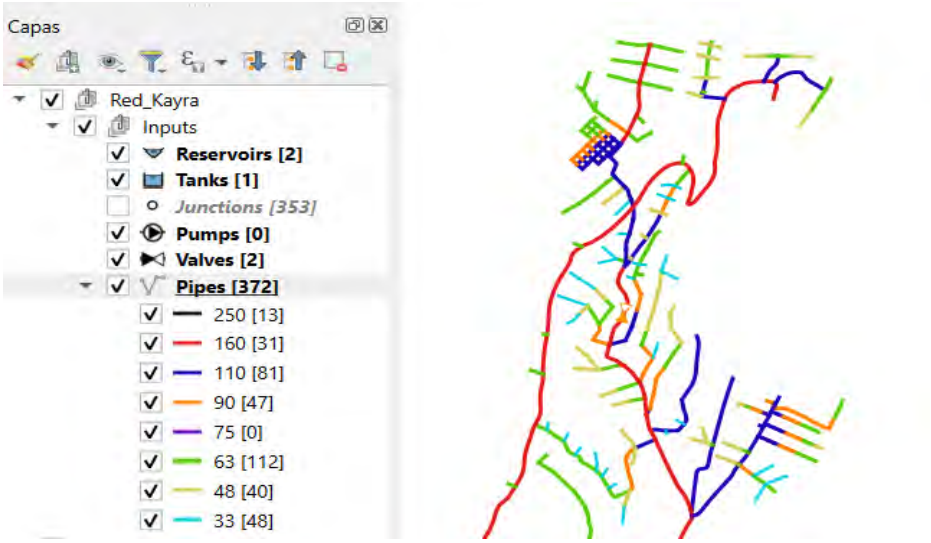
**Figura 45**. Tabla de atributos de tubería


Pipes— Objetos Totales: 372, Filtrados: 372, Seleccionados: 0

| | Id | Length | Diameter | RoughCoeff | LossCoeff | Material | InstalDate | IniStatus | BulkCoeff | WallCoeff | Tag |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 287 | 90 | 61.863 | 29.400 | 0.122 | 0 | PVC | 20120101 | OPEN | 0 | 0 | 33 |
| 288 | 91 | 57.349 | 29.400 | 0.122 | 0 | PVC | 20120101 | OPEN | 0 | 0 | 33 |
| 289 | 92 | 61.762 | 29.400 | 0.122 | 0 | PVC | 20120101 | OPEN | 0 | 0 | 33 |
| 290 | 93 | 15.356 | 58.400 | 0.122 | 0 | PVC | 20120101 | OPEN | 0 | 0 | 63 |
| 291 | 94 | 50.000 | 44.400 | 0.122 | 0 | PVC | 20120101 | OPEN | 0 | 0 | 48 |
| 292 | 95 | 23.485 | 58.400 | 0.122 | 0 | PVC | 20120101 | OPEN | 0 | 0 | 63 |
| 293 | 96 | 50.000 | 44.400 | 0.122 | 0 | PVC | 20120101 | OPEN | 0 | 0 | 48 |

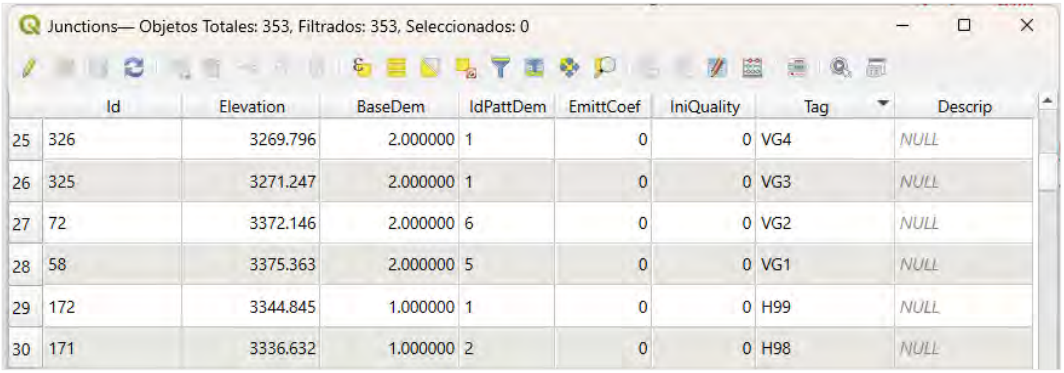
Una vez completada la asignación de la tabla de atributos, se procedió a crear los estilos de tuberías, considerando que las redes de distribución están compuestas por tuberías de diferentes diámetros que, para una mejor visualización, se representó con colores distintivos como se muestra en la Figura 46.

**Figura 46**. Creación de estilos de tubería



Para los nodos e **hidrantes** se seleccionó el elemento “Junction”, donde se ingresaron las cotas, demanda base, patrones de demanda y el nombre correspondiente.

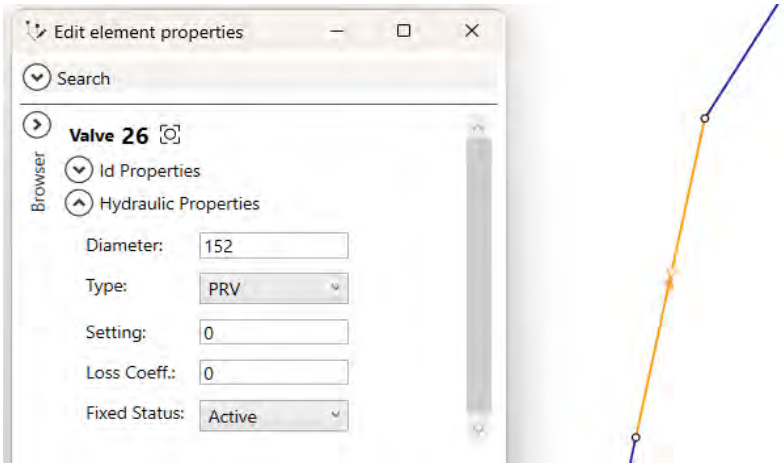
**Figura 47**. Tabla de atributos de nodos




| | Id | Elevation | BaseDem | IdPattDem | EmittCoef | IniQuality | Tag | Descrip |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 326 | 3269.796 | 2.000000 | 1 | 0 | 0 | VG4 | NULL |
| 26 | 325 | 3271.247 | 2.000000 | 1 | 0 | 0 | VG3 | NULL |
| 27 | 72 | 3372.146 | 2.000000 | 6 | 0 | 0 | VG2 | NULL |
| 28 | 58 | 3375.363 | 2.000000 | 5 | 0 | 0 | VG1 | NULL |
| 29 | 172 | 3344.845 | 1.000000 | 1 | 0 | 0 | H99 | NULL |
| 30 | 171 | 3336.632 | 1.000000 | 2 | 0 | 0 | H98 | NULL |

La cámara rompe presión que se tiene en la red de Chuspiyoc, fue remplazada por una válvula en la tubería siguiendo la secuencia de: QGISRed → Edición → “Insertar válvula en tubería”.

**Figura 48.** Representación de la cámara rompe presión

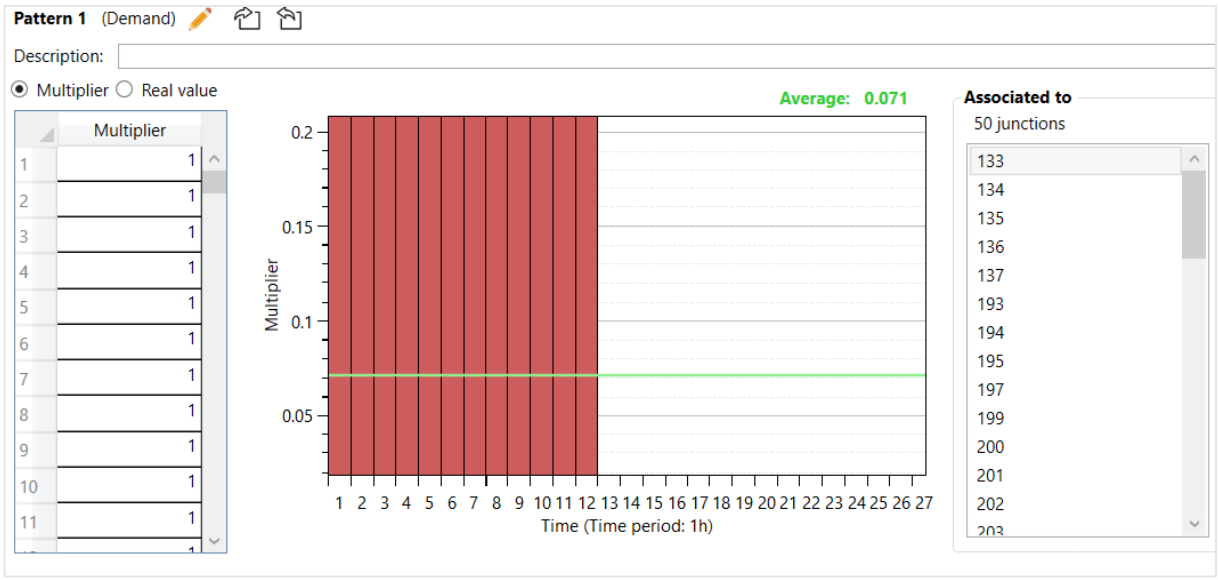



En la configuración de la consigna se seleccionó “Edición de propiedades del elemento”, en el que se apertura la ventana mostrada en la Figura 48. En el programa de QGISRed, la Cámara Rompe Presión fue representada mediante una Válvula Reguladora de Presión (PRV) con estado Activo (Active).

### 6. Asignación de patrones de variación de la demanda

En el menú desplegable de QGISRed se seleccionó “edición” y a continuación en “edición de patrones y curvas” donde se procedió a crear los patrones hidráulicos.

**Figura 49**. Creación de patrones hidráulicos




La Tabla 17 presenta los patrones de variación de la demanda organizada en seis turnos diarios de 12 horas cada uno. En cada turno se mantiene un factor constante igual a 1 para las demandas activas y un factor de 0 para las horas con demandas inactivas. Durante el primer turno de (00:00–11:00 h) la demanda se mantiene activa con un factor igual a 1, mientras que en el segundo turno (12:00–23:00 h) la demanda se considera nula representado con un factor de 0. Este comportamiento se repite sucesivamente en los siguientes turnos, permitiendo modelar un patrón periódico de actividad y reposo en la demanda.

**Tabla 17.** Patrones de variación de la demanda

| Tiempo (h) | Turno | Factor | Tiempo (h) | Turno | Factor | Tiempo (h) | Turno | Factor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00:00:00 | 1 | 1 | 48:00:00 | 3 | 1 | 96:00:00 | 5 | 1 |
| . | 1 | 1 | . | 3 | 1 | . | 5 | 1 |
| 11:00:00 | 1 | 1 | 59:00:00 | 3 | 1 | 107:00:00 | 5 | 1 |
| 12:00:00 | 0 | 0 | 60:00:00 | 0 | 0 | 108:00:00 | 0 | 0 |
| . | 0 | 0 | . | 0 | 0 | . | 0 | 0 |
| 23:00:00 | 0 | 0 | 71:00:00 | 0 | 0 | 119:00:00 | 0 | 0 |
| 24:00:00 | 2 | 1 | 72:00:00 | 4 | 1 | 120:00:00 | 6 | 1 |
| . | 2 | 1 | . | 4 | 1 | . | 6 | 1 |
| 35:00:00 | 2 | 1 | 83:00:00 | 4 | 1 | 131:00:00 | 6 | 1 |
| 36:00:00 | 0 | 0 | 84:00:00 | 0 | 0 | 132:00:00 | 0 | 0 |
| . | 0 | 0 | . | 0 | 0 | . | 0 | 0 |
| 47:00:00 | 0 | 0 | 95:00:00 | 0 | 0 | 143:00:00 | 0 | 0 |

**Fuente**: Elaboración propia

### 5.6.2. Calibración del modelo de la red

**Parámetros calibrados**

Las calibraciones se realizaron utilizando el software Epanet y el plugin QGISRed, empleado para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías. Para este proyecto se adoptó la fórmula de Darcy-Weisbach (D-W), utilizada principalmente para flujos laminares y turbulentos. De acuerdo al manual de usuario de QGISRed se dispone de una tabla de factores de multiplicidad en función del material y los años transcurridos desde la fecha de la instalación de las tuberías, donde dicho factor representa un incremento (mm/año). Considerando la antigüedad de las tuberías instaladas en el año 2012. Los valores se definieron de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 18.** Rugosidad inicial e incremento anual en tuberías

| Abreviatura | Descripción | Rugosidad inicial (mm) | Incremento anual (mm) |
|---|---|---|---|
| GI | Hierro galvanizado | 0.1 | 0.03 |
| HDPE | Polietileno de alta densidad | 0.1 | 0.01 |
| PE | Polietileno | 0.002 | 0.01 |
| PVC | Cloruro de polivinilo | 0.002 | 0.01 |
| PVC-0 | PVC orientado | 0.02 | 0.01 |
| PVC-UNP | PVC no plastificado | 0.02 | 0.01 |
| ST | Acero | 0.03 | 0.02 |

**Fuente:** Manual de usuario QGISRed (2022)

1. **Procesamiento de presiones y caudales**

Los datos de caudal y presión fueron usados directamente para la calibración a nivel de hidrantes tomando en consideración los criterios para la calibración:

**Tabla 19**. Criterios de calibración

| Uso del modelo | Nivel de detalle | Tipo de simulación | Medidas de presión | Exactitud de presión | Medidas de caudal | Exactitud de caudal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Planificación | Bajo | Escenarios / Dinámica | 10% de los nudos | ± 3,5 mca para el 100% de medidas | 1% de tuberías | ± 10% |
| Diseño | Medio - Alto | Escenarios / Dinámica | 2% a 5% de los nudos | ± 1,4 mca para el | 3% de tuberías | ± 5% |

| Uso del modelo | Nivel de detalle | Tipo de simulación | Medidas de presión | Exactitud de presión | Medidas de caudal | Exactitud de caudal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operación de la red | Bajo - Alto | Escenarios / Dinámica | 2% a 10% de nudos | 90% de medidas<br>± 1,4 mca para el 90% de medidas | 2% de tuberías | ± 5% |

**Fuente:** American Water Works Association (s.f.)

Con QGISRed se simularon las demandas en los hidrantes obteniendo la presión simulada (P_simulada), la cual se comparó con la presión medida en campo (P_medida).

La presión simulada y la presión medida, ambas deberían representar la misma presión, sin embargo, existen diferencias entre ambas. El propósito de la calibración es reducir esta diferencia, para obtener un modelo calibrado, ajustado y que el modelo construido pueda representar las condiciones reales de operación.

La validación del criterio se estima al correlacionar la medición simulada con el criterio de mediciones en campo ya que miden una misma dimensión.

## 2. Procedimiento de calibración

Para la utilización de los datos medidos en campo fueron introducidos en un fichero tipo texto, conocido como fichero de calibración, que incluyen las cantidades de los datos tomados en un determinado tiempo y en diferentes localizaciones de la red de distribución de agua para riego.

**Tabla 20.** Formato de fichero de calibración

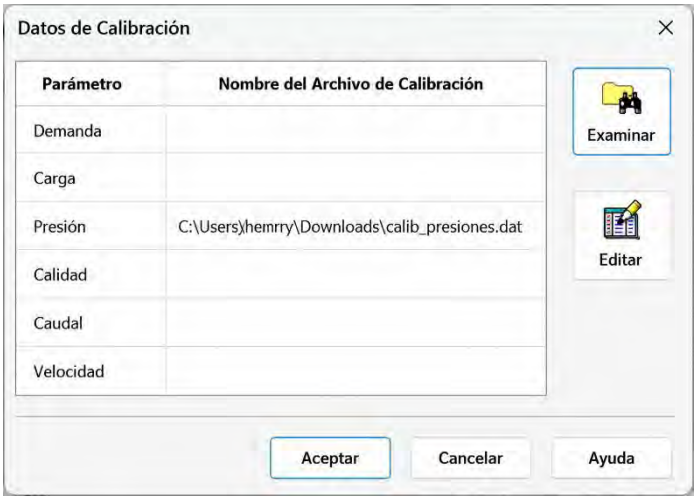
| Medidas de presión | | | |
|---|---|---|---|
| **Id** | **localización** | **Tiempo (Hr)** | **Valor medido (mca)** |
| 01 | H1 | 12:00 | 62.00 |
| 02 | H2 | 12:00 | 58.00 |
| 03 | H3 | 12:00 | 60.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

Posteriormente, una vez registrado los datos medidos en campo, realizamos la importación del archivo “inp” que previamente se trabajó en QGISRed. Donde procedemos a realizar los siguientes pasos:

- Ejecutar el software Epanet, y acceder a la pestaña “proyecto”.
- En la ventana de dialogo, se seleccionó la opción de “datos de calibración”.
- Introducimos el fichero de calibración en el parámetro de estudio “presión”.
- Presionamos en “OK” para aceptar los nuevos parámetros.

**Figura 50.** Captura de pantalla de datos de calibración en Epanet




### 3. Prueba estadística paramétrica

Se utilizó la prueba estadística de correlación de Pearson para validar la calibración del modelo entre las dos variables: presión simulada (P_simulada) y presión medida en campo (P_medida).

**Tabla 21.** Interpretación de la correlación de Pearson

| Coeficiente r de Pearson | Nivel de correlación |
|---|---|
| −1.00 | Correlación negativa perfecta |
| −0.90 | Correlación negativa muy fuerte |
| −0.75 | Correlación negativa considerable |
| −0.50 | Correlación negativa media |
| −0.25 | Correlación negativa débil |
| −0.10 | Correlación negativa muy débil |
| 0.00 | No existe correlación alguna entre las variables |

| Coeficiente r de Pearson | Nivel de correlación |
|---|---|
| +0.10 | Correlación positiva muy débil |
| +0.25 | Correlación positiva débil |
| +0.50 | Correlación positiva media |
| +0.75 | Correlación positiva considerable |
| +0.90 | Correlación positiva muy fuerte |
| +1.00 | Correlación positiva perfecta |

**Fuente:** (Hernández *et.al.* 2014, pág. 305)

De la Tabla 21, el signo indica la dirección de la correlación (positiva o negativa).

### 5.7. Simulación de escenarios

Se realizó la creación de tres escenarios de simulación hidráulica en periodo extendido para evaluar el desempeño en condiciones actuales, mayor demanda y propuesta de gestión optimizado de la red de distribución de agua para riego en los sectores de Chuspiyoc y Limeña. Estos escenarios permitirán evaluar diversas situaciones operativas, considerando diferentes demandas de caudal y configuraciones de los hidrantes, con el fin de identificar posibles deficiencias, optimizar el modelo y garantizar un funcionamiento eficiente.

**Escenario I:** Red de distribución de agua para riego en los Sectores de Chuspiyoc y Limeña bajo las Condiciones Actuales.

En este escenario, se realizó la simulación de la red de distribución de agua para riego en los sectores de Chuspiyoc y Limeña, considerando las condiciones actuales de operación. La modelación incluyó la simulación de la red con demandas específicas: un caudal de 1 l/s en los hidrantes operativos y 0 l/s en los hidrantes inoperativos.

**Escenario II:** Red de distribución de agua para riego en los sectores de Chuspiyoc y Limeña con 06 turnos de riego.

En este escenario, se realizó la simulación de la red de distribución de agua para riego en los sectores de Chuspiyoc y Limeña, considerando una demanda uniforme de 1 l/s en cada hidrante, asumiendo que todos los hidrantes están operativos

simultáneamente. Lo que permitirá evaluar el desempeño de la red bajo condiciones de máxima demanda.

**Escenario III:** Red de distribución de agua para riego en los sectores de Chuspiyoc y Limeña con 06 turnos de riego Optimizado.

En este escenario, se realizó la simulación de la red de distribución de agua para riego en los sectores de Chuspiyoc y Limeña, considerando una demanda por área, asumiendo que todos los hidrantes están operativos simultáneamente. Lo que permitirá evaluar el desempeño de la red bajo condiciones óptimos de propuesta, considerando parámetros técnicos como las presiones y las velocidades críticas.

# VI. RESULTADOS Y DISCUSION

## 6.1. Evaluación de estado actual

### 6.1.1. Tipo de red

Las redes de riego en evaluación presentan una configuración mixta, ya que se cuenta con áreas bajo riego por aspersión (presurizado) y áreas bajo riego por gravedad (superficial).

### 6.1.2. Área de estudio

Se determinó un área neta de 54.98 hectáreas. Siendo en Chuspiyoc la cobertura de 48.26 hectáreas, de las cuales 38.92 hectáreas están destinadas para riego por aspersión y 9.34 hectáreas al riego por gravedad. Por otra parte, en Limeña el área de cobertura es 6.72 hectáreas, con 4.81 hectáreas para riego por aspersión y 1.91 hectáreas para riego por gravedad.

**Tabla 22.** Áreas bajo riego

| Red | Aspersión | Gravedad | Total |
|---|---|---|---|
| Chuspiyoc | 38.92 ha | 9.34 ha | 48.26 ha |
| Limeña | 4.81 ha | 1.91 ha | 6.72 ha |

**Fuente:** Elaboración propia.

Aspecto que no coincide con los resultados de **Unsaac** (**2009**). Ya que, al ser puesto en funcionamiento los sistemas de riego se cubría un área de 55.74 hectáreas en Chuspiyoc, de las cuales 10.50 hectáreas destinadas a riego por gravedad y 45.24 hectáreas para riego por aspersión. Para el caso de Limeña se atendía demandas de un área de 6.59 hectáreas para riego por aspersión y 3.74 hectáreas por gravedad.

### 6.1.3. Red Chuspiyoc

#### 1. Bocatoma

La bocatoma de Chuspiyoc de tipo lateral se encuentra ubicada en el riachuelo Conchacalla – Huanacaure, tal como se indica en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Ubicación de bocatoma de la red de Chuspiyoc

| Id | Fuente de agua | Red | Coordenadas: UTM WGS84 - 19L | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Este (x) | Norte (y) | Cota (z) |
| 1 | Conchacalla - Huanacaure | Chuspiyoc | 188852.021 | 8495952.547 | 3382.33 |

**Fuente**: Elaboración propia

La bocatoma es de material de concreto, consta de un muro de encauzamiento lateral hacia la margen derecha, seguido de un canal de derivación en sección rectangular de 0.75 x 0.40 m con una longitud aproximada de 20 m, a continuación, una cámara de disipación y, continua el canal con 0.30 x 0.30 m hasta un sedimentador con dimensiones de 0.90 x 3.00 m, una transición de 1.00 m y una profundidad de 0.80 m.

**Figura 51.** Bocatoma de la red de riego Chuspiyoc



**Fuente**: Registro de campo

Además, cuenta con un vertedor de excedencias para regular el caudal de demanda. La poza de decantación del sedimentador está conectada a una cámara de carga, cuyas dimensiones exteriores son 1.10 m x 1.10 m x 0.85 m (largo, ancho y altura). La tubería de salida de la cámara de carga hacia la línea de conducción tiene un diámetro de 250 mm.

**Tabla 24.** Resultado del estado de bocatoma red de Chuspiyoc.

| N° | Estructura | Material | Estado | Ubicación | Observación |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bocatoma | Concreto | 2 | 1 | Requiere reparación en elementos de estructura, ubicación apropiada y estructura adecuada al sistema. |
| 2 | Sedimentador | Concreto | 2 | 1 | Requiere reparación en elementos de estructura, ubicación apropiada y estructura adecuada al sistema. |

**Fuente**: Elaboración propia

La Tabla 24 muestra que tanto la bocatoma como el sedimentador requieren reparaciones en sus elementos estructurales. Sin embargo, ambos componentes cuentan con una ubicación y configuración adecuadas para el funcionamiento de la red, por lo que las intervenciones necesarias son de carácter correctivo.

**Figura 52.** Sedimentador de la red de Chuspiyoc



**Fuente:** Registro de campo

**2. Tubería en la línea de conducción Chuspiyoc**

La línea de conducción se inicia en la bocatoma de Chuspiyoc y se extiende hasta el reservorio ubicado en la zona de San Bartolomé, con una longitud total de **3611.17 m.** La línea de conducción está instalada con una tubería PVC UF NTP ISO 1452 de 250

mm de diámetro, en su recorrido se encuentran obras especiales de infraestructura como muros de contención, pases aéreos, y válvulas de aire y control.

Las válvulas de control identificadas son compuertas tipo campana con diámetros de 250 mm y 110 mm, que se encuentran operativas. No obstante, sus cajas de concreto presentan un estado de conservación regular y ya no disponen de las tapas metálicas como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 53.** Válvula compuerta N°10 tipo campana de Ø 250 mm



**Fuente:** Registro de campo

**Tabla 25.** Resultado del estado de válvulas de gravedad red de Chuspiyoc

| N° | Válvula | Estado de Conservación | Tapa Metálica | Accesorio (llave) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | VG1 | 3 | No | Si |
| 2 | VG2 | 3 | No | Si |

**Nota**: “Si” y “No” hacen referencia únicamente a la identificación y posición inicial adecuada del elemento.

La Tabla 25 muestra que las válvulas de gravedad presentan un estado de conservación que requieren cambio de las estructuras para asegurar su adecuado funcionamiento.

### 3. Reservorio

La estructura de almacenamiento está ubicada en el sector de San Bartolomé, cuya localización se muestra en la Figura 54.

**Tabla 26.** Ubicación del reservorio de 1400 $m^3$

| Id | Ubicación | Red | Coordenadas: UTM WGS84 - 19L | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Este (x) | Norte (y) | Cota (z) |
| 1 | San Bartolomé | Chuspiyoc | 188905.960 | 8498030.007 | 3366.541 |

**Fuente**: Elaboración propia

La estructura de almacenamiento tiene una capacidad de 1,400 m³, con dimensiones de 25.62 m. de ancho, 30.35 m. de largo, y 2.14 m. de altura. Actualmente, requiere mantenimiento, ya que presenta pequeñas fisuras y acumulación de sedimentos. Estos resultados por una parte coinciden con lo mencionado en **Unsaac (2009)**, la cual señala que su construcción fue con una altura de 2.25 m. por lo que se entiende que su capacidad de almacenamiento se redujo en un 86.37 $m^3$ debido a la acumulación de sedimentos.

**Figura 54.** Reservorio de 1,400 m3 de San Bartolomé



**Fuente:** Registro de campo

A la salida de reservorio se aprecia una compuerta metálica tipo gusano con dificultosa operación a falta de mantenimiento de la misma.

**Tabla 27.** Resultado del estado actual del reservorio

| N° | Estructura | Material | Estado | Ubicación | Observación |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Reservorio | Concreto | 2 | 1 | Requiere reparación en elementos de estructura, ubicación apropiada y estructura adecuada al sistema. |
| 2 | Cámara de Carga | Concreto | 1 | 1 | Buen estado de conservación, ubicación apropiada y estructura adecuada al sistema. |

**Fuente**: Elaboración propia

Los resultados de la Tabla 27 muestra que la cámara de carga se encuentra en buen estado de conservación, mientras que el reservorio presenta deficiencias en alguno de sus elementos estructurales lo que implica la necesidad de reparaciones para garantizar su adecuada funcionalidad. En conjunto las estructuras mantienen una ubicación apropiada sin casos críticos que demanden reemplazo o construcción nueva.

**4. Tubería en línea de distribución Chuspiyoc**

Las líneas de distribución se extienden a través de los sectores de Lucrehuaycco, San Bartolomé, Intipata, Chacayoc, Chiriunuyoc y Atoqtoqlla, llegando hasta la parte baja de los campos experimentales de las parcelas “C1” del Centro Agronómico K’ayra. Las líneas de distribución están instaladas con tubería de PVC UF NTP ISO 1452, con diámetros y clases que varían desde 33 mm (1”) y 160 mm (6").

Así mismo, se identificaron zonas con puntos de criticidad en las redes de distribución que interrumpen la continuidad en el suministro del agua de riego. Quedando despresurizadas en las zonas de aguas abajo debido a la presencia de roturas y fracturas en las tuberías.

**Figura 55.** Tuberías rotas en la red de Chuspiyoc




**Fuente:** Registro de campo

**Figura 56.** Localización de tuberías rotas en la red de Chuspiyoc




**Fuente:** Registro de campo

A continuación, se muestra las ubicaciones de las tubería rotas y fracturadas, a causa de daños mecánicos lo que permite la fuga de agua de la red.

**Tabla 28.** Identificación de tuberías rotas en la red de distribución de Chuspiyoc

| Id | Punto crítico (tubería) | zona | Coordenadas: WGS84 – 19L | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Este (x) | Norte (y) | Cota (z) |
| 1 | PVC UF 160 mm C-5 NTP ISO 1452 | San Bartolomé | 188970.83 | 8498179.07 | 3360.00 |
| 2 | PVC UF 110 mm C-5 NTP ISO 1452 | Intipata | 189159.22 | 8498466.83 | 3335.00 |
| 3 | PVC UF 90 mm C-7.5 NTP ISO 1452 | San Bartolomé | 188699.97 | 8498731.33 | 3325.00 |

**Fuente:** Elaboración propia

### 5. Válvulas en la red de Chuspiyoc

Se cuenta con 33 válvulas en la red de distribución, la mayoría sin sus respectivas tapas metálicas en las cajas de concreto y con presencia de fuga en algunos casos. A continuación, se presentan las válvulas evaluadas según su estado de conservación.

**Tabla 29.** Estado actual de válvulas de control en la red de Chuspiyoc

| N° | Válvula | Estado de conservación | Tapa metálica | Accesorio (llave) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | IV1 | 3 | No | Si |
| 2 | IV2 | 3 | No | Si |
| 3 | IV3 | 4 | No | Si |
| 4 | IV4 | 4 | No | Si |
| 5 | IV5 | 4 | Si | Si |
| 6 | IV6 | 3 | No | Si |
| 7 | IV7 | 3 | No | Si |
| 8 | IV8 | 3 | No | Si |
| 9 | IV9 | 3 | No | Si |
| 10 | IV10 | 3 | No | Si |
| 11 | IV11 | 3 | No | Si |
| 12 | IV12 | 3 | Si | Si |
| 13 | IV13 | 3 | No | Si |
| 14 | IV14 | 4 | No | Si |
| 15 | IV15 | 3 | No | Si |
| 16 | IV16 | 3 | No | Si |
| 17 | IV17 | 4 | No | Si |
| 18 | IV18 | 3 | No | Si |
| 19 | IV19 | 3 | Si | Si |
| 20 | IV20 | 4 | No | Si |

| N° | Válvula | Estado de conservación | Tapa metálica | Accesorio (llave) |
|---|---|---|---|---|
| 21 | IV21 | 3 | No | Si |
| 22 | IV22 | 4 | No | Si |
| 23 | IV23 | 4 | No | Si |
| 24 | IV24 | 3 | No | Si |
| 25 | IV25 | 3 | No | Si |
| 26 | IV26 | 3 | No | Si |
| 27 | IV27 | 3 | Si | Si |
| 28 | IV28 | 3 | No | Si |
| 29 | IV33 | 3 | Si | Si |
| 30 | IV34 | 3 | No | Si |
| 31 | IV35 | 3 | No | Si |
| 32 | IV36 | 3 | No | Si |
| 33 | IV37 | 3 | No | Si |

**Nota:** “Si” y “No” hacen referencia únicamente a la identificación y posición inicial adecuada del elemento.

La mayoría de las válvulas registradas en la Tabla 29, requieren cambio de estructura, además de la construcción de nuevas válvulas. En general, todas cuentan con llaves, pero muchas carecen de tapas metálicas, lo que evidencia falta de protección, siendo necesario una intervención integral, priorizando la reconstrucción.

### 6. Cámara rompe presión

La estructura hidráulica de la cámara rompe presión está ubicada en San Bartolomé.

**Tabla 30.** Ubicación de la cámara rompe presión

| Id | Ubicación | Red | Coordenadas: UTM WGS84 - 19L | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Este (x) | Norte (y) | Cota (z) |
| 1 | San Bartolomé | Chuspiyoc | 188784.253 | 8498814.020 | 3312.635 |

**Fuente**: Elaboración propia

La cámara rompe presión presenta un deterioro en su estructura, donde se observa la ausencia de tapas de concreto y la falta de instalación de canastillas de PVC (Figura 57). Impidiendo el aislamiento adecuado de la cámara húmeda respecto al exterior, lo que podría ocasionar taponamientos en el interior de las tuberías.

**Figura 57.** Cámara rompe presión de la red de Chuspiyoc



**Fuente:** Registro de campo

**Tabla 31.** Resultado del estado actual de la cámara rompe presión

| N° | Estructura | Material | Estado | Ubicación | Observación |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cámara rompe presión | Concreto | 3 | 3 | Requiere cambio de estructura, ubicación no apropiada y estructura no adecuada al sistema |

**Fuente**: Elaboración propia

La Tabla 31 muestra el estado actual de la cámara rompe presión. La estructura evaluada presenta un estado de conservación que requiere cambio de la estructura, además de presentar una ubicación no apropiada y una estructura que no resulta adecuada para el funcionamiento hidráulico de las redes de agua para riego. Estos resultados evidencian la necesidad de realizar un mantenimiento integral para garantizar su funcionamiento seguro y adecuado.

### 7. Hidrantes

La evaluación llevada a cabo se basó en hidrante por hidrante lo cual se resume en la Tabla 32 que para la valoración se hicieron uso de escalas nominales y ordinales.

En la evaluación actual realizado en julio de 2024, se determinó una cantidad de 218 Hidrantes en la red de Chuspiyoc. De los cuales el 51.83% de los hidrantes están Operativos, mientras que el 48.17% de los hidrantes se encuentran inoperativos debido diferentes aspectos, como por la ausencia de mantenimiento, el uso incorrecto, y la destrucción de las cajas de concreto durante la utilización de maquinarias agrícolas. Aspecto que no coincide con lo mencionado por **Unsaac (2009),** en el expediente técnico "Mejoramiento de la Infraestructura de riego en la facultad de Agronomía y Zootecnia" que fue puesta en operación en el año 2012, la red contaba con un total de 176 Hidrantes.

**Tabla 32.** Estado de hidrantes en la red de Chuspiyoc

| N° | Parcela | Zona | Hidr. mod. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | F13 | San Bartolomé | H-1 | 3 | No | Si | Operativo |
| **2** | F13 | San Bartolomé | H-2 | 3 | No | Si | Operativo |
| **3** | F1 | San Bartolomé | H-3 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **4** | C1 | Centro Experimental | H-4 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **5** | M8 | Urpipuquio | H-5 | 3 | No | Si | Operativo |
| **6** | M8 | Urpipuquio | H-6 | 3 | No | Si | Operativo |
| **7** | M8 | Urpipuquio | H-7 | 3 | No | Si | Operativo |
| **8** | M9 | Urpipuquio | H-8 | 3 | No | Si | Operativo |
| **9** | M9 | Urpipuquio | H-9 | 4 | No | Si | Operativo |
| **10** | M5 | Urpipuquio | H-10 | 3 | No | Si | Operativo |
| **11** | M4 | Urpipuquio | H-11 | 4 | - | - | Inoperativo |
| **12** | M9 | Urpipuquio | H-12 | 3 | No | Si | Operativo |
| **13** | M5 | Urpipuquio | H-13 | 3 | No | Si | Operativo |
| **14** | M4 | Urpipuquio | H-14 | 3 | No | Si | Operativo |
| **15** | M10 | Urpipuquio | H-15 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **16** | M10 | Urpipuquio | H-16 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **17** | M10 | Urpipuquio | H-17 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **18** | M11 | Urpipuquio | H-18 | 3 | No | Si | Operativo |
| **19** | M11 | Urpipuquio | H-19 | 3 | No | Si | Operativo |
| **20** | N1 | Limeña | H-20 | 3 | No | Si | Operativo |
| **21** | N3 | Limeña | H-21 | 3 | No | Si | Operativo |
| **22** | N5 | Limeña | H-22 | 3 | No | Si | Operativo |
| **23** | N4 | Limeña | H-23 | 3 | No | Si | Operativo |
| **24** | O1 | Pinohuaycco | H-24 | 3 | No | Si | Operativo |

| N° | Parcela | Zona | Hidr. mod. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **25** | O1 | Pinohuaycco | H-25 | 3 | No | Si | Operativo |
| **26** | O2 | Pinohuaycco | H-26 | 3 | No | Si | Operativo |
| **27** | O2 | Pinohuaycco | H-27 | 3 | No | Si | Operativo |
| **28** | O3 | Pinohuaycco | H-28 | 4 | - | - | Inoperativo |
| **29** | L15 | Mesapata | H-29 | 4 | No | Si | Operativo |
| **30** | L15 | Mesapata | H-30 | 4 | No | Si | Operativo |
| **31** | L14 | Mesapata | H-31 | 3 | No | Si | Operativo |
| **32** | L13 | Mesapata | H-32 | 3 | No | Si | Operativo |
| **33** | L13 | Mesapata | H-33 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **34** | I3 | Intipata | H-34 | 4 | No | Si | Operativo |
| **35** | I3 | Intipata | H-35 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **36** | I3 | Intipata | H-36 | 4 | No | Si | Operativo |
| **37** | I3 | Intipata | H-37 | 4 | No | Si | Operativo |
| **38** | H1 | Intipata | H-38 | 4 | - | - | Inoperativo |
| **39** | H1 | Intipata | H-39 | 4 | - |  | Inoperativo |
| **40** | H1 | Intipata | H-40 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **41** | H1 | Intipata | H-41 | 4 | - | - | Inoperativo |
| **42** | I1 | Intipata | H-42 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **43** | I1 | Intipata | H-43 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **44** | I1 | Intipata | H-44 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **45** | I1 | Intipata | H-45 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **46** | I1 | Intipata | H-46 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **47** | I1 | Intipata | H-47 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **48** | I1 | Intipata | H-48 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **49** | I1 | Intipata | H-49 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **50** | I1 | Intipata | H-50 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **51** | H1 | Intipata | H-51 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **52** | I1 | Intipata | H-52 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **53** | I1 | Intipata | H-53 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **54** | I1 | Intipata | H-54 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **55** | I1 | Intipata | H-55 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **56** | I1 | Intipata | H-56 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **57** | I1 | Intipata | H-57 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **58** | I1 | Intipata | H-58 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **59** | I1 | Intipata | H-59 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **60** | I1 | Intipata | H-60 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **61** | I1 | Intipata | H-61 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **62** | H1 | Intipata | H-62 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **63** | H1 | Intipata | H-63 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **64** | H1 | Intipata | H-64 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **65** | H1 | Intipata | H-65 | 4 | No | No | Inoperativo |

| N° | Parcela | Zona | Hidr. mod. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **66** | H1 | Intipata | H-66 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **67** | H1 | Intipata | H-67 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **68** | I1 | Intipata | H-68 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **69** | I1 | Intipata | H-69 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **70** | I1 | Intipata | H-70 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **71** | I1 | Intipata | H-71 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **72** | I1 | Intipata | H-72 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **73** | I1 | Intipata | H-73 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **74** | I1 | Intipata | H-74 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **75** | I1 | Intipata | H-75 | 4 | - | - | Inoperativo |
| **76** | I5 | Chiriunuyoc | H-76 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **77** | I5 | Chiriunuyoc | H-77 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **78** | I5 | Chiriunuyoc | H-78 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **79** | I5 | Chiriunuyoc | H-79 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **80** | I5 | Chiriunuyoc | H-80 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **81** | H1 | Intipata | H-81 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **82** | H1 | Intipata | H-82 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **83** | G3 | Intipata | H-83 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **84** | G3 | Intipata | H-84 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **85** | G3 | Intipata | H-85 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **86** | F17 | San Bartolomé | H-86 | 2 | Si | Si | Operativo |
| **87** | F14 | San Bartolomé | H-87 | 3 | No | Si | Operativo |
| **88** | L11 | Lucrehuaycco | H-88 | 3 | No | No | Inoperativo |
| **89** | L11 | Lucrehuaycco | H-89 | 4 | No | No | Operativo |
| **90** | L10 | Lucrehuaycco | H-90 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **91** | L9 | Lucrehuaycco | H-91 | 4 | No | Si | Operativo |
| **92** | L8 | Lucrehuaycco | H-92 | 4 | No | No | Operativo |
| **93** | L8 | Lucrehuaycco | H-93 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **94** | L7 | Lucrehuaycco | H-94 | 3 | No | Si | Operativo |
| **95** | L6 | Lucrehuaycco | H-95 | 3 | No | Si | Operativo |
| **96** | L5 | Lucrehuaycco | H-96 | 3 | No | Si | Operativo |
| **97** | G4 | San Bartolomé | H-97 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **98** | G4 | San Bartolomé | H-98 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **99** | F11 | San Bartolomé | H-99 | 3 | No | Si | Operativo |
| **100** | F11 | San Bartolomé | H-100 | 3 | No | Si | Operativo |
| **101** | F11 | San Bartolomé | H-101 | 3 | No | Si | Operativo |
| **102** | F11 | San Bartolomé | H-102 | 3 | No | Si | Operativo |
| **103** | F11 | San Bartolomé | H-103 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **104** | F11 | San Bartolomé | H-104 | 3 | No | No | Inoperativo |
| **105** | F11 | San Bartolomé | H-105 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **106** | F11 | San Bartolomé | H-106 | 3 | Si | Si | Operativo |

| N° | Parcela | Zona | Hidr. mod. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **107** | F13 | San Bartolomé | H-107 | 3 | No | Si | Operativo |
| **108** | F13 | San Bartolomé | H-108 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **109** | F11 | San Bartolomé | H-109 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **110** | F11 | San Bartolomé | H-110 | 3 | No | Si | Operativo |
| **111** | F11 | San Bartolomé | H-111 | 3 | No | Si | Operativo |
| **112** | F11 | San Bartolomé | H-112 | 3 | No | Si | Operativo |
| **113** | F11 | San Bartolomé | H-113 | 3 | No | Si | Operativo |
| **114** | F11 | San Bartolomé | H-114 | 3 | No | No | Inoperativo |
| **115** | F19 | Forestales | H-115 | 3 | No | Si | Operativo |
| **116** | F19 | Forestales | H-116 | 4 | - | - | Inoperativo |
| **117** | F11 | San Bartolomé | H-117 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **118** | F19 | Forestales | H-118 | 3 | No | Si | Operativo |
| **119** | F13 | San Bartolomé | H-119 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **120** | F13 | San Bartolomé | H-120 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **121** | F13 | San Bartolomé | H-121 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **122** | F10 | San Bartolomé | H-122 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **123** | F10 | San Bartolomé | H-123 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **124** | F10 | San Bartolomé | H-124 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **125** | F11 | San Bartolomé | H-125 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **126** | F11 | San Bartolomé | H-126 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **127** | F11 | San Bartolomé | H-127 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **128** | F11 | San Bartolomé | H-128 | 3 | No | Si | Operativo |
| **129** | F2 | San Bartolomé | H-129 | 3 | No | Si | Operativo |
| **130** | F2 | San Bartolomé | H-130 | 3 | No | Si | Operativo |
| **131** | F4 | San Bartolomé | H-131 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **132** | F4 | San Bartolomé | H-132 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **133** | F2 | San Bartolomé | H-133 | 4 | - | - | Inoperativo |
| **134** | F2 | San Bartolomé | H-134 | 3 | No | Si | Operativo |
| **135** | F10 | San Bartolomé | H-135 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **136** | F8 | San Bartolomé | H-136 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **137** | F6 | San Bartolomé | H-137 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **138** | F7 | San Bartolomé | H-138 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **139** | F5 | San Bartolomé | H-139 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **140** | F5 | San Bartolomé | H-140 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **141** | F5 | San Bartolomé | H-141 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **142** | F5 | San Bartolomé | H-142 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **143** | F6 | San Bartolomé | H-143 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **144** | F9 | San Bartolomé | H-144 | 3 | Si | Si | Inoperativo |
| **145** | F1 | San Bartolomé | H-145 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **146** | F4 | San Bartolomé | H-146 | 3 | No | Si | Operativo |
| **147** | F1 | San Bartolomé | H-147 | 3 | No | Si | Operativo |

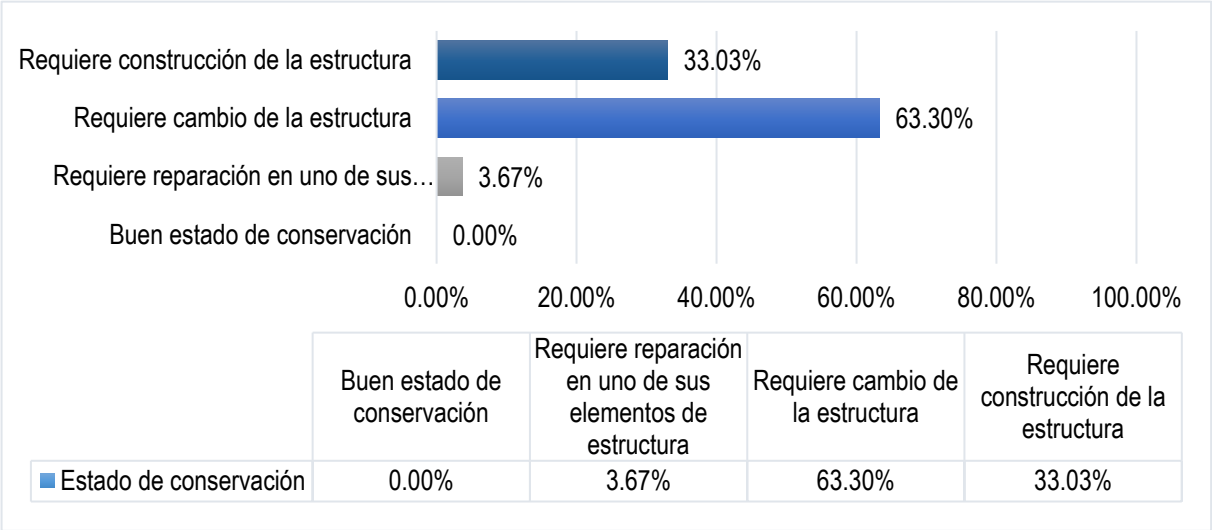
| N° | Parcela | Zona | Hidr. mod. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **148** | F2 | San Bartolomé | H-148 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **149** | F1 | San Bartolomé | H-149 | 2 | No | Si | Operativo |
| **150** | F2 | San Bartolomé | H-150 | 3 | Si | No | Inoperativo |
| **151** | F1 | San Bartolomé | H-151 | 2 | Si | Si | Operativo |
| **152** | F2 | San Bartolomé | H-152 | 3 | No | Si | Operativo |
| **153** | F1 | San Bartolomé | H-153 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **154** | F3 | San Bartolomé | H-154 | 3 | No | Si | Operativo |
| **155** | F3 | San Bartolomé | H-155 | 3 | No | Si | Operativo |
| **156** | F3 | San Bartolomé | H-156 | 3 | No | No | Operativo |
| **157** | F1 | San Bartolomé | H-157 | 3 | No | Si | Operativo |
| **158** | C7 | Centro Experimental | H-158 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **159** | C7 | Centro Experimental | H-159 | 3 | No | Si | Operativo |
| **160** | C5 | Centro Experimental | H-160 | 3 | No | Si | Operativo |
| **161** | C5 | Centro Experimental | H-161 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **162** | C5 | Centro Experimental | H-162 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **163** | C5 | Centro Experimental | H-163 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **164** | C8 | Centro Experimental | H-164 | 3 | No | Si | Inoperativo |
| **165** | C8 | Centro Experimental | H-165 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **166** | C3 | Centro Experimental | H-166 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **167** | C3 | Centro Experimental | H-167 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **168** | C3 | Centro Experimental | H-168 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **169** | C3 | Centro Experimental | H-169 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **170** | C3 | Centro Experimental | H-170 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **171** | C3 | Centro Experimental | H-171 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **172** | C3 | Centro Experimental | H-172 | 3 | No | Si | Operativo |
| **173** | C3 | Centro Experimental | H-173 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **174** | C3 | Centro Experimental | H-174 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **175** | C3 | Centro Experimental | H-175 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **176** | C3 | Centro Experimental | H-176 | 3 | No | Si | Operativo |
| **177** | C3 | Centro Experimental | H-177 | 3 | No | Si | Operativo |
| **178** | C3 | Centro Experimental | H-178 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **179** | C3 | Centro Experimental | H-179 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **180** | C3 | Centro Experimental | H-180 | 3 | No | Si | Operativo |
| **181** | C3 | Centro Experimental | H-181 | 3 | No | Si | Operativo |
| **182** | C3 | Centro Experimental | H-182 | 3 | No | Si | Operativo |
| **183** | C3 | Centro Experimental | H-183 | 3 | No | Si | Operativo |
| **184** | C3 | Centro Experimental | H-184 | 3 | No | Si | Operativo |
| **185** | C3 | Centro Experimental | H-185 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **186** | C3 | Centro Experimental | H-186 | 3 | No | Si | Operativo |
| **187** | C3 | Centro Experimental | H-187 | 3 | No | Si | Operativo |
| **188** | C3 | Centro Experimental | H-188 | 3 | No | Si | Operativo |

| N° | Parcela | Zona | Hidr. mod. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **189** | C3 | Centro Experimental | H-189 | 3 | No | Si | Operativo |
| **190** | C3 | Centro Experimental | H-190 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **191** | C3 | Centro Experimental | H-191 | 3 | No | Si | Operativo |
| **192** | C3 | Centro Experimental | H-192 | 3 | Si | Si | Operativo |
| **193** | C3 | Centro Experimental | H-193 | 3 | No | Si | Operativo |
| **194** | C3 | Centro Experimental | H-194 | 3 | No | Si | Operativo |
| **195** | C3 | Centro Experimental | H-195 | 3 | No | Si | Operativo |
| **196** | C3 | Centro Experimental | H-196 | 3 | No | Si | Operativo |
| **197** | C3 | Centro Experimental | H-197 | 3 | No | Si | Operativo |
| **198** | C2 | Centro Experimental | H-198 | 2 | Si | Si | Operativo |
| **199** | C2 | Centro Experimental | H-199 | 2 | Si | Si | Operativo |
| **200** | C2 | Centro Experimental | H-200 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **201** | C2 | Centro Experimental | H-201 | 2 | Si | Si | Operativo |
| **202** | C2 | Centro Experimental | H-202 | 2 | Si | Si | Operativo |
| **203** | C2 | Centro Experimental | H-203 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **204** | C2 | Centro Experimental | H-204 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **205** | C2 | Centro Experimental | H-205 | 4 | Si | Si | Inoperativo |
| **206** | C2 | Centro Experimental | H-206 | 2 | Si | Si | Operativo |
| **207** | C1 | Centro Experimental | H-207 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **208** | C1 | Centro Experimental | H-208 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **209** | C1 | Centro Experimental | H-209 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **210** | C1 | Centro Experimental | H-210 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **211** | C1 | Centro Experimental | H-211 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **212** | C1 | Centro Experimental | H-212 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **213** | C1 | Centro Experimental | H-213 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **214** | C1 | Centro Experimental | H-214 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **215** | C1 | Centro Experimental | H-215 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **216** | C1 | Centro Experimental | H-216 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **217** | C1 | Centro Experimental | H-217 | 4 | No | No | Inoperativo |
| **218** | C1 | Centro Experimental | H-218 | 4 | No | No | Inoperativo |

**Fuente:** Elaboración propia.

La estructura de un hidrante está compuesta con una salida de unión de fierro galvanizado roscado de 33 mm de diámetro con una válvula esférica de Ø 1”, contenido en caja de concreto de sección 0.35 m x 0.35 m y 0.40 m de altura y tapa metálica de 0.25 x 0.25 m.

**Figura 58.** Resultado del estado actual de hidrantes de la red Chuspiyoc

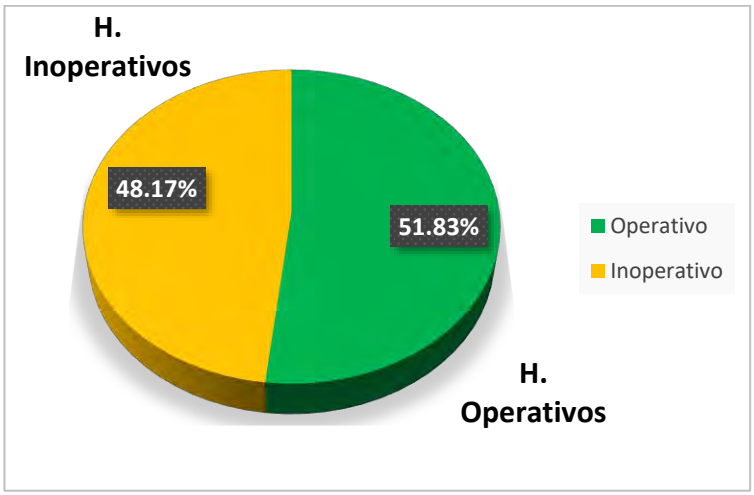



**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 58 muestra los hidrantes evaluados que más del 63% requieren cambio de la estructura, mientras que no se identificaron hidrantes en buen estado de conservación.

Por otro lado, también existen hidrantes que se encuentran inoperativos en un total de 103 hidrantes a causa que fueron removidos por el tractor agrícola, mala operación de los usuarios de regantes, falta de accesorios y mantenimiento periódicos. Asimismo, el 3.67 % requiere reparación, el 63.30 % requiere cambio de la estructura y el 33.03 % requiere construcción.

**Figura 59.** Resultado de operatividad de hidrantes en la red de Chuspiyoc




**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 60.** Hidrante inoperativo N°91 en la zona de Lucrehuaycco



**Fuente:** Registro de campo

Al mismo tiempo, se identificaron hidrantes que se encuentran en funcionamiento, pero ya no cuentan con sus cajas de concreto y/o tapas metálicas, y estas presentan llaves oxidadas, etc. Como se observa en la Figura 60, un hidrante en el sector de Lucrehuaycco, con caja de concreto destruida y llave de control deteriorada.

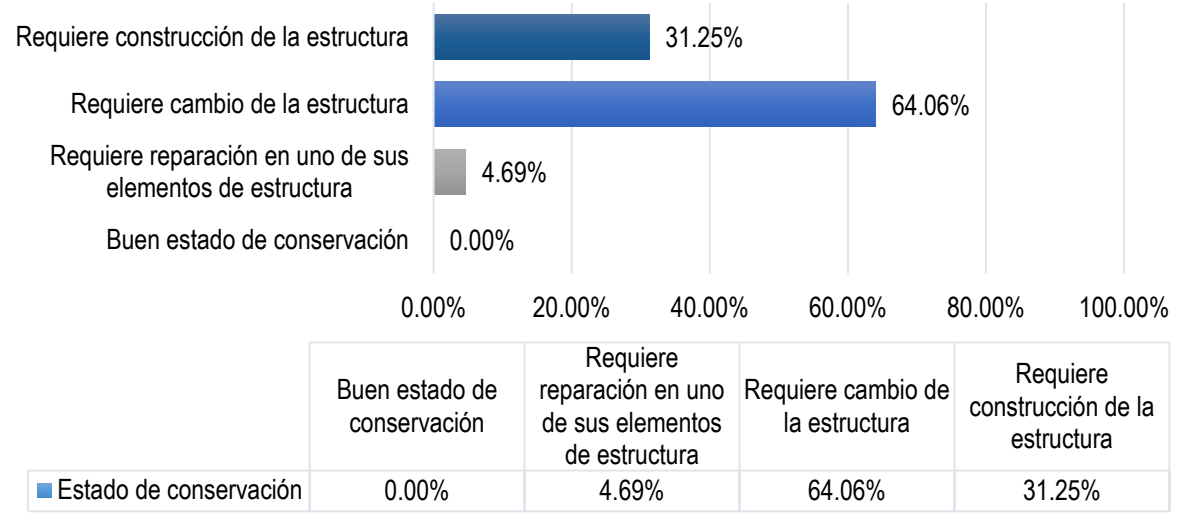
**Figura 61.** Hidrante operativo N°20 en la zona de limeña



**Fuente:** Registro de campo

La situación actual de los componentes de la red de riego de Chuspiyoc fue evaluada considerando las estructuras de bocatoma, reservorio, válvulas e hidrantes.

**Figura 62.** Resultado del estado actual de los componentes de la red Chuspiyoc




**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 62 muestra que la red de riego de Chuspiyoc presenta un estado actual de conservación deficiente, debido a que más del 64% de las estructuras evaluadas requieren cambio de la estructura y el 31.25% requieren construcción de las estructuras. Asimismo, el 4.69% requiere reparación en alguno de sus elementos estructurales, mientras que no se identificaron estructuras en buen estado de conservación. Estos resultados evidencian la necesidad de realizar mantenimientos correctivos y reconstrucción para garantizar el adecuado funcionamiento de la red de riego.

### 6.1.4. Red de Limeña

#### 1. Bocatoma

La bocatoma se encuentra ubicada en las coordenadas UTM

**Tabla 33**.Ubicación de bocatoma de la red de Limeña

| Id | Fuente de agua | Red | Coordenadas: WGS84 – 19L | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Este (x) | Norte (y) | Altitud (m) |
| 1 | Huanacaure | Limeña | 188275.494 | 8497325.068 | 3286.466 |

**Fuente:** Elaboración propia.

La estructura de la bocatoma incluye muros de encauzamiento laterales en ambas márgenes del riachuelo. La bocatoma, ubicada en la margen derecha, cuenta con una compuerta metálica de 0.30 x 0.30 m y una altura de 1.45 para permitir el ingreso del agua. A continuación, se encuentra un canal de derivación de sección rectangular con una longitud aproximada de 10 metros, seguido de una cámara de sedimentación.

**Figura 63**. Bocatoma de la red Limeña



**Fuente:** Registro de campo

El sedimentador cuenta con las siguientes dimensiones: una transición de 1.00 metro, una poza de decantación de 3.00 metros, un ancho interior de 0.90 metros, y una

altura de 0.80 metros. Cabe señalar que, al momento de la inspección, se observó acumulación de sedimentos, lo que indica la necesidad de mantenimiento constante. Esta situación se puede apreciar en la figura adjunta.

**Figura 64**. Sedimentador de la red Limeña



**Fuente:** Registro de campo

La poza de decantación del sedimentador está conectada a una cámara de carga, cuyas dimensiones exteriores son 1.20 m de ancho, 1.20 m de largo y 1.15 m de altura, a través de una rejilla metálica de fierro liso con dimensiones de 1.00 x 0.50 m. La tubería de salida de la cámara de carga, que conecta con la línea de conducción, tiene un diámetro de 160 mm. La cámara de carga requiere limpieza y mantenimiento preventivo, ya que actualmente no cuenta con su tapa metálica, lo que aumenta el riesgo de ingreso de sedimentos, material vegetal, e incluso animales. Además, el filtro tipo canastilla está deteriorado, lo que podría ocasionar taponamientos en la línea de conducción debido a la acumulación de estos materiales.

**Figura 65.** Cámara de carga de la red Limeña



**Fuente:** Registro de campo

**Tabla 34.** Resultado del estado actual de la bocatoma red de Limeña

| N° | Estructura | Material | Estado | Ubicación | Observación |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bocatoma | Concreto | 2 | 1 | Requiere reparación en elementos de estructura, ubicación apropiada y estructura adecuada al sistema. |
| 2 | Sedimentador | Concreto | 2 | 1 | Requiere reparación en elementos de estructura, ubicación apropiada y estructura adecuada al sistema. |

**Fuente:** Elaboración propia.

La Tabla 34 muestra que tanto la bocatoma como el sedimentador requieren reparaciones en sus elementos estructurales. Sin embargo, ambos componentes cuentan con una ubicación y configuración adecuadas para el funcionamiento de la red, por lo que las intervenciones necesarias son de carácter correctivo.

**2. Tubería en línea de conducción**

La línea de conducción se extiende con una longitud de 2+907.54 km, iniciando desde la cámara de carga de la captación hacia el sector de Thurpay. Está compuesta por una tubería PVC-UF NTP 1452 de un diámetro de 160.00 mm clase 5.

**Figura 66.** Tramo de tubería de conducción de la red de Limeña



**Fuente:** Registro de campo

Tal como se muestra en la Figura 67, a lo largo del recorrido de la tubería de conducción se observó zonas en que la tubería está expuesta y descubierta por deslizamientos, lo que afecta la operatividad de la red. Una muestra de esta situación se aprecia detrás del pabellón de la Facultad de Agronomía y Zootecnia.

**Figura 67.** Tramo de tubería de conducción descubierta por deslizamientos



**Fuente:** Registro de campo

### 3. tubería en línea de distribución

Las tuberías de distribución de la red de Limeña se encuentran distribuidas en las zonas de Leticia, Thurpay, Vivero forestal y el área del Centro Regional de Investigación en biodiversidad andina (CRIBA). Las tuberías instaladas son de material PVC UF según la norma NTP ISO 1452, que corresponden a diferentes clases y presentan diámetros entre 50 mm y 110 mm.

En el recorrido de las tuberías se identificaron, once válvulas compuerta tipo campana, las cuales presentan signos de corrosión. Así mismo se observó que la mayoría de cajas de concreto se encuentran en regular estado de conservación, y carecen de tapas metálicas.

**Figura 68.** Válvula compuerta N°05 de la red de riego de Limeña



**Fuente:** Registro de campo

**Tabla 35.** Estado de válvulas de control en la red de Limeña

| N° | Válvula | Estado de conservación | Tapa metálica | Accesorio (llave) | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | IV29 | 3 | No | Si | Operativo |
| 2 | IV30 | 4 | No | Si | Operativo |
| 3 | IV31 | 3 | No | Si | Operativo |

| N° | Válvula | Estado de conservación | Tapa metálica | Accesorio (llave) | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | IV32 | 3 | No | Si | Operativo |
| 5 | VG3 | 3 | No | Si | Operativo |
| 6 | VG4 | 3 | No | Si | Operativo |
| 7 | VG5 | 3 | No | Si | Operativo |
| 8 | VG6 | 3 | No | Si | Operativo |
| 9 | VG7 | 4 | No | Si | Operativo |
| 10 | VG8 | 4 | No | Si | Operativo |
| 11 | VG9 | 3 | Si | Si | Operativo |

**Nota:** “Si” y “No” hacen referencia únicamente a la identificación y posición inicial adecuada del elemento.

Las válvulas registradas en la Tabla 35, presentan un estado de conservación que implica la necesidad de cambio de estructura e incluso instalación de nuevas válvulas. Asimismo, se observa que carecen de tapas metálicas lo que evidencia falta de protección frente a daños externos. En conjunto las válvulas funcionan, pero se requiere una intervención orientada al cambio de las válvulas más deterioradas, complementada con la instalación de tapas metálicas.

### 4. Hidrantes

Actualmente, se cuenta con 20 hidrantes entre las que se encuentran operativos e inoperativos.

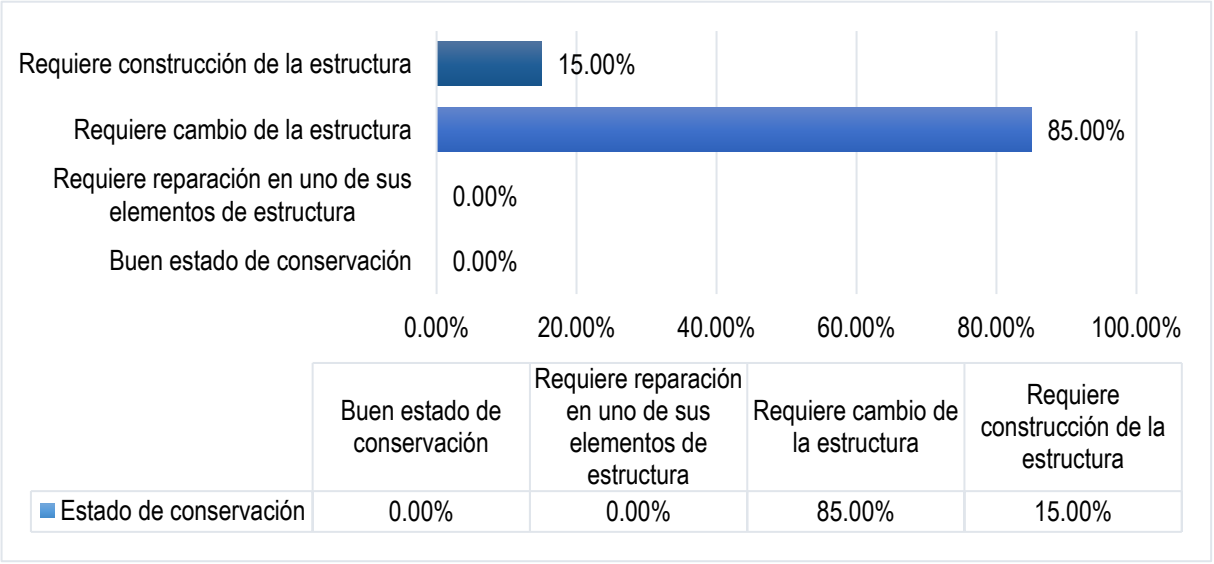
**Tabla 36.** Estado de hidrantes en la red de Limeña

| ID | Parcela | Zona | Hidr. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Campo Experimental | D6 | H-219 | 3 | No | Si | Operativo |
| 2 | Campo Experimental | D6 | H-220 | 4 | No | No | Inoperativo |
| 3 | Campo Experimental | D2 | H-221 | 3 | Si | Si | Operativo |
| 4 | Campo Experimental | D2 | H-222 | 4 | No | Si | Operativo |
| 5 | Silvicultura | D1 | H-223 | 3 | No | Si | Operativo |
| 6 | Silvicultura | D1 | H-224 | 3 | No | Si | Operativo |
| 7 | Silvicultura | D1 | H-225 | 3 | No | Si | Operativo |
| 8 | Silvicultura | D1 | H-226 | 4 | No | No | Inoperativo |
| 9 | Thurpay | D3 | H-227 | 3 | No | Si | Operativo |
| 10 | Thurpay | D3 | H-228 | 3 | No | Si | Operativo |
| 11 | Thurpay | D3 | H-229 | 3 | No | Si | Operativo |
| 12 | Thurpay | D4 | H-230 | 3 | No | Si | Operativo |

| ID | Parcela | Zona | Hidr. | Estado | Tapa metálica | Accesorio | Operatividad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | Thurpay | D4 | H-231 | 3 | No | Si | Operativo |
| 14 | Leticia | D5 | H-232 | 3 | No | Si | Operativo |
| 15 | Leticia | D5 | H-233 | 3 | No | Si | Operativo |
| 16 | Leticia | D5 | H-234 | 3 | No | Si | Operativo |
| 17 | Leticia | D5 | H-235 | 3 | No | Si | Operativo |
| 18 | Leticia | D5 | H-236 | 3 | Si | Si | Operativo |
| 19 | Invernadero | D6 | H-237 | 3 | No | Si | Operativo |
| 20 | Silvicultura | D1 | H-238 | 3 | No | Si | Operativo |

**Nota:** “Si” y “No” hacen referencia únicamente a la identificación y posición inicial adecuada del elemento.

**Figura 69.** Resultado del estado actual de hidrantes de la red Limeña




**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 69 muestra los hidrantes evaluados donde el 85% requieren cambio de la estructura, mientras que no se identificaron hidrantes en buen estado de conservación.

Asimismo, se evidencia que en la red de Limeña se encuentran el 10% de los hidrantes inoperativos y en un 90% de hidrantes operativos. Cabe mencionar que diez hidrantes fueron removidos por construcciones como el caso del zoológico y la vía de evitamiento.

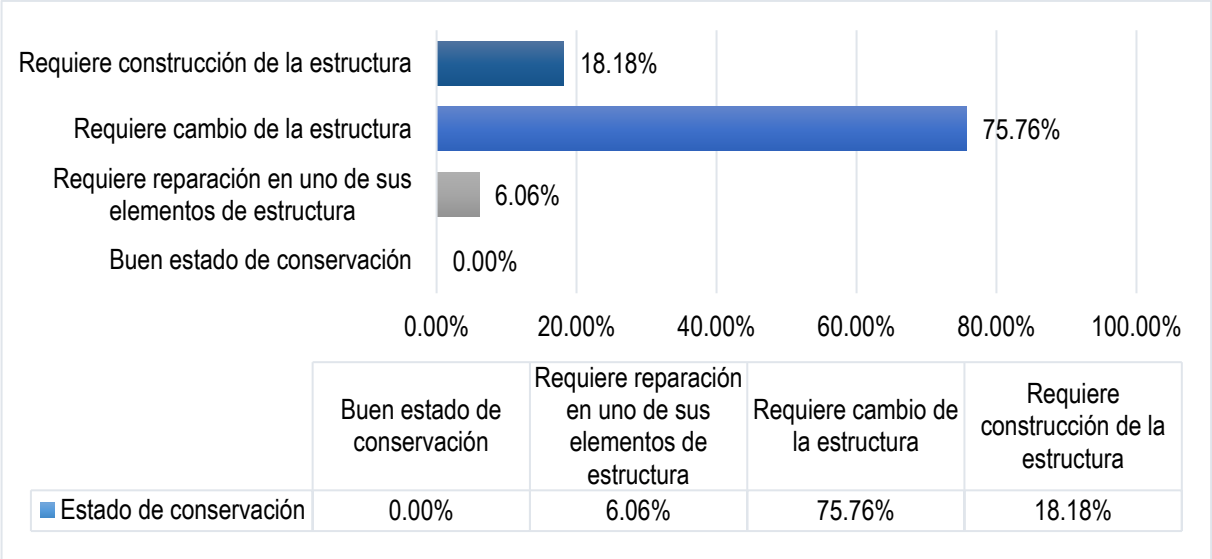
**Figura 70.** Resultado de operatividad de hidrantes en la red de Limeña




**Fuente:** Elaboración propia.

Con respecto a la situación actual de los componentes de la red de riego de Limeña fue evaluada considerando las estructuras de bocatoma, válvulas e hidrantes.

**Figura 71.** Resultado del estado actual de los componentes de la red Limeña




**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 71 muestra que la red de riego de Limeña presenta un estado actual de conservación deficiente, debido a que más del 75% de las estructuras evaluadas requieren cambio de la estructura y el 18.18% requieren construcción de las estructuras. Asimismo, el 6.06% requiere reparación en alguno de sus elementos

estructurales, mientras que no se identificaron estructuras en buen estado de conservación. Estos resultados evidencian la necesidad de realizar mantenimientos correctivos y reconstrucción para garantizar el adecuado funcionamiento de la red de riego.

## 6.2. Demanda hídrica y parámetros de riego

### 6.2.1. Demanda hídrica

En la Tabla 37 y Tabla 38 se muestran los resultados obtenidos del volumen de agua mensual de las redes de riego de Chuspiyoc y Limeña, mientras que la Tabla 39 y **Tabla 40** presentan la oferta de agua disponible en ambas redes. Asimismo, la **Figura 72** y **Tabla 41** evidencian el comportamiento del balance hídrico de la red de Chuspiyoc.

En la red de Chuspiyoc, la demanda de agua se incrementa progresivamente entre los meses de abril y setiembre, alcanzando una máxima demanda con 55,308.41 m3/mes en el mes de setiembre, debido al incremento de las necesidades de riego y la disminución de las precipitaciones efectivas. Por otro lado, la oferta hídrica presenta valores relativamente constantes durante el año.

En la **Figura 72** se evidencia el resultado del balance hídrico que presenta déficit de agua, lo que indica que la oferta disponible no logra cubrir la demanda requerida. Sin embargo, mediante la incorporación de un reservorio y la sectorización con turnos de riego se mitiga el déficit hídrico. Bajo la simulación en el escenario III se considera una jornada efectiva de riego de 12 horas de riego en el día, mientras que durante las 12 horas restantes el agua se almacena continuamente en el reservorio con un caudal aproximado de 22 l/s, permitiendo regular la disponibilidad hídrica. Estos resultados difieren de lo señalado por **UNSAAC (2009)**, donde se indica que la red actual presenta una jornada efectiva de riego de 24 horas en el día.

**Tabla 37**. Demanda de agua red de Chuspiyoc

| PARAMETRO | UNIDAD | MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| | | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| 1. Evapotransp. de Referencia (ETo) | (mm/día) | 3.23 | 3.13 | 3.25 | 3.20 | 3.07 | 2.91 | 3.06 | 3.62 | 3.92 | 3.94 | 3.94 | 3.24 |
| 2. Kc Ponderado | Adimen | 0.73 | 0.52 | 0.45 | 0.70 | 0.70 | 0.75 | 0.52 | 0.57 | 0.77 | 1.01 | 1.02 | 0.85 |
| 3. Evapotransp. de Cultivo (ETc) | (mm/día) | 2.35 | 1.61 | 1.48 | 2.24 | 2.15 | 2.18 | 1.59 | 2.08 | 3.02 | 3.96 | 4.03 | 2.77 |
| 4. Precipitación Efectiva (75% - USDA) | (mm/día) | 3.48 | 3.95 | 2.56 | 1.05 | 0.32 | 0.11 | 0.13 | 0.12 | 0.45 | 1.48 | 2.07 | 3.31 |
| 5. Necesidades Netas | (mm/día) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.19 | 1.83 | 2.07 | 1.46 | 1.95 | 2.57 | 2.48 | 1.96 | 0.00 |
| 6. Eficiencia de Riego (Gravedad 45%) | (%) | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| 7. Eficiencia de Riego (Aspersión 75%) | (%) | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 8. Necesidades brutas (Gravedad) | (mm/día) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.64 | 4.07 | 4.61 | 3.25 | 4.34 | 5.70 | 5.51 | 4.36 | 0.00 |
| | (m3/ha/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 791.11 | 1,260.42 | 1,381.67 | 1,008.04 | 1,345.81 | 1,711.49 | 1,708.59 | 1,306.65 | 0.00 |
| 9. Necesidades brutas (Aspersión) | (mm/día) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.58 | 2.44 | 2.76 | 1.95 | 2.60 | 3.42 | 3.31 | 2.61 | 0.00 |
| | (m3/ha/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 474.67 | 756.25 | 829.00 | 604.83 | 807.49 | 1,026.89 | 1,025.15 | 783.99 | 0.00 |
| 10. Volumen demandado (Gravedad) | (m3/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5,241.83 | 6,998.20 | 14,376.49 | 14,352.17 | 10,975.90 | 0.00 |
| 11. Volumen demandado (Aspersión) | (m3/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 949.33 | 1,512.51 | 1,658.00 | 14,673.09 | 32,186.36 | 40,931.92 | 40,862.67 | 31,249.96 | 0.00 |
| 12. Volumen total demandado | (m3/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 949.33 | 1,512.51 | 1,658.00 | 19,914.92 | 39,184.56 | 55,308.41 | 55,214.84 | 42,225.86 | 0.00 |
| Aspersión | | | | | | | | | | | | | |
| 13. Caudal requerido para 12 h | (l/s) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.73 | 1.13 | 1.28 | 10.96 | 24.03 | 31.58 | 30.51 | 24.11 | 0.00 |
| Gravedad | | | | | | | | | | | | | |
| 14. Caudal requerido para 12 h | (l/s) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.91 | 5.23 | 11.09 | 10.72 | 8.47 | 0.00 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 38**. Demanda de agua red de Limeña

| PARAMETRO | UNIDAD | MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
| | | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| 1. Evapotransp. de Referencia (ETo) | (mm/día) | 3.23 | 3.13 | 3.25 | 3.20 | 3.07 | 2.91 | 3.06 | 3.62 | 3.92 | 3.94 | 3.94 | 3.24 |
| 2. Kc Ponderado | | 0.73 | 0.52 | 0.45 | 0.70 | 0.70 | 0.75 | 0.52 | 0.57 | 0.77 | 1.01 | 1.02 | 0.85 |
| 3. Evapotransp. de Cultivo (ETc) | (mm/día) | 2.35 | 1.61 | 1.48 | 2.24 | 2.15 | 2.18 | 1.59 | 2.08 | 3.02 | 3.96 | 4.03 | 2.77 |
| 4. Precipitación Efectiva (75% - USDA) | (mm/día) | 3.48 | 3.95 | 2.56 | 1.05 | 0.32 | 0.11 | 0.13 | 0.12 | 0.45 | 1.48 | 2.07 | 3.31 |
| 5. Necesidades Netas | (mm/día) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.19 | 1.83 | 2.07 | 1.46 | 1.95 | 2.57 | 2.48 | 1.96 | 0.00 |
| 6. Eficiencia de Riego (Gravedad 45%) | (%) | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| 7. Eficiencia de Riego (Aspersión 75%) | (%) | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 8. Necesidades brutas (Gravedad) | (mm/día) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.64 | 4.07 | 4.61 | 3.25 | 4.34 | 5.70 | 5.51 | 4.36 | 0.00 |
| | (m3/ha/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 791.11 | 1,260.42 | 1,381.67 | 1,008.04 | 1,345.81 | 1,711.49 | 1,708.59 | 1,306.65 | 0.00 |
| 9. Necesidades brutas (Aspersión) | (mm/día) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.58 | 2.44 | 2.76 | 1.95 | 2.60 | 3.42 | 3.31 | 2.61 | 0.00 |
| | (m3/ha/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 474.67 | 756.25 | 829.00 | 604.83 | 807.49 | 1,026.89 | 1,025.15 | 783.99 | 0.00 |
| 10. Volumen demandado (Gravedad) | (m3/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 379.73 | 605.00 | 663.20 | 1,926.37 | 2,571.84 | 3,270.65 | 3,265.12 | 2,497.02 | 0.00 |
| 11. Volumen demandado (Aspersión) | (m3/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 844.91 | 1,346.13 | 1,475.62 | 2,177.37 | 2,906.95 | 4,939.35 | 4,930.99 | 3,771.01 | 0.00 |
| 12. Volumen total demandado Aspersión | (m3/mes) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,224.64 | 1,951.13 | 2,138.82 | 4,103.75 | 5,478.79 | 8,210.00 | 8,196.11 | 6,268.02 | 0.00 |
| 13. Caudal requerido para 8 h | (l/s) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.98 | 1.51 | 1.71 | 2.44 | 3.26 | 5.72 | 5.52 | 4.36 | 0.00 |
| Gravedad | | | | | | | | | | | | | |
| 14. Caudal requerido para 8 h | (l/s) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.44 | 0.68 | 0.77 | 2.16 | 2.88 | 3.79 | 3.66 | 2.89 | 0.00 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 39**. Oferta de agua red de Chuspiyoc

| DESCRIPCIÓN | UND. | MES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGOS | SET | OCT | NOV | DIC |
| Caudal | l/s | 43.00 | 41.00 | 40.00 | 38.00 | 36.00 | 34.00 | 33.00 | 32.00 | 34.00 | 36.00 | 38.00 | 41.00 |
| | m3/h | 154.80 | 147.60 | 144.00 | 136.80 | 129.60 | 122.40 | 118.80 | 115.20 | 122.40 | 129.60 | 136.80 | 147.60 |
| Volumen por dotación | (m3) | 11,145.6 | 10,627.2 | 10,368.0 | 9,849.60 | 9,331.20 | 8,812.80 | 8,553.60 | 8,294.40 | 8,812.80 | 9,331.20 | 9,849.60 | 10,627.2 |
| Días del mes | días | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| N° dotaciones/mes | N° | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Volumen total mensual | (m3/ mes) | 57,585.6 | 49,593.6 | 53,568.0 | 49,248.0 | 48,211.2 | 44,064.0 | 44,193.6 | 42,854.4 | 44,064.0 | 48,211.2 | 49,248.0 | 54,907.2 |

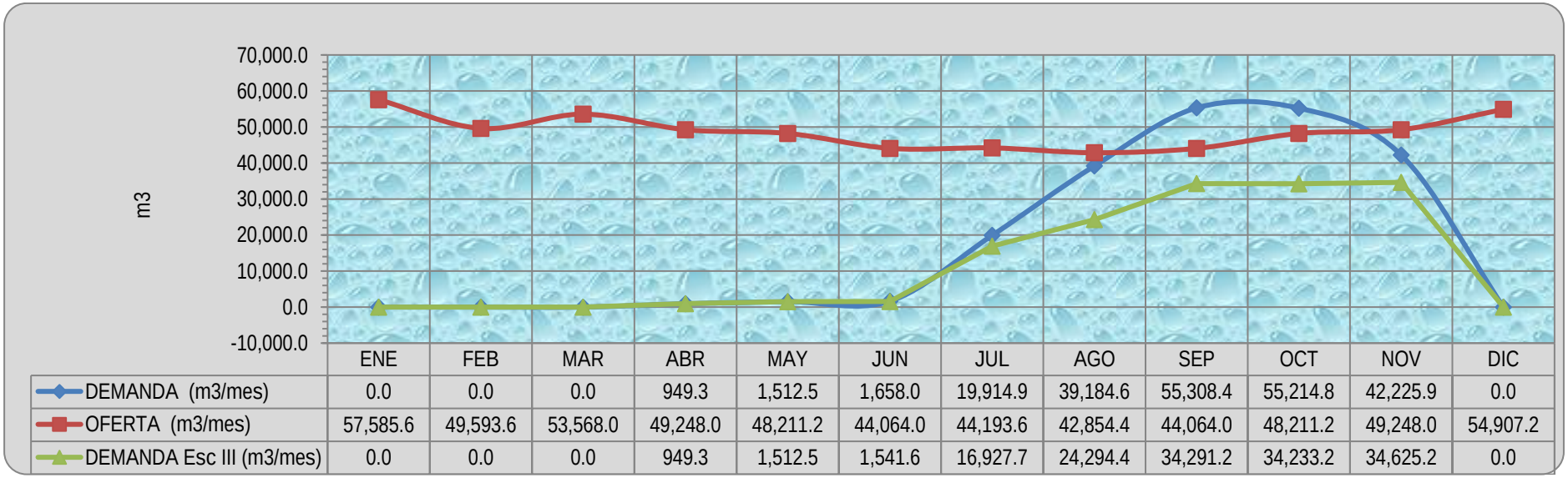
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 40**. Oferta de agua red de Limeña

| DESCRIPCIÓN | UND. | MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGOS | SET | OCT | NOV | DIC |
| Caudal | l/s | 45.00 | 43.00 | 41.00 | 39.00 | 35.00 | 34.00 | 33.00 | 33.00 | 34.00 | 37.00 | 39.00 | 43.00 |
| | m3/h | 162.00 | 154.80 | 147.60 | 140.40 | 126.00 | 122.40 | 118.80 | 118.80 | 122.40 | 133.20 | 140.40 | 154.80 |
| Volumen por dotación | (m3) | 7,776.00 | 7,430.40 | 7,084.80 | 6,739.20 | 6,048.00 | 5,875.20 | 5,702.40 | 5,702.40 | 5,875.20 | 6,393.60 | 6,739.20 | 7,430.40 |
| Número de días del mes | días | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| N° dotaciones/mes | N° | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Volumen total mensual | (m3/ mes) | 60,264.0 | 52,012.8 | 54,907.2 | 50,544.0 | 46,872.0 | 44,064.0 | 44,193.6 | 44,193.6 | 44,064.0 | 49,550.4 | 50,544.0 | 57,585.6 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 72**. Balance hídrico red de Chuspiyoc



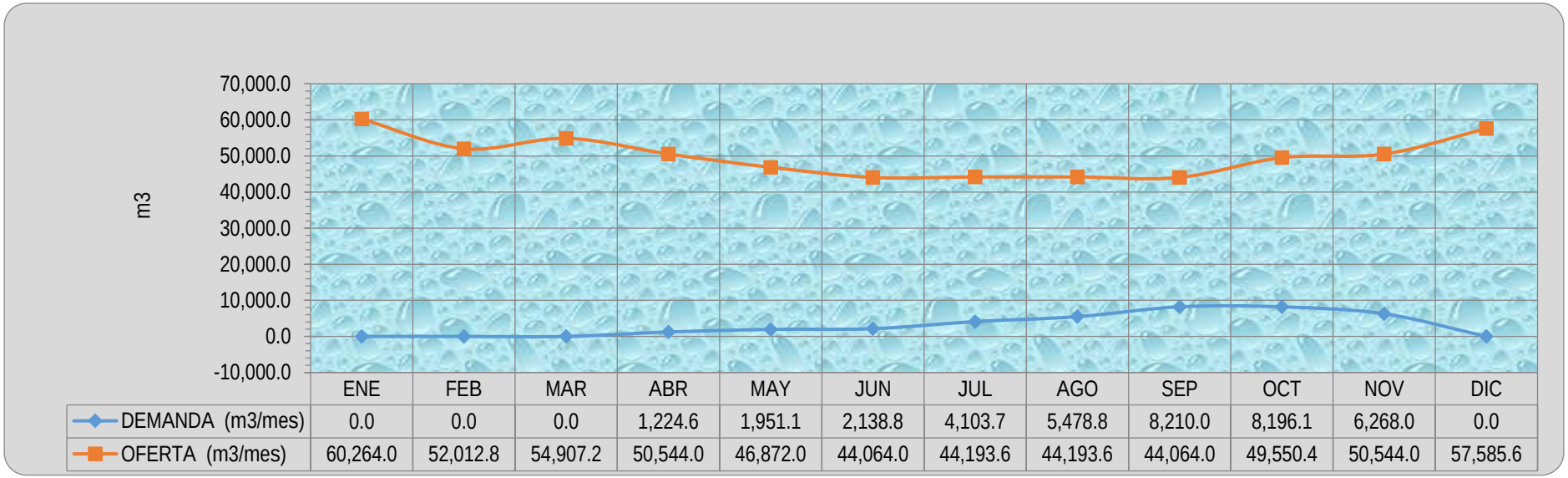

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 41.** Resultado del balance hídrico

| PARAMETRO | MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| OFERTA (m3/mes) | 57,585.6 | 49,593.6 | 53,568.0 | 49,248.0 | 48,211.2 | 44,064.0 | 44,193.6 | 42,854.4 | 44,064.0 | 48,211.2 | 49,248.0 | 54,907.2 |
| DEMANDA (m3/mes) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 949.3 | 1,512.5 | 1,658.0 | 19,914.9 | 39,184.6 | 55,308.4 | 55,214.8 | 42,225.9 | 0.0 |
| BALANCE (m3/mes) | 57,585.6 | 49,593.6 | 53,568.0 | 48,298.7 | 46,698.7 | 42,406.0 | 24,278.7 | 3,669.8 | -11,244.4 | -7,003.6 | 7,022.1 | 54,907.2 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 73.** Balance hídrico red de Limeña




**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 42.** Resultado del balance hídrico red de Limeña

| PARAMETRO | MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| OFERTA (m3/mes) | 60,264.0 | 52,012.8 | 54,907.2 | 50,544.0 | 46,872.0 | 44,064.0 | 44,193.6 | 44,193.6 | 44,064.0 | 49,550.4 | 50,544.0 | 57,585.6 |
| DEMANDA (m3/mes) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,224.6 | 1,951.1 | 2,138.8 | 4,103.7 | 5,478.8 | 8,210.0 | 8,196.1 | 6,268.0 | 0.0 |
| BALANCE (m3/mes) | 60,264.0 | 52,012.8 | 54,907.2 | 49,319.4 | 44,920.9 | 41,925.2 | 40,089.9 | 38,714.8 | 35,854.0 | 41,354.3 | 44,276.0 | 57,585.6 |

**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.2.2. Parametros de riego

#### 1. Parámetros de riego Chuspiyoc

Los parámetros de riego para mejorar la gestión del riego fueron adecuados a la construcción inicial del modelo calibrado de las redes de Chuspiyoc y Limeña.

**Tabla 43.** Dotación en hidrantes - red Chuspiyoc

| | Parámetros de riego | Datos | Unidad |
|---|---|---|---|
| 1 | JER…..... Jornada efectiva de riego | 12 | h |
| 2 | R ….....Rendimiento de la red | 0.50 | |
| 3 | Qfc….....Caudal ficticio continuo de la JER | 1.01 | l/s/ha |
| 4 | Ir .....Intervalo de riego | 6 | días |
| 5 | Tr ….....Tiempo de riego | 6 | h |
| 6 | Ns ….....Numero de sectores | 2 | sectores |
| 7 | S ….....Superficie unitaria | 1 | ha |
| 8 | d….....Dotación unitaria | 6.05 | l/s/ha |
| | **Dosis de riego y pluviometría del sistema** | **Datos** | **Unidad** |
| 9 | Dn ….....Dosis neta de riego | 26.14 | mm |
| 10 | Db….....Dosis bruta de riego | 34.85 | mm |
| 11 | Pms…....Pluviosidad media del sistema | 4.36 | mm/h |
| | **Elección de aspersores y marco de riego** | **Datos** | **Unidad** |
| | **TIPO I (VYR 60 - 3,6 * 2.4 mm)** | | |
| 12 | p….....Rango de presiones | 4.0 a 6.0 | bar |
| 13 | qasp…....Caudal de aspersor | 1450 | l/h |
| 14 | a ….....Distancia entre laterales | 18 | m |
| 15 | b ….....Distancia entre aspersores | 18 | m |
| 16 | Pasp…....Pluviometría de aspersor | 4.48 | mm/h |
| | **TIPO II (VYR 60 - 4 * 2.4 mm)** | | |
| 17 | p….....Rango de presiones | 3.0 a 4.0 | bar |
| 18 | qasp…....Caudal de aspersor | 1450 | l/h |
| 19 | a ….....Distancia entre laterales | 18 | m |
| 20 | b ….....Distancia entre aspersores | 18 | m |
| 21 | Pasp…....Pluviometría de aspersor | 4.48 | mm/h |
| | **TIPO III (VYR 36 - 4.4 * 2.4 mm)** | | |
| 22 | p….....Rango de presiones | 2.0 a 3.0 | bar |
| 23 | qasp…....Caudal de aspersor | 1387 | l/h |
| 24 | a ….....Distancia entre laterales | 18 | m |
| 25 | b ….....Distancia entre aspersores | 18 | m |
| 26 | Pasp…....Pluviometría de aspersor | 4.38 | mm/h |

**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 44.** Dotación de riego por aspersión turno I - red Chuspiyoc

| Turno | AREA | | | Dotación l/s/ha | Caudal por área | | LAMINA DE CULTIVO A REPONER | | | | | TIEMPO DE RIEGO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sub Unid. (ha) | Turno (ha) | | (l/s) | m3 | Turno (l/s) | Diaria (mm/día) | Intervalo de riego (días) | Sub unidades | Total (mm) | Pluviometría media (mm) | Aplicación de riego (Hr) | Caudal turno m3/h |
| | C2-3 | 0.49 | | | 2.97 | 10.70 | | | | | | | | 62.49 |
| | C2-1 | 0.44 | | | 2.63 | 9.48 | | | | | | | | 55.35 |
| I | C2-2 | 0.92 | 5.63 | 6.05 | 5.59 | 20.12 | 34.08 | 4.36 | 6.00 | 2.00 | 26.14 | 4.36 | 5.84 | 117.51 |
| | C1 | 3.27 | | | 19.78 | 71.22 | | | | | | | | 415.91 |
| | I1 | 0.51 | | | 3.10 | 11.17 | | | | | | | | 65.25 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 45.** Dotación de riego por aspersión turno II - red Chuspiyoc

| Turno | AREA | | | Dotación l/s/ha | Caudal por área | | LAMINA DE CULTIVO A REPONER | | | | | TIEMPO DE RIEGO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parcela | Sub unid. (ha) | Turno (ha) | | (l/s) | m3 | Turno (l/s) | Diaria (mm/día) | Intervalo de riego (días) | Sub unidades | Total (mm) | Pluviometría media (mm) | Aplicación de riego (Hr) | Caudal turno m3/h |
| | F5 | 0.51 | | | 3.07 | 11.06 | | | | | | | | 64.61 |
| | F4 | 0.34 | | | 2.08 | 7.50 | | | | | | | | 43.82 |
| | C5 | 0.68 | | | 4.13 | 14.85 | | | | | | | | 86.74 |
| | C6 | 0.23 | | | 1.39 | 5.01 | | | | | | | | 29.26 |
| | F3 | 0.75 | | | 4.56 | 16.42 | | | | | | | | 95.92 |
| II | F1 | 0.44 | 5.69 | 6.05 | 2.64 | 9.51 | 34.45 | 4.36 | 6.00 | 2.00 | 26.14 | 4.36 | 5.84 | 55.55 |
| | F2 | 0.49 | | | 2.94 | 10.59 | | | | | | | | 61.85 |
| | C7 | 0.19 | | | 1.17 | 4.21 | | | | | | | | 24.56 |
| | C3-2 | 0.64 | | | 3.85 | 13.85 | | | | | | | | 80.87 |
| | C3-1 | 1.06 | | | 6.44 | 23.19 | | | | | | | | 135.44 |
| | C4 | 0.36 | | | 2.17 | 7.82 | | | | | | | | 45.65 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 46.** Dotación de riego por aspersión turno III - red Chuspiyoc

| Turno | AREA | | | Dotación l/s/ha | Caudal por área | | LAMINA DE CULTIVO A REPONER | | | | | TIEMPO DE RIEGO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parcela | Sub unid. (ha) | Turno (ha) | | (l/s) | m3 | Turno (l/s) | Diaria (mm/día) | Intervalo de riego (días) | Sub unidades | Total (mm) | Pluviometría media (mm) | Aplicación de riego (Hr) | Caudal turno m3/h |
| III | F15 | 1.15 | 5.49 | 6.05 | 6.94 | 25.00 | 33.21 | 4.36 | 6.00 | 2.00 | 26.14 | 4.36 | 5.84 | 145.99 |
| | F16 | 0.13 | | | 0.82 | 2.94 | | | | | | | | 17.17 |
| | F17 | 0.80 | | | 4.81 | 17.32 | | | | | | | | 101.14 |
| | F18 | 0.31 | | | 1.87 | 6.72 | | | | | | | | 39.26 |
| | L7 | 0.38 | | | 2.32 | 8.34 | | | | | | | | 48.71 |
| | L6 | 0.24 | | | 1.47 | 5.28 | | | | | | | | 30.86 |
| | L5 | 0.07 | | | 0.40 | 1.43 | | | | | | | | 8.36 |
| | L4 | 0.31 | | | 1.85 | 6.66 | | | | | | | | 38.91 |
| | L3 | 0.18 | | | 1.06 | 3.83 | | | | | | | | 22.37 |
| | L2 | 0.31 | | | 1.89 | 6.82 | | | | | | | | 39.81 |
| | L1 | 0.27 | | | 1.65 | 5.93 | | | | | | | | 34.65 |
| | F24 | 0.72 | | | 4.33 | 15.59 | | | | | | | | 91.06 |
| | F22 | 0.31 | | | 1.90 | 6.84 | | | | | | | | 39.96 |
| | F22 | 0.31 | | | 1.90 | 6.84 | | | | | | | | 39.96 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 47.** Dotación de riego por aspersión turno IV - red Chuspiyoc

| Turno | AREA | | | Dotación l/s/ha | Caudal por área | | LAMINA DE CULTIVO A REPONER | | | | | TIEMPO DE RIEGO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parcela | Sub unid. (ha) | Turno (ha) | | (l/s) | m3 | Turno (l/s) | Diaria (mm/día) | Intervalo de riego (días) | Sub unidades | Total (mm) | Pluviometría media (mm) | Aplicación de riego (Hr) | Turno |
| IV | F12 | 0.34 | 5.52 | 6.05 | 2.06 | 7.43 | 33.42 | 4.36 | 6.00 | 2.00 | 26.14 | 4.36 | 5.84 | 43.39 |
| | F11 | 0.85 | | | 5.13 | 18.47 | | | | | | | | 107.88 |
| | F20 | 0.19 | | | 1.13 | 4.06 | | | | | | | | 23.74 |
| | F19 | 0.31 | | | 1.88 | 6.78 | | | | | | | | 39.59 |
| | F21 | 0.18 | | | 1.07 | 3.84 | | | | | | | | 22.42 |
| | F10 | 0.47 | | | 2.87 | 10.33 | | | | | | | | 60.34 |
| | F9 | 0.47 | | | 2.83 | 10.18 | | | | | | | | 59.45 |
| | F14 | 0.38 | | | 2.3 | 8.29 | | | | | | | | 48.44 |
| | F10 | 0.47 | | | 2.87 | 10.33 | | | | | | | | 60.33 |
| | F9 | 0.47 | | | 2.82 | 10.15 | | | | | | | | 59.3 |
| | F8 | 0.4 | | | 2.44 | 8.8 | | | | | | | | 51.38 |
| | F7 | 0.22 | | | 1.31 | 4.7 | | | | | | | | 27.47 |
| | F7 | 0.22 | | | 1.32 | 4.77 | | | | | | | | 27.84 |
| | F6 | 0.56 | | | 3.38 | 12.17 | | | | | | | | 71.05 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 48.** Dotación de riego por aspersión turno V - red Chuspiyoc

| Turno | AREA | | | Dotación l/s/ha | Caudal por área | | LAMINA DE CULTIVO A REPONER | | | | | TIEMPO DE RIEGO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parcela | Sub unid. (ha) | Turno (ha) | | (l/s) | m3 | Turno (l/s) | Diaria (mm/día) | Intervalo de riego (días) | Sub unidades | Total (mm) | Pluviometría media (mm) | Aplicación de riego (Hr) | Turno |
| V | G2 | 0.17 | 5.43 | 6.05 | 1.02 | 3.66 | 32.87 | 4.36 | 6.00 | 2.00 | 26.14 | 4.36 | 5.84 | 21.38 |
| | G5 | 0.57 | | | 3.47 | 12.49 | | | | | | | | 72.96 |
| | G1 | 0.72 | | | 4.35 | 15.68 | | | | | | | | 91.54 |
| | F13-2 | 0.65 | | | 3.95 | 14.23 | | | | | | | | 83.11 |
| | F13-1 | 2.05 | | | 12.38 | 44.55 | | | | | | | | 260.18 |
| | G3-2 | 0.75 | | | 4.54 | 16.34 | | | | | | | | 95.41 |
| | G3-1 | 0.52 | | | 3.16 | 11.38 | | | | | | | | 66.44 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 49.** Dotación de riego por aspersión turno VI - red Chuspiyoc

| Turno | AREA | | | Dotación l/s/ha | Caudal por área | | LAMINA DE CULTIVO A REPONER | | | | | TIEMPO DE RIEGO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parcela | Sub unid. (ha) | Turno (ha) | | (l/s) | m3 | Turno (l/s) | Diaria (mm/día) | Intervalo de riego (días) | Sub unidades | Total (mm) | Pluviometría media (mm) | Aplicación de riego (Hr) | Turno |
| VI | H1 | 2.01 | 6.61 | 6.05 | 12.16 | 43.78 | 40.00 | 4.36 | 6.00 | 2.00 | 26.14 | 4.36 | 5.84 | 255.67 |
| | H2 | 0.94 | | | 5.67 | 20.40 | | | | | | | | 119.15 |
| | I3 | 0.82 | | | 4.96 | 17.85 | | | | | | | | 104.24 |
| | I1 | 0.51 | | | 3.11 | 11.18 | | | | | | | | 65.29 |
| | I2 | 0.75 | | | 4.53 | 16.30 | | | | | | | | 95.20 |
| | I2 | 0.82 | | | 4.97 | 17.88 | | | | | | | | 104.45 |
| | I2 | 0.48 | | | 2.89 | 10.39 | | | | | | | | 60.69 |
| | I5 | 0.29 | | | 1.73 | 6.22 | | | | | | | | 36.34 |

**Fuente**: Elaboración propia

## 2. Parámetros de riego Limeña

Se propone los siguientes parámetros de riego para una mejor gestión de riego en la red de Limeña.

**Tabla 50.** Dotación en hidrantes - red Limeña

| | Parámetros de riego | Datos | Unidad |
|---|---|---|---|
| 1 | JER…..... Jornada efectiva de riego | 8 | h |
| 2 | R ….....Rendimiento de la red | 0.33 | |
| 3 | qfc jer…....Caudal ficticio continuo de la JER | 1.52 | l/s/ha |
| 4 | Ir .....Intervalo de riego | 4 | días |
| 5 | Tr ….....Tiempo de riego | 4 | h |
| 6 | Ns ….....Numero de sectores | 2 | sectores |
| 7 | S ….....Superficie unitaria | 1 | ha |
| 8 | d….....Dotación unitaria | 6.05 | l/s/ha |
| | **Dosis de riego y pluviometría del sistema** | **Datos** | **Unidad** |
| 9 | Dn ….....Dosis neta de riego | 17.42 | mm |
| 10 | Db….....Dosis bruta de riego | 23.23 | mm |
| 11 | Pms…....Pluviosidad media del sistema | 4.36 | mm/h |
| | **Elección de Aspersores y marco de riego** | **Datos** | **Unidad** |
| | **TIPO I (VYR 60 - 3,6 * 2.4 mm)** | | |
| 12 | p….....Rango de presiones | 4.0 a 6.0 | bar |
| 13 | qasp…....Caudal de aspersor | 1450 | l/h |
| 14 | a ….....Distancia entre laterales | 18 | m |
| 15 | b ….....Distancia entre aspersores | 18 | m |
| 16 | Pasp…....Pluviometría de aspersor | 4.48 | mm/h |

**Fuente**: Elaboración propia

Para la red de limeña se propone una jornada efectiva de 8 horas por día, frecuencia de riego cada 4 días, con 2 subunidades por turno y un tiempo de riego de aplicación de 4 horas por cada sub unidad.

Y la selección del aspersor VYR 60 de una presión de trabajo de 4 bar, con 0.40 l/s de caudal con un marco de riego de 18 m x18 m.

**Tabla 51.** Dotación de riego por aspersión - red Limeña

| Turno | AREA | | | Dotación l/s/ha | Caudal por área | | LAMINA DE CULTIVO A REPONER | | | | | TIEMPO DE RIEGO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parcela | Sub unid. (ha) | Turno (ha) | | (l/s) | m3 | Turno (l/s) | Diaria (mm/día) | Intervalo de riego (días) | Sub unidades | Total (mm) | Pluviometría media (mm) | Aplicación de riego (Hr) | Turno |
| I | D1 | 0.64 | 1.31 | 6.05 | 4.00 | 13.89 | 8.36 | 4.36 | 4.00 | 2.00 | 17.42 | 4.36 | 3.89 | 81.10 |
| | D2 | 0.52 | | | 3.16 | 11.37 | | | | | | | | 66.40 |
| | D6 | 0.09 | | | 0.80 | 1.91 | | | | | | | | 11.17 |
| | D7 | 0.06 | | | 0.40 | 1.36 | | | | | | | | 7.92 |
| II | D3 | 1.21 | 1.21 | | 7.35 | 26.45 | 7.35 | | | | | | | 154.44 |
| III | D4 | 1.21 | 1.21 | | 7.35 | 26.45 | 7.35 | | | | | | | 154.44 |
| IV | D5 | 1.07 | 1.07 | | 6.47 | 23.30 | 6.47 | | | | | | | 136.10 |

**Fuente**: Elaboración propia

### 6.3. Modelo calibrado de la red de distribución

Se evaluaron un total de 48 hidrantes distribuidos en las distintas parcelas que están sectorizadas por turnos de riego en las redes de Chuspiyoc y Limeña.

Los hidrantes que se encontraron inoperativos durante el trabajo de campo no fueron considerados debido a que no representan condiciones reales de operación.

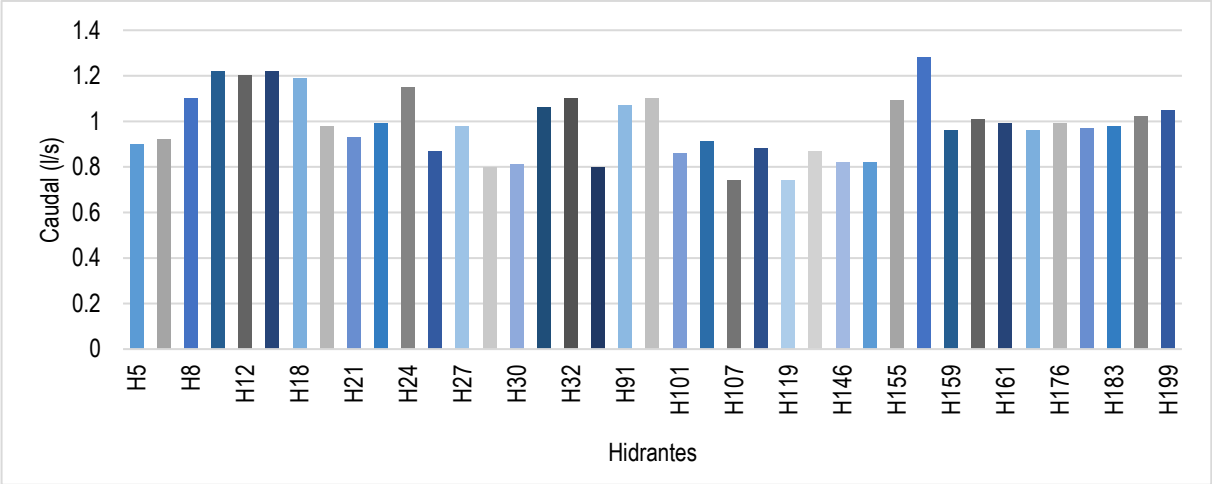
Para la calibración del modelo de la red de distribución de agua para riego, se realizó mediciones de caudales (l/s) y presiones en metros columna de agua (mca), mediciones que se resumen en las siguientes tablas:

**Tabla 52.** Mediciones de caudal en campo – red Chuspiyoc

| Red | Hidrante | Caudal (l/s) | Hidrante | Caudal (l/s) | Hidrante | Caudal (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chuspiyoc | H5 | 0.90 | H29 | 0.80 | H146 | 0.82 |
| | H7 | 0.92 | H30 | 0.81 | H153 | 0.82 |
| | H8 | 1.10 | H31 | 1.06 | H155 | 1.09 |
| | H10 | 1.22 | H32 | 1.10 | H157 | 1.28 |
| | H12 | 1.20 | H86 | 0.80 | H159 | 0.96 |
| | H13 | 1.22 | H91 | 1.07 | H160 | 1.01 |
| | H18 | 1.19 | H95 | 1.10 | H161 | 0.99 |
| | H20 | 0.98 | H101 | 0.86 | H172 | 0.96 |
| | H21 | 0.93 | H103 | 0.91 | H176 | 0.99 |
| | H22 | 0.99 | H107 | 0.74 | H180 | 0.97 |
| | H24 | 1.15 | H109 | 0.88 | H183 | 0.98 |
| | H25 | 0.87 | H119 | 0.74 | H198 | 1.02 |
| | H27 | 0.98 | H145 | 0.87 | H199 | 1.05 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 74.** Mediciones de caudal en campo – red Chuspiyoc




**Fuente:** Elaboración propia.

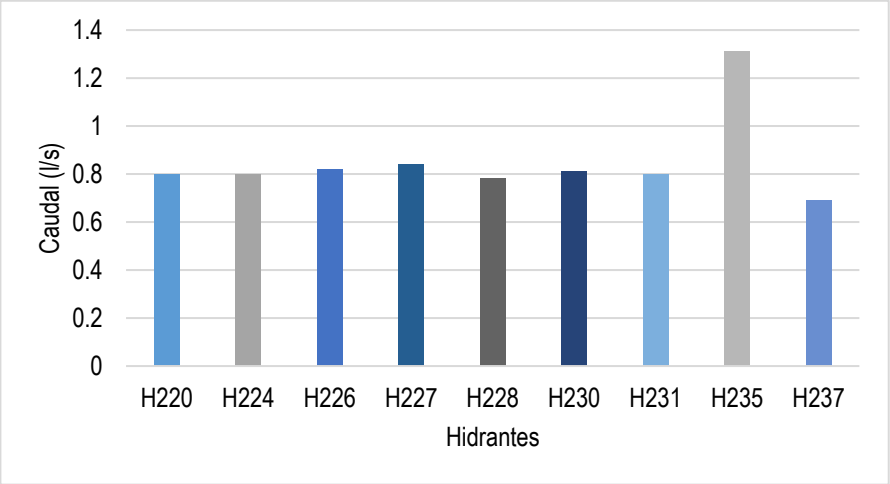
Según la Tabla 52 y la Figura 74, se presentan los caudales (l/s) medidos en los 39 hidrantes. Se observa que el mayor caudal obtenido corresponde al hidrante H157 con un caudal de 1.28 l/s, mientras que el menor caudal se obtuvo del hidrante H107 con 0.74 l/s. Siendo 0.98 l/s el caudal promedio de las mediciones.

**Tabla 53.** Mediciones de caudal en campo – red Limeña

| Red | Hidrante | Caudal (l/s) | Hidrante | Caudal (l/s) | Hidrante | Caudal (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Limeña | H220 | 0.80 | H227 | 0.84 | H231 | 0.80 |
| | H224 | 0.80 | H228 | 0.78 | H235 | 1.31 |
| | H226 | 0.82 | H230 | 0.81 | H237 | 0.69 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 75.** Mediciones de caudal en campo – red Limeña




**Fuente:** Elaboración propia.

Según la Tabla 53 y la Figura 75, se presentan los caudales (l/s) medidos en los hidrantes. Observándose que el mayor caudal obtenido corresponde al hidrante H235 con un caudal de 1.31 l/s, mientras que el menor caudal se obtuvo del hidrante H237 con 0.69 l/s. Siendo 0.85 l/s el caudal promedio de las mediciones.

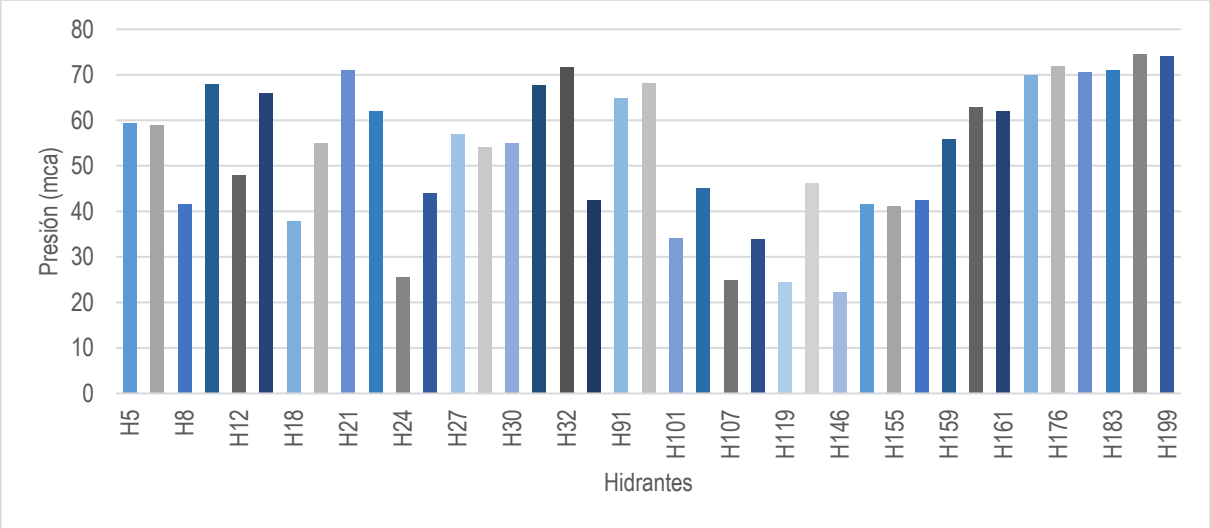
A continuación, se muestran las presiones medidas en campo, correspondientes a la presión dinámica a nivel de hidrantes.

**Tabla 54.** Mediciones de presión en campo – red Chuspiyoc

| Red | Hidrante | Presión (mca) | Hidrante | Presión (mca) | Hidrante | Presión (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chuspiyoc | H5 | 59.5 | H29 | 54.1 | H146 | 22.2 |
| | H7 | 59.0 | H30 | 55.0 | H153 | 41.7 |
| | H8 | 41.5 | H31 | 67.8 | H155 | 41.2 |
| | H10 | 68.0 | H32 | 71.6 | H157 | 42.4 |
| | H12 | 48.0 | H86 | 42.5 | H159 | 55.8 |
| | H13 | 66.0 | H91 | 64.9 | H160 | 63.0 |
| | H18 | 37.9 | H95 | 68.2 | H161 | 62.0 |
| | H20 | 55.0 | H101 | 34.1 | H172 | 70.0 |
| | H21 | 71.0 | H103 | 45.1 | H176 | 72.0 |
| | H22 | 62.0 | H107 | 25.0 | H180 | 70.5 |
| | H24 | 25.5 | H109 | 33.9 | H183 | 71.0 |
| | H25 | 44.0 | H119 | 24.5 | H198 | 74.5 |
| | H27 | 57.0 | H145 | 46.3 | H199 | 74.2 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 76.** Mediciones de presión en campo – red Chuspiyoc




**Fuente:** Elaboración propia.

Según la Tabla 54 y Figura 76, se presentan los datos de presión medidos en 39 hidrantes distribuidos en las distintas parcelas de la red de riego. Iniciando por las parcelas de la zona de Urpipuquio y finalizando en las parcelas de los campos experimentales “C1”, “C2”, “C3”, “C4” y “C5”. Se observa que la mayor presión obtenida corresponde al hidrante H198 con una presión de 74.50 mca, mientras que la menor presión se obtuvo del hidrante H146 con 22.2 mca.

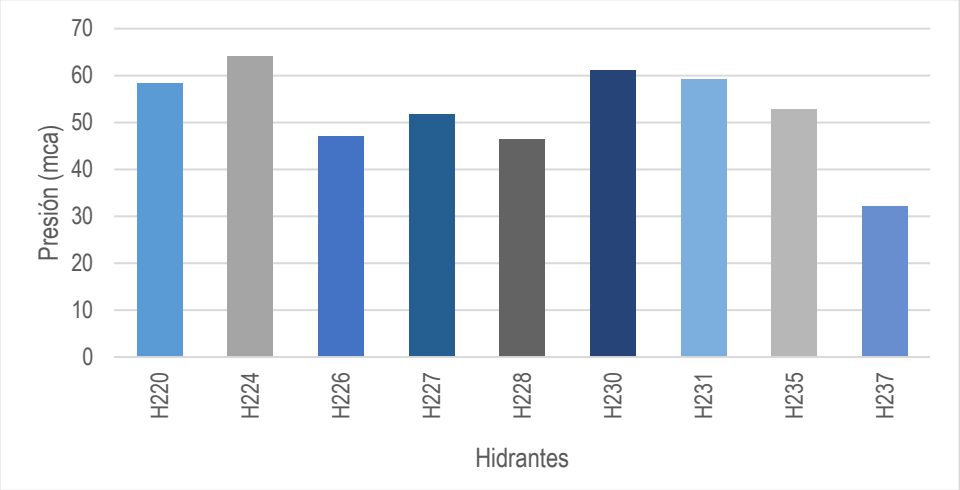
Las mediciones de las presiones de la red de limeña se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 55.** Mediciones de presión en campo – red Limeña

| Red | Hidrante | Presión (mca) | Hidrante | Presión (mca) | Hidrante | Presión (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Limeña | H220 | 58.4 | H227 | 51.8 | H231 | 59.2 |
| | H224 | 64.0 | H228 | 46.3 | H235 | 52.8 |
| | H226 | 47.0 | H230 | 61.0 | H237 | 32.2 |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 77.** Mediciones de presión en campo – red Limeña




**Fuente:** Elaboración propia.

Según la Tabla 55 y Figura 77, se presentan las presiones medidas en 9 hidrantes distribuidos en las distintas parcelas de la red de riego Limeña. Correspondiente a las zonas de Forestales (silvicultura), Thurpay y Leticia. Se observa que la mayor presión obtenido corresponde al hidrante H224 con una presión de 64.0 mca, mientras que la menor presión se obtuvo del hidrante H237 con 3222 mca. Siendo esta última debido a que se presente obstrucciones en la tubería que alimenta la demanda.

### 6.3.1. Calibración del "Escenario I"

Según las evaluaciones realizadas en todas las parcelas, se identificaron puntos críticos donde la red no opera, tal como se detalla en la Tabla 28, lo que impidió la medición de caudales en hidrantes de dichos sectores. Debido a esta situación, el único parámetro a calibrar fue las presiones mediante rugosidades en las tuberías. Asimismo, fue necesario realizar ajustes en el material instalado en las redes, que en

el presente estudio corresponde a tuberías de material PVC conforme a la norma NTP-ISO-1452.

En los siguientes resultados se muestran las estadísticas del reporte de calibración de presiones en condición actual de operación de las redes de riego, desarrollados mediante el software Epanet.

**Tabla 56.** Estadísticas de calibración de presiones – escenario I

| Nodo | Hidrante | Núm. Observados | Presión medida | Presión calculada | Error medio | Error RMS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | H5 | 1 | 59.5 | 61.26 | 1.761 | 1.761 |
| 46 | H7 | 1 | 59 | 56.73 | 2.272 | 2.272 |
| 47 | H8 | 1 | 41.45 | 39.43 | 2.016 | 2.016 |
| 49 | H10 | 1 | 68 | 64.61 | 3.391 | 3.391 |
| 52 | H12 | 1 | 48 | 50.16 | 2.159 | 2.159 |
| 53 | H13 | 1 | 66 | 60.72 | 5.277 | 5.277 |
| 59 | H18 | 1 | 37.9 | 41.33 | 3.434 | 3.434 |
| 61 | H20 | 1 | 55 | 53.11 | 1.888 | 1.888 |
| 63 | H21 | 1 | 71 | 68.69 | 2.307 | 2.307 |
| 65 | H22 | 1 | 62 | 52.45 | 9.552 | 9.552 |
| 67 | H24 | 1 | 25.5 | 26 | 0.499 | 0.499 |
| 68 | H25 | 1 | 44 | 40.37 | 3.633 | 3.633 |
| 70 | H27 | 1 | 57 | 53.88 | 3.118 | 3.118 |
| 73 | H29 | 1 | 54.1 | 48.15 | 5.95 | 5.95 |
| 74 | H20 | 1 | 55 | 49.86 | 5.136 | 5.136 |
| 75 | H31 | 1 | 67.8 | 57.87 | 9.929 | 9.929 |
| 76 | H32 | 1 | 71.6 | 67.26 | 4.341 | 4.341 |
| 155 | H86 | 1 | 42.5 | 34.31 | 8.191 | 8.191 |
| 160 | H91 | 1 | 64.9 | 57.2 | 7.697 | 7.697 |
| 164 | H95 | 1 | 68.2 | 66.19 | 2.012 | 2.012 |
| 181 | H107 | 1 | 25 | 19.49 | 5.509 | 5.509 |
| 174 | H101 | 1 | 34.1 | 28.21 | 5.89 | 5.89 |
| 177 | H103 | 1 | 45.1 | 49.2 | 4.098 | 4.098 |
| 183 | H109 | 1 | 33.9 | 25.69 | 8.213 | 8.213 |
| 193 | H119 | 1 | 24.5 | 25.8 | 1.3 | 1.3 |
| 234 | H146 | 1 | 22.2 | 16.75 | 5.449 | 5.449 |
| 241 | H153 | 1 | 41.7 | 43.48 | 1.78 | 1.78 |
| 243 | H155 | 1 | 41.2 | 32.8 | 8.395 | 8.395 |
| 232 | H145 | 1 | 46.3 | 54.01 | 7.706 | 7.706 |
| 245 | H157 | 1 | 42.4 | 35.52 | 6.878 | 6.878 |
| 247 | H159 | 1 | 55.8 | 60.2 | 4.402 | 4.402 |
| 248 | H160 | 1 | 63 | 67.55 | 4.55 | 4.55 |
| 249 | H161 | 1 | 62 | 66.7 | 4.702 | 4.702 |
| 261 | H172 | 1 | 70 | 73.55 | 3.546 | 3.546 |

| Nodo | Hidrante | Núm. Observados | Presión medida | Presión calculada | Error medio | Error RMS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 265 | H176 | 1 | 72 | 65.86 | 6.143 | 6.143 |
| 269 | H180 | 1 | 70.5 | 74.07 | 3.574 | 3.574 |
| 272 | H183 | 1 | 71 | 66.8 | 4.203 | 4.203 |
| 288 | H198 | 1 | 74.5 | 80.88 | 6.378 | 6.378 |
| 289 | H199 | 1 | 74.2 | 80.56 | 6.358 | 6.358 |
| 332 | H220 | 1 | 58.4 | 46.31 | 12.09 | 12.09 |
| 340 | H224 | 1 | 64 | 47.53 | 16.465 | 16.465 |
| 342 | H226 | 1 | 47 | 46.19 | 0.812 | 0.812 |
| 343 | H227 | 1 | 51.8 | 48.89 | 2.912 | 2.912 |
| 344 | H228 | 1 | 46.3 | 48.85 | 2.548 | 2.548 |
| 346 | H230 | 1 | 61 | 45.42 | 15.581 | 15.581 |
| 347 | H231 | 1 | 59.2 | 45.06 | 14.139 | 14.139 |
| 352 | H235 | 1 | 62 | 42.27 | 19.734 | 19.734 |
| 354 | H237 | 1 | 32.2 | 35.48 | 3.279 | 3.279 |
| | | **48** | **53.54** | **50.47** | **5.65** | **7.015** |

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la Tabla 56 se observa que, de los 48 hidrantes evaluados, el promedio de los datos de presión medidos en campo es de 53.54 mca, y el promedio de los datos de presiones simulados es de 50.47 mca, siendo el error medio de 5.65 mca y el error cuadrático medio (RMS error) de 7.01.

La diferencia entre los valores medidos y simulados indica que el modelo aún tiene margen de mejora. Siendo el caso del nodo 352 (Hidrante 235) de la red de Limeña que percibe un error de 19.73, lo que indica posibles puntos críticos donde la calibración puede optimizarse.

**Tabla 57.** Correlación entre presión medido y simulado - escenario I

| | | P. medido | P. calculada |
|---|---|---|---|
| P. campo | Correlación de Pearson | 1 | .911** |
| | Sig. (bilateral) | | 0.000 |
| | N | 48 | 48 |
| P. simulado | Correlación de Pearson | .911** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | 0.000 | |
| | N | 48 | 48 |

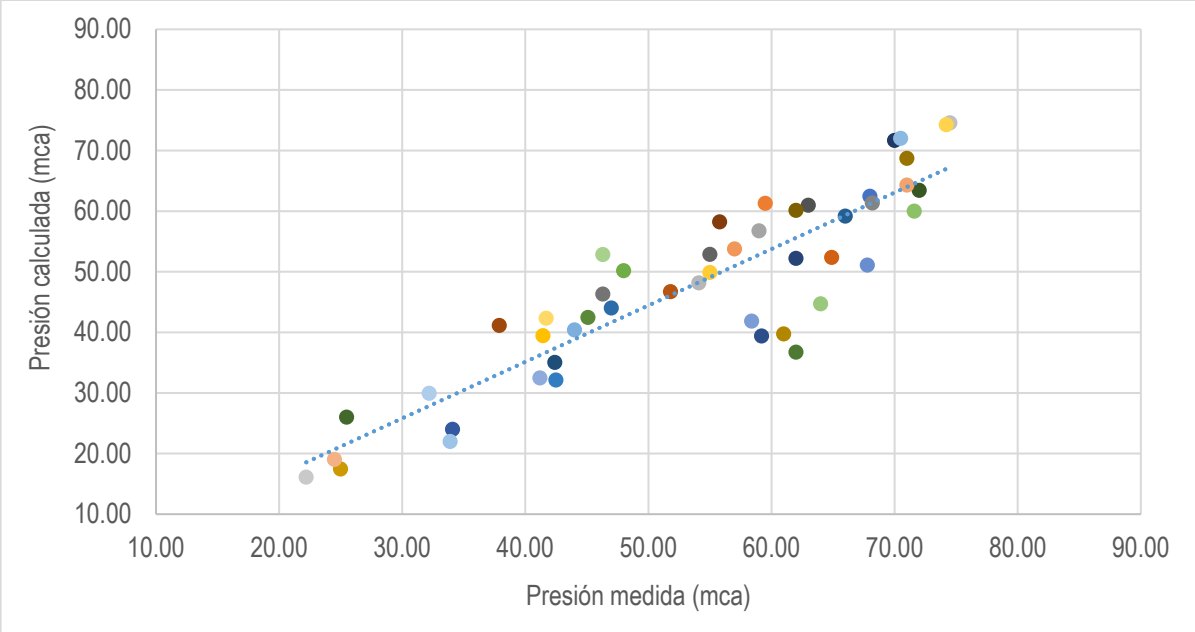
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Fuente:** Elaboración propia.

La correlación entre las presiones medidos en campo y los calculados en el modelo es de 0.911, lo que indica una correlación positiva muy fuerte del 91.1% entre ambas variables siendo el modelo de simulación representativo a la realidad. Lo que significa que, cuando las presiones medidas en campo aumentan, las presiones simuladas tienden a aumentar en una proporción similar o viceversa.

La probabilidad de error es baja, ya que P Valué (probabilidad de error) es menor que 0.01, la correlación es estadísticamente significativa al nivel del 1%, esto significa que hay muy baja probabilidad de que esta correlación sea producto del azar. Así mismo, Se tiene 48 observaciones en el análisis, lo que da solidez a los resultados. Estos resultados por una parte coinciden con **Pari (2018),** la cual señala el análisis estadístico evidencio una diferencia significativa entre ambos conjuntos de datos (valor de p = 0.00), lo que demuestra que, si bien existen similitudes puntuales, las presiones medidas en campo no siempre coinciden con las del diseño hidráulico.

**Figura 78.** Diagrama de dispersión – escenario I



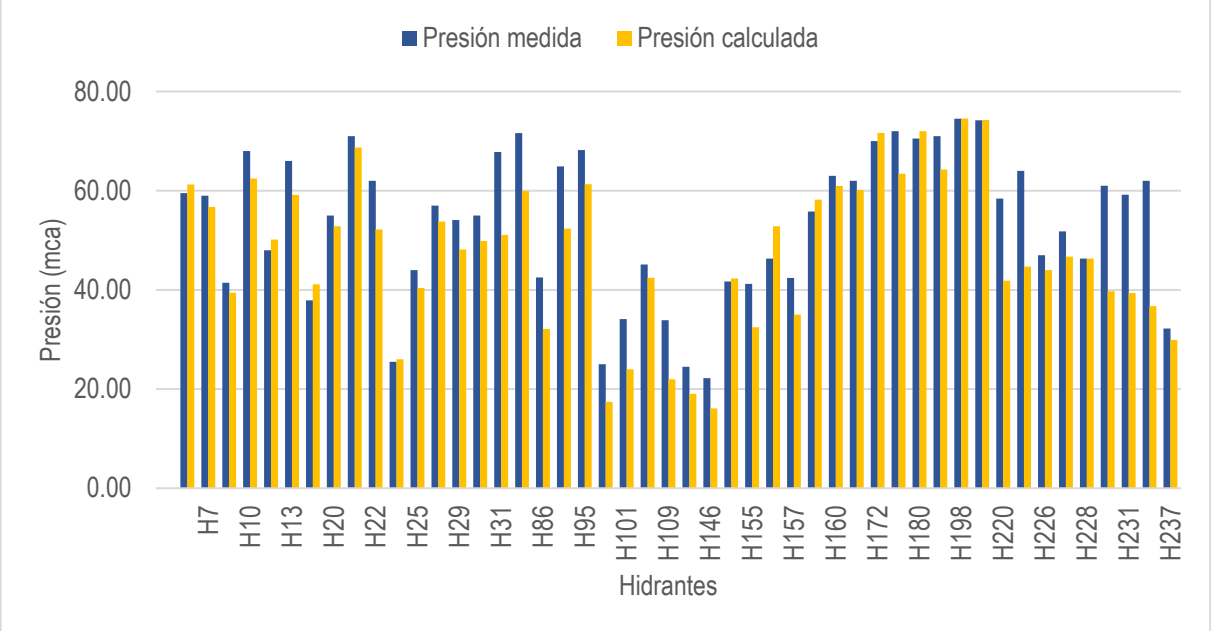

**Fuente:** Elaboración propia.

El diagrama de dispersión evidencia la existencia de relación entre las presiones medidas en campo (eje X) y las simuladas en el modelo (eje Y). Donde la tendencia

lineal presenta una pendiente positiva, lo que indica que, a medida que la presión en campo aumenta, la presión simulada también lo hace.

En la Figura 79 se visualiza las barras en color ámbar, que representan las presiones simuladas y las barras azules, que corresponde a las presiones medidas en campo. Se identifican diferencias considerables entre ambas variables, como son los hidrantes H22, H31, H86, H109, H155, H220, H224, H230, H231 y H235 donde la presión medida en campo es considerablemente mayor que la simulada. Estas diferencias son atribuibles a la forma actual en la que viene operando la red de riego.

**Figura 79.** Comparación de valores medios de presión – escenario I




**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.3.2. Calibración del "Escenario II"

En la Tabla 58 se presentan los resultados de las estadísticas de calibración de presiones en el escenario II.

Obteniendo un promedio de los datos de presión medidos en campo de 53.54 mca, y un promedio de los datos de presiones simulados de 47.73 mca, el error medio es 6.65 y el error cuadrático medio (RMS error) es de 8.99. No obstante, la diferencia existente entre los valores medidos y los simulados sugiere que el modelo tiene

margen de mejora, ya que algunos hidrantes evaluados presentan errores significativos. Siendo un claro ejemplo, el nodo 352 (Hidrante 235) de la red de Limeña que percibe un error de 25.28, lo que indica que a mayor demanda del caudal las presiones simuladas tienden a bajar.

**Tabla 58.** Estadísticas de calibración de presiones – escenario II

| Nodo | Hidrante | Núm. Observados | Presión medida | Presión calculada | Error medio | Error RMS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | H5 | 1 | 59.50 | 61.26 | 1.76 | 1.76 |
| 46 | H7 | 1 | 59.00 | 56.73 | 2.27 | 2.27 |
| 47 | H8 | 1 | 41.45 | 39.43 | 2.02 | 2.02 |
| 49 | H10 | 1 | 68.00 | 62.44 | 5.56 | 5.56 |
| 52 | H12 | 1 | 48.00 | 50.16 | 2.16 | 2.16 |
| 53 | H13 | 1 | 66.00 | 59.16 | 6.84 | 6.84 |
| 59 | H18 | 1 | 37.90 | 41.12 | 3.22 | 3.22 |
| 61 | H20 | 1 | 55.00 | 52.84 | 2.16 | 2.16 |
| 63 | H21 | 1 | 71.00 | 68.69 | 2.31 | 2.31 |
| 65 | H22 | 1 | 62.00 | 52.18 | 9.83 | 9.83 |
| 67 | H24 | 1 | 25.50 | 26.00 | 0.50 | 0.50 |
| 68 | H25 | 1 | 44.00 | 40.37 | 3.63 | 3.63 |
| 70 | H27 | 1 | 57.00 | 53.75 | 3.25 | 3.25 |
| 73 | H29 | 1 | 54.10 | 48.15 | 5.95 | 5.95 |
| 74 | H20 | 1 | 55.00 | 49.86 | 5.14 | 5.14 |
| 75 | H31 | 1 | 67.80 | 51.08 | 16.72 | 16.72 |
| 76 | H32 | 1 | 71.60 | 59.97 | 11.63 | 11.63 |
| 155 | H86 | 1 | 42.50 | 32.12 | 10.38 | 10.38 |
| 160 | H91 | 1 | 64.90 | 52.35 | 12.55 | 12.55 |
| 164 | H95 | 1 | 68.20 | 61.33 | 6.87 | 6.87 |
| 181 | H107 | 1 | 25.00 | 17.42 | 7.59 | 7.59 |
| 174 | H101 | 1 | 34.10 | 23.98 | 10.12 | 10.12 |
| 177 | H103 | 1 | 45.10 | 42.45 | 2.65 | 2.65 |
| 183 | H109 | 1 | 33.90 | 21.97 | 11.93 | 11.93 |
| 193 | H119 | 1 | 24.50 | 19.03 | 5.47 | 5.47 |
| 234 | H146 | 1 | 22.20 | 16.09 | 6.11 | 6.11 |
| 241 | H153 | 1 | 41.70 | 42.31 | 0.61 | 0.61 |
| 243 | H155 | 1 | 41.20 | 32.45 | 8.75 | 8.75 |
| 232 | H145 | 1 | 46.30 | 52.83 | 6.53 | 6.53 |
| 245 | H157 | 1 | 42.40 | 35.02 | 7.38 | 7.38 |
| 247 | H159 | 1 | 55.80 | 58.20 | 2.40 | 2.40 |
| 248 | H160 | 1 | 63.00 | 60.96 | 2.04 | 2.04 |
| 249 | H161 | 1 | 62.00 | 60.11 | 1.89 | 1.89 |
| 261 | H172 | 1 | 70.00 | 71.65 | 1.65 | 1.65 |
| 265 | H176 | 1 | 72.00 | 63.41 | 8.59 | 8.59 |

| Nodo | Hidrante | Núm. Observados | Presión medida | Presión calculada | Error medio | Error RMS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 269 | H180 | 1 | 70.50 | 71.99 | 1.49 | 1.49 |
| 272 | H183 | 1 | 71.00 | 64.27 | 6.73 | 6.73 |
| 288 | H198 | 1 | 74.50 | 74.56 | 0.06 | 0.06 |
| 289 | H199 | 1 | 74.20 | 74.24 | 0.04 | 0.04 |
| 332 | H220 | 1 | 58.40 | 41.84 | 16.56 | 16.56 |
| 340 | H224 | 1 | 64.00 | 44.69 | 19.31 | 19.31 |
| 342 | H226 | 1 | 47.00 | 44.00 | 3.00 | 3.00 |
| 343 | H227 | 1 | 51.80 | 46.70 | 5.10 | 5.10 |
| 344 | H228 | 1 | 46.30 | 46.30 | 0.00 | 0.00 |
| 346 | H230 | 1 | 61.00 | 39.73 | 21.27 | 21.27 |
| 347 | H231 | 1 | 59.20 | 39.37 | 19.83 | 19.83 |
| 352 | H235 | 1 | 62.00 | 36.72 | 25.28 | 25.28 |
| 354 | H237 | 1 | 32.20 | 29.93 | 2.27 | 2.27 |
| | | **48** | **53.54** | **47.73** | **6.65** | **8.99** |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 59.** Correlación entre presión medido y simulado - escenario II

| | | P. medido | P. calculada |
|---|---|---|---|
| P. Campo | Correlación de Pearson | 1 | .892** |
| | Sig. (bilateral) | | 0.000 |
| | N | 48 | 48 |
| P. simulado | Correlación de Pearson | .892** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | 0.000 | |
| | N | 48 | 48 |

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Fuente:** Elaboración propia.

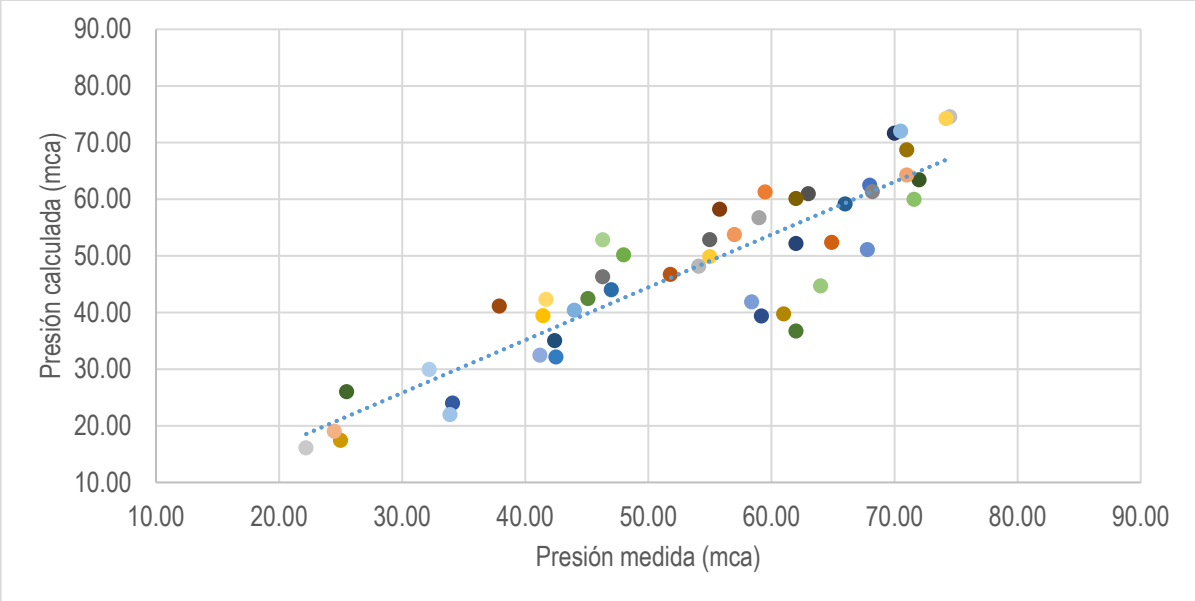
La correlación entre las presiones medidos en campo y los simulados en el modelo es de 0.892, lo que indica una correlación positiva fuerte del 89.2% entre ambas variables.

La probabilidad de error es baja, ya que P Valué (probabilidad de error) es menor que 0.01, la correlación es estadísticamente significativa al nivel del 1%, esto significa que hay muy baja probabilidad de que esta correlación sea producto del azar. Así mismo, Se tiene 48 observaciones en el análisis, lo que da solidez a los resultados. Estos resultados por una parte coinciden con **Pari (2018),** la cual señala el análisis estadístico evidencio una diferencia significativa entre ambos conjuntos de datos

(valor de p = 0.00), lo que demuestra que, si bien existen similitudes puntuales, las presiones medidas en campo no siempre coinciden con las del diseño hidráulico. Asimismo, se recomienda validar los diseños con mediciones reales antes de su implementación definitiva.

Así mismo el diagrama de dispersión evidencia la existencia de relación entre las presiones medidas en campo (eje X) y las simuladas en el modelo (eje Y) para el escenario II. Sin embargo, en la Figura 80 se observa que algunos valores de presión se desvían considerablemente de la tendencia lineal, como en los hidrantes H22, H31, H32, H86, H91, H101, H109, H220, H224, H230, H231 y H235 donde la presión simulada es considerablemente menor que las mediciones en campo. Esto confirma lo mostrado en la tabla estadística donde el error medio es 6.65 y el error cuadrático medio (RMS) 8.99, lo que permite identificar posibles inconsistencias en el diseño y construcción de la red de distribución.

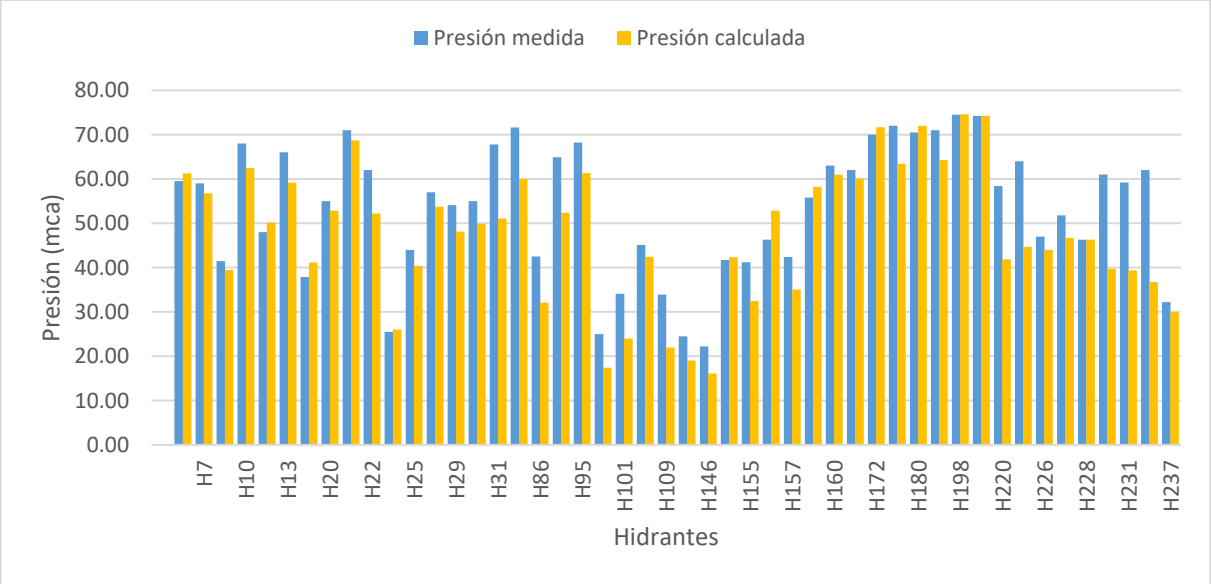
**Figura 80.** Diagrama de dispersión - escenario II




**Fuente:** Elaboración propia.

A mayor demanda de caudal la operación viene siendo despresurizada en algunos sectores tal como se evidencia en la Figura 81.

**Figura 81.** Comparación de valores de presión – escenario II




**Fuente:** Elaboración propia.

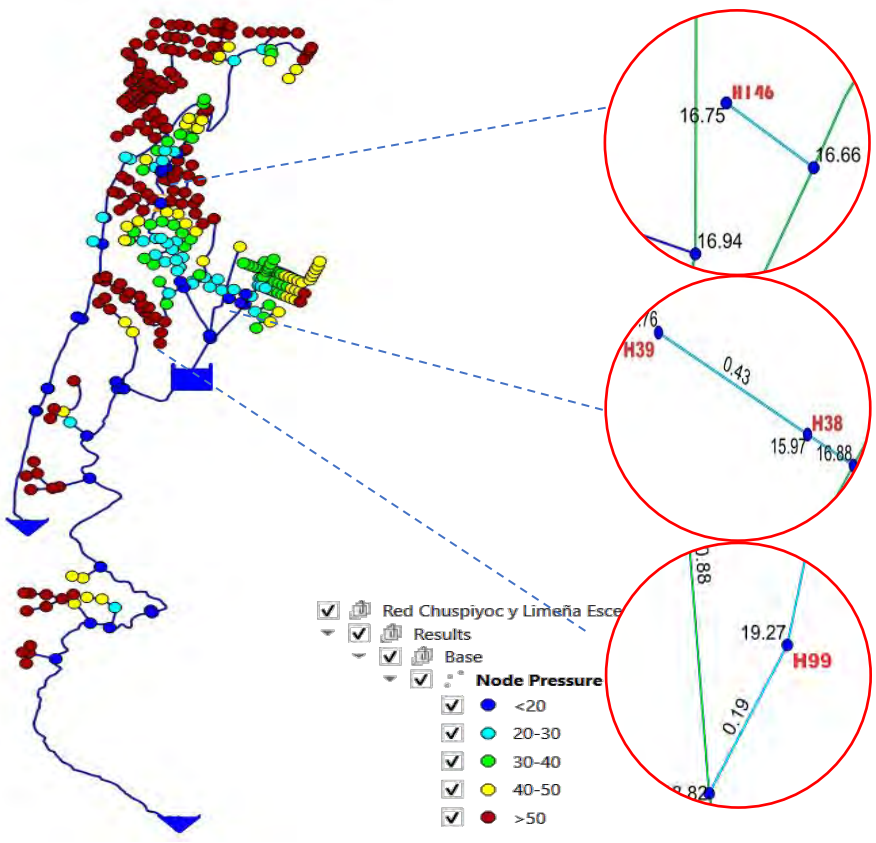
## 6.4. Simulación hidráulica

### 6.4.1. Simulación hidráulica “Escenario I” - situacion actual

Para las simulaciones hidráulicas del modelo, se utilizó el método de análisis “PDA”, lo que significa que la demanda de caudal en cada nodo es dependiente de la presión. Se presenta el análisis para este escenario, profundizando en el estudio de los comportamientos hidráulicos en cada turno del proyecto, con el propósito de evaluar el desempeño de la red bajo condiciones actuales de operación.

1. **Simulación hidráulica - turno I**

**Figura 82.** Simulación de presiones escenario I – turno 1




**Fuente**: Elaboración propia

La Tabla 60 presenta las demandas correspondientes al escenario I durante el turno 1, registrándose un caudal de demanda de 19 l/s, equivalente al 52.78% de los hidrantes en funcionamiento, los cuales se encuentran operativos. Por otro lado, los hidrantes inoperativos presentan una consigna de caudal de demanda 0 l/s.

**Tabla 60.** Hidrantes con demanda escenario I – turno 1

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H2 | 1.00 | H80 | 1.00 | H38 | 1.00 | H212 | 0.00 |
| H18 | 1.00 | H119 | 1.00 | H39 | 1.00 | H213 | 0.00 |
| H19 | 1.00 | H120 | 1.00 | H125 | 0.00 | H214 | 0.00 |
| H31 | 1.00 | H121 | 1.00 | H126 | 0.00 | H215 | 0.00 |
| H32 | 1.00 | H122 | 1.00 | H127 | 0.00 | H216 | 0.00 |
| H33 | 1.00 | H123 | 1.00 | H207 | 0.00 | H217 | 0.00 |
| H76 | 1.00 | H124 | 1.00 | H208 | 0.00 | H218 | 0.00 |
| H77 | 1.00 | H128 | 1.00 | H209 | 0.00 | | |
| H78 | 1.00 | H131 | 1.00 | H210 | 0.00 | | |
| H79 | 1.00 | | | H211 | 0.00 | | |

**Fuente**: Elaboración propia

Según la Tabla 60, los hidrantes; H125, H126, H127, H207, H208, H209, H210, H211, H212, H213, H214, H215, H216, H217 y H218 no registran demandas de caudal, debido a que no se encuentran operativos dentro del turno evaluado. En consecuencia, las tuberías asociadas a la parcela “C1” presentan valores de presión 0.00 mca, producto de la ausencia de circulación de agua.

En la siguiente tabla se muestra las presiones y velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc durante el intervalo de 00:00 a 11:00 horas.

**Tabla 61.** Resultado de simulación escenario I - turno 1

| Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | | | | | | |
| H1 | H2 | 36.13 | 152 | 0.04 | 6.89 | 0.38 | 26.45 |
| H32 | H33 | 32.32 | 58.4 | 0.12 | 1.00 | 0.37 | 59.26 |
| J78 | H38 | 15.36 | 58.4 | 0.10 | 1.34 | 0.50 | 15.97 |
| H38 | H39 | 50.00 | 44.4 | 0.34 | 0.66 | 0.43 | 15.76 |
| H79 | H80 | 18.00 | 58.4 | 0.07 | 1.00 | 0.37 | 47.36 |
| J25 | H125 | 46.62 | 104.6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H125 | H126 | 46.73 | 102 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H126 | H127 | 52.08 | 102 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H127 | H128 | 49.61 | 83.4 | 0.11 | 2.00 | 0.37 | 60.56 |
| J40 | H207 | 30.00 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H207 | H208 | 60.00 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| J40 | H209 | 29.81 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H209 | H210 | 57.65 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| J41 | H211 | 30.00 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |

| Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | | | | | | |
| H211 | H212 | 60.00 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| J41 | H213 | 30.00 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H213 | H214 | 59.91 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| J42 | H215 | 30.00 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H215 | H216 | 60.00 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| J42 | H217 | 32.88 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |
| H217 | H218 | 57.59 | 57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 00.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

Según la Tabla 61, se evidencia que los hidrantes que no se encuentran en funcionamiento no presentan registros de caudal y presión. Asimismo, los hidrantes H38 y H39 muestran presiones de trabajo inferiores a 38.00 mca.

**Tabla 62.** Resultado de déficit de presión escenario I - turno 1

| N° | Hidrante | Presión (mca) | Déficit de presión (mca) |
|---|---|---|---|
| 1 | H38 | 15.97 | 22.03 |
| 2 | H39 | 15.76 | 22.24 |

**Fuente**: Elaboración propia

Las presiones resultantes de los hidrantes estudiados se encuentran por debajo de los 38.00 mca y por encima caso del hidrante H128, algo que no coincide como se detalla en los cuadros de diseño de operación del "Expediente técnico" (**Unsaac, 2009)**. Como resultado de ello, no cumple con el coeficiente de uniformidad del 95%.

**2. Simulación hidráulica – turno II**

En la Tabla 63 se muestra las demandas correspondientes al escenario I, durante el turno 2, teniendo una demanda de 18 l/s equivalente al 50.00% de los hidrantes en funcionamiento.

**Tabla 63.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 2

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H111 | 1.00 | H152 | 1.00 | H51 | 0.00 | H150 | 0.00 |
| H112 | 1.00 | H153 | 1.00 | H62 | 0.00 | H200 | 0.00 |
| H113 | 1.00 | H198 | 1.00 | H63 | 0.00 | H203 | 0.00 |

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H145 | 1.00 | H199 | 1.00 | H64 | 0.00 | H204 | 0.00 |
| H146 | 1.00 | H201 | 1.00 | H65 | 0.00 | H205 | 0.00 |
| H147 | 1.00 | H202 | 1.00 | H66 | 0.00 | H4 | 0.00 |
| H148 | 1.00 | H206 | 1.00 | H67 | 0.00 | H15 | 0.00 |
| H149 | 1.00 | VG1 | 2.00 | H81 | 0.00 | H16 | 0.00 |
| H151 | 1.00 | H114 | 0.00 | H82 | 0.00 | H17 | 0.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra las presiones y velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc durante el intervalo de 24:00 a 35:00 horas.

**Tabla 64.** Resultado de simulación escenario I - turno 2

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | |
| 1 | J38 | H4 | 60.35 | 144.6 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | J6 | H15 | 96.73 | 58.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | H15 | H16 | 62.76 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | H16 | H17 | 57.71 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | J81 | H51 | 10.37 | 102 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | J83 | H62 | 7.20 | 102 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | H62 | H63 | 18.00 | 102 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | H63 | H64 | 18.00 | 83.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | H64 | H65 | 18.00 | 83.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | H65 | H66 | 17.20 | 58.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | H66 | H67 | 17.23 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | J86 | H81 | 7.20 | 83.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | H81 | H82 | 18.00 | 83.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | H113 | H114 | 53.16 | 43.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | J231 | H145 | 33.71 | 58.4 | 0.12 | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 54.01 |
| 16 | J227 | H146 | 12.56 | 44.4 | 0.09 | 7.5 | 0.69 | 0.45 | 16.75 |
| 17 | J228 | H147 | 15.77 | 44.4 | 0.13 | 7.5 | 0.75 | 0.48 | 18.74 |
| 18 | J230 | H150 | 18.49 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | H198 | H199 | 46.06 | 57 | 0.19 | 10 | 1.00 | 0.39 | 80.56 |
| 20 | J38 | H200 | 21.53 | 81.4 | 0.05 | 10 | 2.00 | 0.38 | 84.13 |
| 21 | H200 | H201 | 46.88 | 81.4 | 0.12 | 10 | 2.00 | 0.38 | 86.15 |
| 22 | H201 | H202 | 46.94 | 57 | 0.19 | 10 | 1.00 | 0.39 | 88.15 |
| 23 | H202 | H203 | 67.01 | 57 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 24 | H203 | H204 | 58.34 | 57 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25 | H202 | H205 | 24.06 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | J39 | H206 | 27.97 | 57 | 0.12 | 10 | 1.00 | 0.39 | 83.38 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la Tabla 64 se muestra que los hidrantes; H4, H15, H16, H17, H51, H62, H63, H64, H65, H66, H67, H81, H82, H114, H150, H200, H203, H204 y H205, no registran demandas de caudal, debido a que no se encuentran operativos dentro del turno evaluado. En consecuencia, las tuberías asociadas a las parcelas "del centro experimental C2 y H1 perteneciente al sector de Intipata y la parcela M10 perteneciente a Urpipuquio", presentan valores de presión 0.00 mca, producto de la ausencia de circulación de agua.

**Tabla 65.** Resultado de déficit de presión escenario I - turno 2

| N° | Hidrante | Presión (mca) | Déficit de presión (mca) |
|---|---|---|---|
| 1 | H146 | 16.75 | 21.25 |
| 2 | H147 | 18.74 | 19.26 |

**Fuente**: Elaboración propia

Los valores de presión registrados muestran variaciones respecto al estándar de 38.00 mca. En hidrantes como H199, H200, H201, H200 y H206 se evidencian presiones superiores, lo que implica riesgo de sobrecarga hidráulica y necesidad de regulación. En contraste, los hidrantes H146 y H147 presentan presiones inferiores, reflejando deficiencia en el suministro y posibles pérdidas de carga. Resultado que no coincide como se detalla en los cuadros de diseño de operación del "Expediente técnico" **(Unsaac, 2009)**.

### 3. Simulación Hidráulica – turno III

En la Tabla 66 se muestra las demandas correspondientes al escenario I, durante el turno 3, teniendo una demanda de 32 l/s equivalente al 86.49 % de los hidrantes en funcionamiento.

**Tabla 66.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 3

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H44 | 1.00 | H92 | 1.00 | H142 | 1.00 | H42 | 1.00 |
| H45 | 1.00 | H93 | 1.00 | H143 | 1.00 | H43 | 1.00 |

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H47 | 1.00 | H94 | 1.00 | H144 | 1.00 | H46 | 0.00 |
| H48 | 1.00 | H95 | 1.00 | H8 | 1.00 | H88 | 0.00 |
| H49 | 1.00 | H96 | 1.00 | H9 | 1.00 | H90 | 0.00 |
| H50 | 1.00 | H136 | 1.00 | H12 | 1.00 | H135 | 0.00 |
| H86 | 1.00 | H138 | 1.00 | H21 | 1.00 | H137 | 0.00 |
| H87 | 1.00 | H139 | 1.00 | H23 | 1.00 | | |
| H89 | 1.00 | H140 | 1.00 | H29 | 1.00 | | |
| H91 | 1.00 | H141 | 1.00 | H30 | 1.00 | | |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra las presiones y velocidades resultantes de la simulación de la red de Chuspiyoc durante el intervalo de 48:00 a 59:00 horas.

**Tabla 67**. Resultado de simulación escenario I - turno 3

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | |
| T47 | H8 | H9 | 50.99 | 58.4 | 0.19 | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 51.58 |
| T73 | H29 | H30 | 54.46 | 58.4 | 0.20 | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 49.86 |
| T105 | H49 | H50 | 18.00 | 58.4 | 0.07 | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 44.13 |
| T154 | J146 | H86 | 50.95 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T155 | J146 | H87 | 66.13 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T156 | J147 | H88 | 52.44 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T157 | H88 | H89 | 49.55 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T158 | J148 | H90 | 22.84 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T160 | J150 | H92 | 21.21 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T161 | H92 | H93 | 34.61 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T162 | J151 | H94 | 27.14 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T163 | J152 | H95 | 25.63 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T164 | J153 | H96 | 20.75 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la Tabla 67 se muestra que los hidrantes; H46, H88, H90, H135 y H137, no registran demandas de caudal, debido a que no se encuentran operativos. En consecuencia, las tuberías asociadas a las parcelas de Chacayoc “I2”, Lucrehuayco “L6 y L7” y la parcela “F17” perteneciente a San Bartolomé”, presentan valores de presión 0.00 mca, producto de la ausencia de circulación de agua.

## 4. Simulación hidráulica – turno IV

En la Tabla 68 se muestran las demandas correspondientes al escenario 1 durante el turno 4, teniendo una demanda de 27 l/s equivalente al 72.97 % de los hidrantes en funcionamiento.

**Tabla 68.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 4

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H53 | 1.00 | H105 | 1.00 | H158 | 1.00 | H52 | 0.00 |
| H54 | 1.00 | H106 | 1.00 | H159 | 1.00 | H56 | 0.00 |
| H55 | 1.00 | H109 | 1.00 | H160 | 1.00 | H59 | 0.00 |
| H57 | 1.00 | H110 | 1.00 | H162 | 1.00 | H103 | 0.00 |
| H58 | 1.00 | H1 | 1.00 | H163 | 1.00 | H104 | 0.00 |
| H60 | 1.00 | H154 | 1.00 | H164 | 1.00 | H117 | 0.00 |
| H61 | 1.00 | H155 | 1.00 | H10 | 1.00 | H161 | 0.00 |
| H101 | 1.00 | H156 | 1.00 | H13 | 1.00 | H165 | 0.00 |
| H102 | 1.00 | H157 | 1.00 | H14 | 1.00 | H3 | 0.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra las presiones y velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc durante el intervalo de 72:00 a 83:00 horas.

**Tabla 69.** Resultado de simulación escenario I - turno 4

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | |
| 1 | H9 | H10 | 62.93 | 58.4 | 0.23 | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 64.62 |
| 2 | H9 | H13 | 70.83 | 29.4 | 32.01 | 10 | 1.99 | 2.94 | 29.67 |
| 3 | H10 | H11 | 62.96 | 58.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | J20 | H99 | 18.91 | 104.6 | 0.05 | 5 | 3.96 | 0.46 | 19.33 |
| 5 | J22 | H109 | 39.88 | 85.6 | 0.07 | 5 | 1.91 | 0.33 | 25.63 |
| 6 | H109 | H110 | 45.31 | 85.6 | 0.03 | 5 | 1.00 | 0.17 | 35.32 |
| 7 | H110 | H117 | 45.50 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | H160 | H161 | 50.00 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | H163 | H164 | 51.45 | 58.4 | 0.19 | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 67.79 |
| 10 | H164 | H165 | 50.06 | 58.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la Tabla 69 se muestra que, los hidrantes; H52, H56, H59, H103, H104, H117, H161, H165, H3 y H11, no registran demandas de caudal, debido a que no se

encuentran operativos. En consecuencia, las tuberías asociadas a las parcelas de Urpipuquio “M5 y M4”, Campo experimental “C8” y la parcela “F13” perteneciente a San Bartolomé”, presentan valores de presión 0.00 mca, producto de la ausencia de circulación de agua.

En el tramo (H9 - H13) se tiene una velocidad superior del 2.5 m/s definido como valor máximo de velocidad por el Programa subsectorial de irrigaciones, en consecuencia, provocando un desgaste prematuro de las superficies internas de las tuberías. A causa de la instalación de un diámetro menor para conducir una demanda de 2 l/s.

El hidrante H147 presentan déficit de presión de 19.33 mca, reflejando deficiencia en el suministro y posibles pérdidas de carga.

## 5. Simulación hidráulica – turno V

En la Tabla 70 se muestran las demandas correspondientes al escenario 1 durante el turno 5, teniendo una demanda de 29 l/s equivalente al 78.37% de los hidrantes en funcionamiento.

**Tabla 70.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 5

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H68 | 1.00 | H130 | 1.00 | H182 | 1.00 | H69 | 0.00 |
| H71 | 1.00 | H134 | 1.00 | H186 | 1.00 | H70 | 0.00 |
| H73 | 1.00 | H166 | 1.00 | H187 | 1.00 | H72 | 0.00 |
| H74 | 1.00 | H167 | 1.00 | H188 | 1.00 | H116 | 0.00 |
| H75 | 1.00 | H172 | 1.00 | H189 | 1.00 | H132 | 0.00 |
| H99 | 1.00 | H174 | 1.00 | H20 | 1.00 | H133 | 0.00 |
| H100 | 1.00 | H175 | 1.00 | H22 | 1.00 | H173 | 0.00 |
| H115 | 1.00 | H179 | 1.00 | H26 | 1.00 | H28 | 0.00 |
| H118 | 1.00 | H180 | 1.00 | H27 | 1.00 | | |
| H129 | 1.00 | H181 | 1.00 | | | | |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra las presiones y velocidades resultantes de la simulación de la red de Chuspiyoc durante el intervalo de 96:00 a 107:00 horas.

**Tabla 71.** Resultado de simulación escenario I - turno 5

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Mat. | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | | |
| 1 | H20 | J62 | 26.09 | 58.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 60.15 |
| 2 | H25 | H28 | 185.28 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | H68 | H69 | 18.00 | 102.0 | 0.05 | PVC | 7.5 | 4.00 | 0.49 | 36.83 |
| 4 | H74 | H75 | 18.00 | 58.4 | 0.07 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 42.82 |
| 5 | J20 | H99 | 18.91 | 104.6 | 0.01 | PVC | 5 | 1.59 | 0.18 | 18.36 |
| 6 | H99 | H100 | 46.77 | 85.6 | 0.02 | PVC | 5 | 0.85 | 0.15 | 22.96 |
| 7 | J22 | H109 | 39.88 | 85.6 | 0.08 | PVC | 5 | 2.00 | 0.35 | 24.26 |
| 8 | H109 | H110 | 45.31 | 85.6 | 0.09 | PVC | 5 | 2.00 | 0.35 | 33.89 |
| 9 | H110 | H111 | 49.41 | 85.6 | 0.10 | PVC | 5 | 2.00 | 0.35 | 34.49 |
| 10 | H115 | H116 | 50.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | J25 | H125 | 46.62 | 104.6 | 0.07 | PVC | 5 | 3.00 | 0.35 | 33.69 |
| 12 | H125 | H126 | 46.73 | 102.0 | 0.08 | PVC | 7.5 | 3.00 | 0.37 | 42.72 |
| 13 | H126 | H127 | 52.08 | 102.0 | 0.09 | PVC | 7.5 | 3.00 | 0.37 | 48.20 |
| 14 | H129 | H130 | 49.79 | 57.0 | 0.20 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 68.53 |
| 15 | J206 | H132 | 19.01 | 57.0 | 0.00 | PVC | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | J207 | H133 | 18.85 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la Tabla 71 se muestra que, los hidrantes; H69, H70, H72, H116, H132, H133, H173 y H28, no registran demandas de caudal, debido a que no se encuentran operativos. En consecuencia, las tuberías asociadas a las parcelas de Limeña “L20”, Intipata “I2” y la parcela “F13” perteneciente a San Bartolomé”, presentan valores de presión 0.00 mca, producto de la ausencia de circulación de agua.

**Tabla 72.** Resultado de déficit de presión escenario I - turno 5

| N° | Hidrante | Presión (mca) | Déficit de presión(mca) |
|---|---|---|---|
| 1 | H99 | 18.36 | 19.64 |

**Fuente**: Elaboración propia

Los valores de presión registrados muestran variaciones respecto a lo planteado en el expediente técnico de 38.00 mca. En hidrantes como H133 se evidencia presión superior, lo que implica riesgo de sobrecarga hidráulica y necesidad de regulación. En contraste, el hidrante H99 presenta presión inferior, reflejando deficiencia en el

suministro y posibles pérdidas de carga. Resultado que no coincide como se detalla en los cuadros de diseño de operación del "Expediente técnico" **(Unsaac, 2009).**

### 6. Simulación hidráulica – turno VI

En la Tabla 73 se muestran las demandas correspondientes al escenario 1 durante el turno 6, teniendo una demanda de 29 l/s equivalente al 78.37% de los hidrantes en funcionamiento.

**Tabla 73.** Hidrantes con demanda escenario I - turno 6

| Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H107 | 1.00 | H184 | 1.00 | H6 | 1.00 | H83 | 0.00 |
| H108 | 1.00 | H185 | 1.00 | H7 | 1.00 | H84 | 0.00 |
| H168 | 1.00 | H190 | 1.00 | H24 | 1.00 | H85 | 0.00 |
| H169 | 1.00 | H191 | 1.00 | H25 | 1.00 | H97 | 0.00 |
| H170 | 1.00 | H192 | 1.00 | VG2 | 2.00 | H98 | 0.00 |
| H171 | 1.00 | H193 | 1.00 | H34 | 1.00 | H197 | 0.00 |
| H176 | 1.00 | H194 | 1.00 | VG2 | 2.00 | H35 | 0.00 |
| H177 | 1.00 | H195 | 1.00 | H34 | 1.00 | H40 | 0.00 |
| H178 | 1.00 | H196 | 1.00 | | | H41 | 0.00 |
| H183 | 1.00 | H5 | 1.00 | | | | |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra las presiones y velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc durante el intervalo de 120:00 a 131:00 horas.

**Tabla 74.** Resultado de simulación escenario I - turno 6

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | |
| 1 | H24 | H25 | 56.12 | 58.4 | 0.21 | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 40.06 |
| 2 | J16 | J78 | 207.97 | 104.6 | 0.35 | 5 | 2.98 | 0.35 | 16.83 |
| 3 | J78 | J79 | 45.46 | 102 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | J88 | H35 | 61.86 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | J79 | H40 | 23.49 | 58.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | H40 | H41 | 50.00 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | J17 | J141 | 227.59 | 104.6 | 0.00 | 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | J141 | H83 | 15.12 | 58.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | H83 | H84 | 48.36 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | H83 | H85 | 52.83 | 44.4 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| ID | Tramo | | L. | D | Hf | C | Q | V. | P. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | (m) | (mm) | (m) | | (L/s) | (m/s) | (mca) |
| 11 | J19 | J166 | 43.31 | 104.6 | 0.00 | 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | J166 | J167 | 58.47 | 102 | 0.00 | 7.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | J166 | H97 | 10.15 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | J167 | H98 | 22.66 | 29.4 | 0.00 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | J36 | J254 | 8.33 | 99.4 | 0.46 | 10 | 17.00 | 2.19 | 65.49 |
| 16 | H184 | H191 | 20.00 | 81.4 | 0.05 | 10 | 1.95 | 0.38 | 67.78 |
| 17 | H185 | H192 | 21.76 | 57 | 0.27 | 10 | 1.74 | 0.68 | 68.24 |
| 18 | H185 | H190 | 21.00 | 81.4 | 0.03 | 10 | 1.33 | 0.26 | 67.72 |
| 19 | H190 | H193 | 21.758 | 57 | 0.24 | 10 | 1.65 | 0.65 | 68.50 |
| 20 | H191 | H194 | 21.758 | 57 | 0.24 | 10 | 1.62 | 0.63 | 68.68 |
| 21 | H192 | H195 | 20.986 | 57 | 0.06 | 10 | 0.77 | 0.30 | 69.12 |
| 22 | H194 | H197 | 20.986 | 57 | 0.03 | 10 | 0.50 | 0.2 | 69.67 |
| 23 | H195 | H196 | 20.98 | 57.00 | 0.01 | 10 | 0.73 | 0.28 | 69.43 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la Tabla 74 se muestra que, los hidrantes; H83, H84, H72, H85, H97, H98, H197, H35, H40 y H41, no registran demandas de caudal, debido a que no se encuentran operativos. En consecuencia, las tuberías asociadas a las parcelas de Chacayoc “I5”, Intipata “H2”, Atocctoclla “G3 y G5. presentan valores de presión 0.00 mca, producto de la ausencia de circulación de agua.

Los valores de presión registrados muestran variaciones respecto a lo planteado en el expediente técnico de 38.00 mca. En hidrantes como H190, H191, H192, H193, H194, H195, H196 y H197 se evidencia presión superior, lo que implica riesgo de sobrecarga hidráulica y necesidad de regulación. Resultado que no coincide como se detalla en los cuadros de diseño de operación del “Expediente técnico” **(Unsaac, 2009).**

### 6.4.2. Simulación hidráulica “Escenario II” - situación maxima demanda

#### 1. Simulación hidráulica escenario II - turno 1

En la Tabla 75 se muestra las demandas correspondientes al escenario II durante el turno 1, teniendo una demanda de 36 l/s caudal equivalente al 100.00% de los hidrantes en funcionamiento, bajo la suposición de que los hidrantes (H125, H126, H127, H207, H208, H209, H210, H211, H212, H213, H214, H215, H216, H217 y H218) hayan sido puesto en operación. Cabe recalcar que los 15 hidrantes en mención se encuentran inoperativos en la actualidad.

**Tabla 75.** Caudal demandado escenario II – turno 1

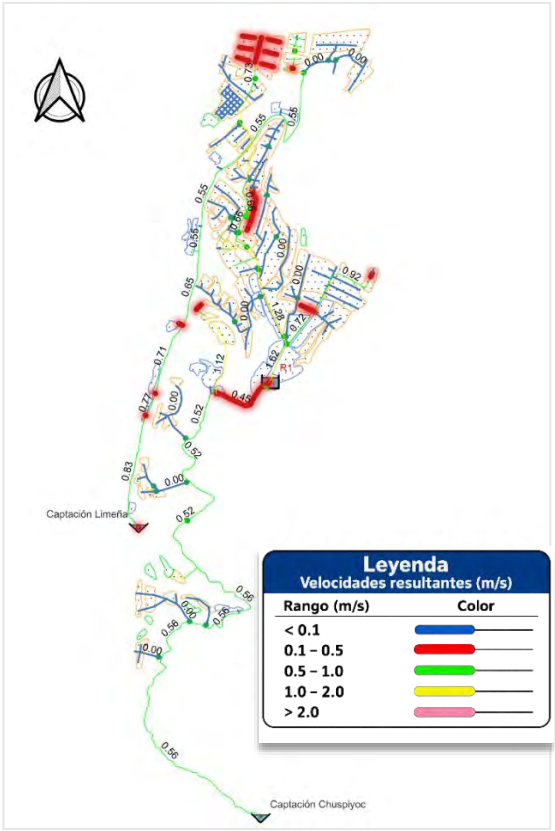
| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H2 | 1.00 | H77 | 1.00 | H124 | 1.00 | H210 | 1.00 |
| H18 | 1.00 | H78 | 1.00 | H125 | 1.00 | H211 | 1.00 |
| H19 | 1.00 | H79 | 1.00 | H126 | 1.00 | H212 | 1.00 |
| H31 | 1.00 | H80 | 1.00 | H127 | 1.00 | H213 | 1.00 |
| H32 | 1.00 | H119 | 1.00 | H128 | 1.00 | H214 | 1.00 |
| H33 | 1.00 | H120 | 1.00 | H131 | 1.00 | H215 | 1.00 |
| H38 | 1.00 | H121 | 1.00 | H207 | 1.00 | H216 | 1.00 |
| H39 | 1.00 | H122 | 1.00 | H208 | 1.00 | H217 | 1.00 |
| H76 | 1.00 | H123 | 1.00 | H209 | 1.00 | H218 | 1.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente imagen se presenta las velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc durante el intervalo de 00:00 a 11:00 horas.

En la Figura 83, se observa que las velocidades críticas se encuentran resaltadas en color rojo, correspondiente a las líneas que conforman la configuración de tuberías en la construcción del modelo. Dichas velocidades presentan valores inferiores a 0.5 m/s. Asimismo, en el potrero C1 se evidencia un sobredimensionamiento de las tuberías instaladas en relación con el caudal de demanda de 2 l/s, lo que influye directamente en la reducción de las velocidades del flujo dentro del sistema.

**Figura 83.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 1




**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 76.** Resultado de simulación escenario II - turno 1

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Mat. | C | Q. (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | | |
| 1 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.30 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 9.59 |
| 2 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 1.78 |
| 3 | J40 | J41 | 60.00 | 144.6 | 0.12 | PVC | 10 | 8.00 | 0.49 | 80.18 |
| 4 | J41 | J42 | 60.00 | 144.6 | 0.03 | PVC | 10 | 4.00 | 0.24 | 80.15 |
| 5 | H32 | H33 | 32.32 | 58.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 59.07 |
| 6 | J78 | H38 | 15.36 | 58.4 | 0.08 | PVC | 7.5 | 1.17 | 0.44 | 13.24 |
| 7 | H38 | H39 | 50.00 | 44.4 | 0.26 | PVC | 7.5 | 0.58 | 0.38 | 13.11 |
| 8 | H79 | H80 | 18.00 | 58.4 | 0.07 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 44.57 |
| 9 | H125 | H126 | 46.73 | 102 | 0.15 | PVC | 7.5 | 4.00 | 0.49 | 39.38 |
| 10 | H126 | H127 | 52.08 | 102 | 0.10 | PVC | 7.5 | 3.00 | 0.37 | 44.85 |
| 11 | H127 | H128 | 49.61 | 83.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 2.00 | 0.37 | 52.01 |
| 12 | H128 | J205 | 51.97 | 83.4 | 0.03 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.18 | 57.33 |
| 13 | H207 | H208 | 60.00 | 57 | 0.25 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 74.43 |
| 14 | H209 | H210 | 57.65 | 57 | 0.24 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 78.74 |
| 15 | H211 | H212 | 60.00 | 57 | 0.25 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 76.36 |
| 16 | H213 | H214 | 59.91 | 57 | 0.25 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 78.44 |
| 17 | H215 | H216 | 60.00 | 57 | 0.25 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 79.45 |
| 18 | H217 | H218 | 57.59 | 57 | 0.24 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 78.36 |

**Fuente**: Elaboración propia

La Tabla 76 muestra que, en el tramo de la línea de conducción de Chuspiyoc, vienen atendiendo un caudal de 20 l/s de forma continua que ingresa al reservorio en una tubería de 250 mm de diámetro.

En los puntos de llegada de los hidrantes H33 (zona de Mesapata, parcela L9), H80 (zona de Chacayoc parcela I1) y los hidrantes H208, H210, H212, H214, H216 y H218 (parcela C1 frente al pabellón de la facultad), se registran velocidades inferiores a 0.50 m/s, debido a que tienen instalados tuberías de 58.4 mm de diámetro interior para cubrir demandas de 1 l/s. Siendo sobredimensionado para el bajo caudal requerido.

Así mismo los Hidrantes H126, H127 y H128 ubicados en las parcelas F10 y F9 de la zona San Bartolomé tienen instalado tuberías de 102.00 mm de diámetro para atender una demanda de 4/l/s.

La instalación de tuberías de gran diámetro en los ramales de los hidrantes agrava el problema de sedimentación debidos a las bajas velocidades de flujo.

Se observa que el 33.3% de las presiones registradas superan los 70.00 mca, excediendo el umbral requerido. Por lo que viene siendo necesario la instalación de válvulas reductoras de presión para garantizar que la presión de trabajo requerido por el aspersor se mantenga dentro del rango adecuado.

**Tabla 77.** Presiones resultantes escenario II - turno 1

| N° | Hidrante | Presión (mca) escenario I | Presión (mca) escenario II | Déficit de presión inicial |
|---|---|---|---|---|
| 1 | H38 | 15.97 | 13.24 | 21.28 |
| 2 | H39 | 15.76 | 13.11 | 22.24 |
| 3 | H119 | 22.22 | 18.88 | 15.78 |
| 4 | H2 | 26.45 | 19.24 | 11.55 |

**Fuente**: Elaboración propia

Los hidrantes H38 y H39, ubicados en la parcela “H2” de la zona de Intipata, registran presiones 13.24 y 13.11 mca, respectivamente. De igual manera, los hidrantes H119 y el hidrante H2 presentan valores por debajo de la presión mínima requerida para el

correcto funcionamiento del aspersor en uso. Estos valores muestran una reducción de presión donde el sistema está operando con menos presión de la necesaria en el escenario II debido a cambios en la demanda.

### 2. Simulación hidráulica escenario II - turno 2

En la Tabla 78 se muestra las demandas correspondientes al escenario 2 durante el turno II, teniendo una demanda de 37 l/s caudal equivalente al 100.00% de los hidrantes en funcionamiento, bajo la suposición de que los hidrantes (H51, H62, H63, H64, H65, H66, H67, H81, H82, H114, H150, H200, H203, H204, H205, H4, H15, H16 y H17) hayan sido puesto en operación.

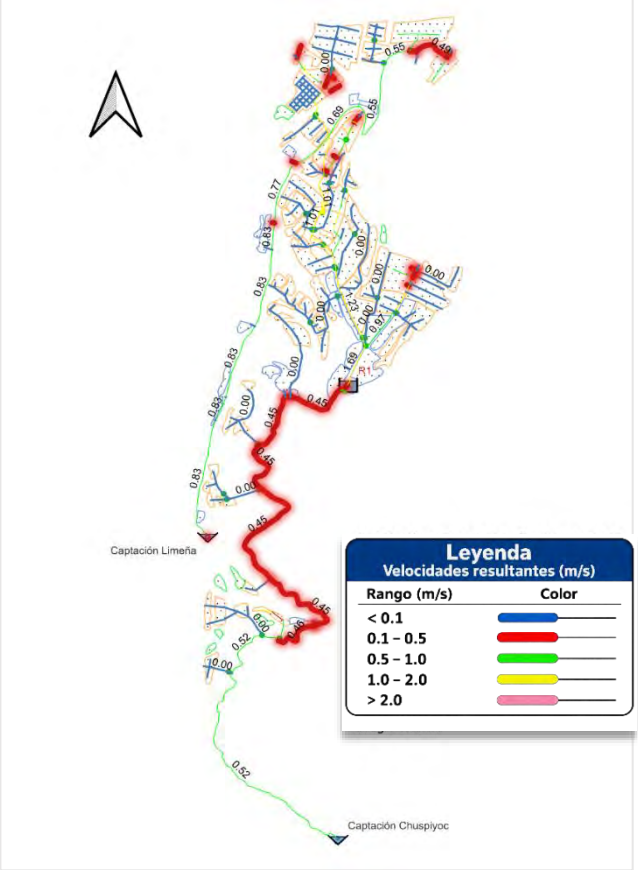
**Tabla 78.** Caudal demandado escenario II – turno 2

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H51 | 1.00 | H111 | 1.00 | H150 | 1.00 | H203 | 1.00 |
| H62 | 1.00 | H112 | 1.00 | H151 | 1.00 | H204 | 1.00 |
| H63 | 1.00 | H113 | 1.00 | H152 | 1.00 | H205 | 1.00 |
| H64 | 1.00 | H114 | 1.00 | H153 | 1.00 | H206 | 1.00 |
| H65 | 1.00 | H145 | 1.00 | H198 | 1.00 | H4 | 1.00 |
| H66 | 1.00 | H146 | 1.00 | H199 | 1.00 | H15 | 1.00 |
| H67 | 1.00 | H147 | 1.00 | H200 | 1.00 | H16 | 1.00 |
| H81 | 1.00 | H148 | 1.00 | H201 | 1.00 | H17 | 1.00 |
| H82 | 1.00 | H149 | 1.00 | H202 | 1.00 | VG1 | 2.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente figura se presenta las velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc durante el intervalo de 24:00 a 35:00 horas. Asimismo, la Figura 84 muestra que, en el tramo de nodo N°6 a R1 la línea de conducción de registra una velocidad del flujo de 0.45 m/s por debajo del valor mínimo permitido, debido a que el caudal que ingresa al reservorio es de 20 l/s en una tubería de 250 mm de diámetro.

**Figura 84.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 2




**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 79.** Resultado de simulación escenario II - turno 2

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Mat. | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | | |
| 1 | J38 | H4 | 60.35 | 144.6 | 0.01 | PVC | 10 | 2 | 0.12 | 78.57 |
| 2 | J81 | H51 | 10.37 | 102 | 0 | PVC | 7.5 | 0.86 | 0.11 | 23.48 |
| 3 | J86 | H81 | 7.20 | 83.4 | 0.02 | PVC | 7.5 | 1.98 | 0.36 | 29.97 |
| 4 | H81 | H82 | 18.00 | 83.4 | 0.01 | PVC | 7.5 | 0.98 | 0.18 | 29.07 |
| 5 | J231 | H145 | 33.71 | 58.4 | 0.13 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 52.69 |
| 6 | J227 | H146 | 12.56 | 44.4 | 0.09 | PVC | 7.5 | 0.67 | 0.43 | 16.04 |
| 7 | J228 | H147 | 15.77 | 44.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 0.72 | 0.47 | 17.85 |
| 8 | J38 | H198 | 34.37 | 57 | 0.52 | PVC | 10 | 2 | 0.78 | 74.40 |
| 9 | H198 | H199 | 46.06 | 57 | 0.19 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 74.08 |
| 10 | H203 | H204 | 58.34 | 57 | 0.24 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 76.62 |
| 11 | J39 | H206 | 27.97 | 57 | 0.12 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 76.90 |
| 12 | J321 | J322 | 31.00 | 152 | 0.02 | PVC | 5 | 4.91 | 0.27 | 22.72 |
| 13 | J322 | J351 | 168.53 | 102 | 0.53 | PVC | 7.5 | 4.00 | 0.49 | 38.05 |
| 14 | J351 | H238 | 25.00 | 58.4 | 0.09 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 38.53 |

**Fuente**: Elaboración propia

En los puntos de llegada de los hidrantes H145 (zona de San Bartolomé, parcela F1) y los hidrantes H199, H206 y H204 (parcela C2 Centro experimental), se registran velocidades inferiores a 0.50 m/s, debido a que tienen instalados tuberías de 58.4 mm de diámetro para cubrir demandas de 1 l/s.

Así mismo los Hidrantes H51, H81 y H82 ubicados en las parcelas H1 de la zona Intipata tienen instalado tuberías de102 mm de diámetro para atender una demanda de 6/l/s.

La instalación de tuberías de gran diámetro en los ramales de los hidrantes agrava el problema de sedimentación debidos a las bajas velocidades de flujo.

Los hidrantes H146 y H147 ubicados en la parcela F2 y F7 de la zona de San Bartolomé registran presiones 16.04 y 17.85 mca. Observándose una reducción de presión donde la red está operando con menos presión de la necesaria en el escenario II debido a cambios en la demanda. siendo presiones inferiores al mínimo requerido para el riego por aspersión en operación actual.

**Tabla 80.** Presión resultante escenario II - turno 2

| N° | Hidrante | Presión (mca) escenario I | Presión (mca) escenario II | Déficit de presión inicial |
|---|---|---|---|---|
| 1 | H146 | 16.75 | 16.04 | 21.25 |
| 2 | H147 | 18.74 | 17.85 | 19.26 |

**Fuente**: Elaboración propia

Los tramos J321 a J351 de la red de Limeña, al Igual que la red de chuspiyoc presentan velocidades de flujo inferiores debido a que anteriormente se abastecían un mayor número de hidrantes. Sin embargo, por temas constructivos del Zoológico se redujo las demandas lo que conlleva a presentarse grandes cantidades de sedimentación.

### 3. Simulación hidráulica escenario II - turno 3

En la Tabla 81 se muestra las demandas correspondientes al escenario 2 durante el turno 3, teniendo una demanda de 37 l/s caudal equivalente al 100.00% de los

hidrantes en funcionamiento, bajo la suposición de que los hidrantes (H46, H88, H90, H135, y H137) hayan sido puesto en operación.

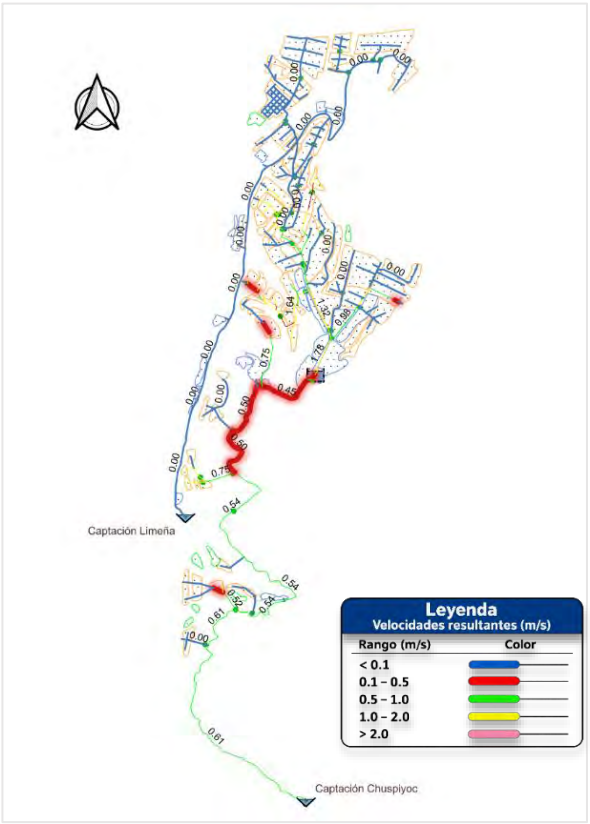
**Tabla 81.** Caudal demandado escenario II – turno 3

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H44 | 1.00 | H89 | 1.00 | H137 | 1.00 | H12 | 1.00 |
| H45 | 1.00 | H90 | 1.00 | H138 | 1.00 | H21 | 1.00 |
| H46 | 1.00 | H91 | 1.00 | H139 | 1.00 | H23 | 1.00 |
| H47 | 1.00 | H92 | 1.00 | H140 | 1.00 | H29 | 1.00 |
| H48 | 1.00 | H93 | 1.00 | H141 | 1.00 | H30 | 1.00 |
| H49 | 1.00 | H94 | 1.00 | H142 | 1.00 | H42 | 1.00 |
| H50 | 1.00 | H95 | 1.00 | H143 | 1.00 | H43 | 1.00 |
| H86 | 1.00 | H96 | 1.00 | H144 | 1.00 | | |
| H87 | 1.00 | H135 | 1.00 | H8 | 1.00 | | |
| H88 | 1.00 | H136 | 1.00 | H9 | 1.00 | | |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente figura se presenta las velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc durante el intervalo de 48:00 a 59:00 horas.

**Figura 85.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 3




**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 82.** Resultado de simulación del escenario II - turno 3

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Mat. | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | | |
| 1 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.30 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 9.34 |
| 2 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 1.78 |
| 3 | H8 | H9 | 50.99 | 58.4 | 0.19 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 51.38 |
| 4 | H29 | H30 | 54.46 | 58.4 | 0.20 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 49.46 |
| 5 | H49 | H50 | 18.00 | 58.4 | 0.07 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 40.72 |
| 6 | J152 | J153 | 58.37 | 57 | 0.24 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 56.63 |

**Fuente**: Elaboración propia

La Figura 85 muestra que, en el tramo de nodo N°12 a R1 (reservorio) la línea de conducción de Chuspiyoc registra una velocidad del flujo de 0.45 m/s por debajo del valor mínimo permitido, debido a que el caudal que ingresa al reservorio es de 20 l/s en una tubería de 250 mm de diámetro.

En los puntos de llegada a los hidrantes H50 (zona Chacayoc, parcela I2), hidrante H9 (parcelas M9 de la zona Uripipuquio) y H30 ubicados en la parcela L11 de la zona de Mesapata, se registran velocidades inferiores a 0.50 m/s. Así mismo el tramo del nodo J152 a J153 ubicados en las parcelas L1 de la zona Lucrehuaycco tienen instalado tuberías de 63 mm de diámetro nominal para atender una demanda de 1/l/s. siendo estas sobredimensionadas.

Para la simulación del escenario 2 en el turno 3 las presiones dinámicas en los hidrantes supera los 20 mca, siendo presiones por encima del mínimo requerido para el riego por aspersión.

### 4. Simulación hidráulica escenario II - turno 4

En la Tabla 83 se muestra las demandas correspondientes al escenario 2 durante el turno IV, teniendo una demanda de 37 l/s caudal equivalente al 100.00% de los hidrantes en funcionamiento, bajo la suposición de que los hidrantes (H52, H56, H59, H103, H104, H117, H161, H165, H3 y H11) hayan sido puesto en operación.

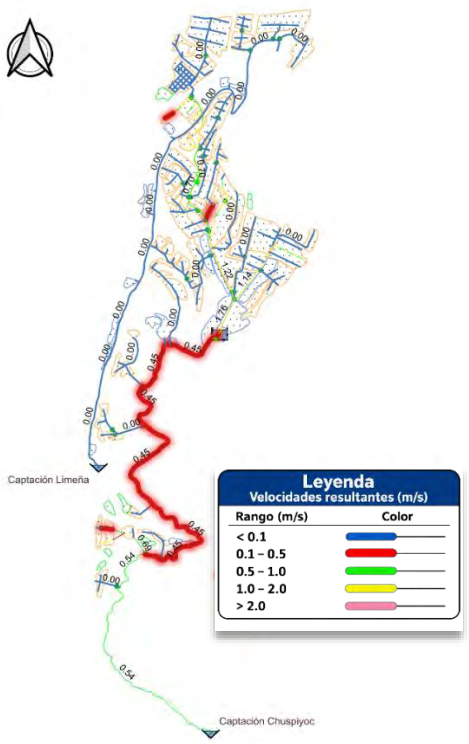
**Tabla 83.** Caudal demandado escenario II – turno 4

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H52 | 1.00 | H101 | 1.00 | H154 | 1.00 | H164 | 1.00 |
| H53 | 1.00 | H102 | 1.00 | H155 | 1.00 | H165 | 1.00 |
| H54 | 1.00 | H103 | 1.00 | H156 | 1.00 | H3 | 1.00 |
| H55 | 1.00 | H104 | 1.00 | H157 | 1.00 | H10 | 1.00 |
| H56 | 1.00 | H105 | 1.00 | H158 | 1.00 | H11 | 1.00 |
| H57 | 1.00 | H106 | 1.00 | H159 | 1.00 | H13 | 1.00 |
| H58 | 1.00 | H109 | 1.00 | H160 | 1.00 | H14 | 1.00 |
| H59 | 1.00 | H110 | 1.00 | H161 | 1.00 | | |
| H60 | 1.00 | H117 | 1.00 | H162 | 1.00 | | |
| H61 | 1.00 | H1 | 1.00 | H163 | 1.00 | | |

**Fuente**: Elaboración propia

En la Figura 86 se presenta las velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc y Limeña durante el intervalo de 72:00 a 83:00 horas. Donde se muestra que, en el tramo de nodo N°5 a R1 la línea de conducción de Chuspiyoc registra una velocidad del flujo de 0.45 m/s por debajo del valor mínimo permitido, debido a que el caudal que ingresa al reservorio es de 20 l/s en una tubería de 250 mm de diámetro.

**Figura 86.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 4




**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 84.** Resultado de simulación del escenario II - turno 4

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Mat. | C | Q (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | | |
| 1 | H10 | H11 | 62.97 | 58.4 | 0.23 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 75.37 |
| 2 | J22 | H109 | 39.88 | 85.6 | 0.16 | PVC | 5 | 2.82 | 0.49 | 21.62 |
| 3 | H109 | H110 | 45.31 | 85.6 | 0.09 | PVC | 5 | 2.00 | 0.35 | 31.25 |
| 4 | H164 | H165 | 50.06 | 58.4 | 0.19 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 65.60 |

**Fuente**: Elaboración propia

En los puntos de llegada a los hidrantes H11 (zona Urpipuquio, parcela M4) y al hidrante H165 (parcelas C7 del centro experimental de suelos), se registran velocidades inferiores a 0.50 m/s, debido a que tienen instalado tuberías de 58.4 mm de diámetro para cubrir demandas de 1 l/s.

Así mismo, el tramo hacia el hidrante H109 y H110 ubicados en las parcelas F13 de la zona San Bartolomé tienen instalado tuberías de 90 mm de diámetro para atender una demanda de 2/l/s.

En cuestión de la presión el hidrante H1 ubicado en la parcela “F14” de la zona de San Bartolomé registra una presión de 18.24 mca, siendo la presión inferior al mínimo requerido (38.00 mca) para el riego por aspersión en operación actual.

**Tabla 85.** Presión resultante escenario II - turno 4

| N° | Hidrante | Presión (mca) Escenario I | Presión (mca) Escenario II | Déficit de presión Inicial (mca) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | H1 | 22.03 | 18.24 | 15.97 |

**Fuente**: Elaboración propia

### 5. Simulación hidráulica escenario II - turno 5

En la Tabla 86 se muestra las demandas correspondientes al escenario 2 durante el turno V, teniendo una demanda de 37 l/s caudal equivalente al 100.00% de los hidrantes en funcionamiento, bajo la suposición de que los Ocho hidrantes (H69, H70, H72, H116, H132, H133, H173, y H28) hayan sido puesto en operación.

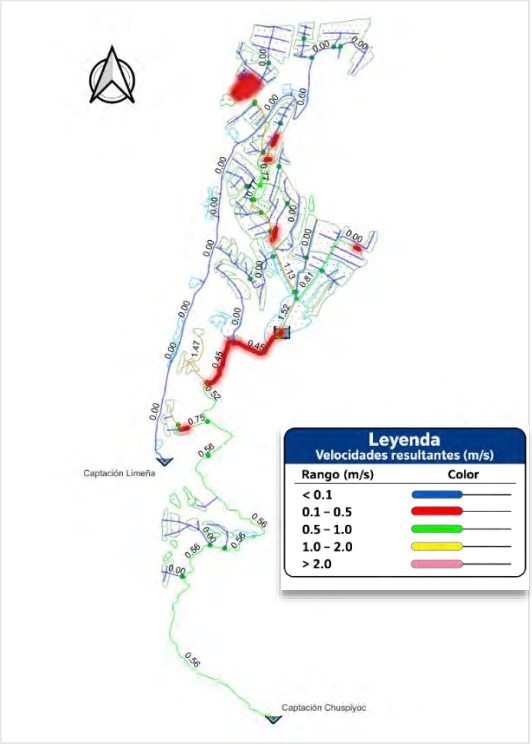
**Tabla 86.** Caudal demandado escenario II - turno 5

| Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H68 | 1.00 | H115 | 1.00 | H172 | 1.00 | H188 | 1.00 |
| H69 | 1.00 | H116 | 1.00 | H173 | 1.00 | H189 | 1.00 |
| H70 | 1.00 | H118 | 1.00 | H174 | 1.00 | H20 | 1.00 |
| H71 | 1.00 | H129 | 1.00 | H175 | 1.00 | H22 | 1.00 |
| H72 | 1.00 | H130 | 1.00 | H179 | 1.00 | H26 | 1.00 |
| H73 | 1.00 | H132 | 1.00 | H180 | 1.00 | H27 | 1.00 |
| H74 | 1.00 | H133 | 1.00 | H181 | 1.00 | H28 | 1.00 |
| H75 | 1.00 | H134 | 1.00 | H182 | 1.00 | | |
| H99 | 1.00 | H166 | 1.00 | H186 | 1.00 | | |
| H100 | 1.00 | H167 | 1.00 | H187 | 1.00 | | |

**Fuente**: Elaboración propia

En la Figura 87 se presenta las velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc y Limeña durante el intervalo de 96:00 a 107:00 horas. Donde se muestra que, en el tramo del nodo N°10 a R1 la línea de conducción de Chuspiyoc registra una velocidad del flujo de 0.45 m/s por debajo del valor mínimo permitido, debido a un sobredimensionado para el bajo caudal circulante.

**Figura 87.** Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 5.




**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 87.** Resultado de simulación del escenario II - turno 5

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Mat. | C | Q. (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | | |
| 1 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.26 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 2.32 |
| 2 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.02 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 1.26 |
| 3 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.30 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 9.54 |
| 4 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 1.74 |
| 5 | H20 | J62 | 26.09 | 58.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 59.55 |
| 6 | H74 | H75 | 18.00 | 58.4 | 0.07 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 37.92 |
| 7 | J20 | H99 | 18.91 | 104.6 | 0.01 | PVC | 5 | 1.44 | 0.17 | 15.45 |
| 8 | H99 | H100 | 46.77 | 85.6 | 0.02 | PVC | 5 | 0.78 | 0.14 | 20.05 |
| 9 | H100 | H101 | 50.57 | 85.6 | 0.00 | PVC | 5 | 0.00 | 0.00 | 24.93 |
| 10 | H129 | H130 | 49.79 | 57 | 0.21 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 62.33 |
| 11 | J206 | H132 | 19.01 | 57 | 0.08 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 59.19 |
| 12 | H166 | H167 | 21.00 | 99.4 | 0.05 | PVC | 10 | 3.13 | 0.40 | 70.58 |
| 13 | H171 | H172 | 21.00 | 99.4 | 0.04 | PVC | 10 | 2.89 | 0.37 | 71.86 |
| 14 | H188 | H189 | 21.00 | 81.4 | 0.01 | PVC | 10 | 0.63 | 0.12 | 72.64 |

**Fuente**: Elaboración propia

En los tramos del hidrante H20 hacia el nodo N°62 de la (zona Limeña, parcela L21), el hidrante H130 y H132 de la (parcela F6 de la zona de san Bartolomé) y en el tramo del hidrante H73 al H74 de la (parcelas I2 de la zona de Chacayoc), se registran velocidades de 0.37 y 0.39 m/s, debido a que tienen instalado tuberías de 63.00 mm de diámetro nominal para cubrir demandas de 1 l/s. Así mismo, el tramo hacia el hidrante H99 y H100 ubicados en las parcelas F13 de la zona San Bartolomé tienen instalado tuberías de 104.6 mm de diámetro para atender una demanda de 2/l/s.

Los siguientes 12 hidrantes H172, H173, H174, H175, H179, H180, H181, H182, H186, H187, H188 y H189 de la parcela “C5” frente a la decanatura de la facultad presentan velocidades inferiores a los 0.50 m/s. conllevando a la sedimentación.

**Tabla 88.** Presiones resultantes escenario II - turno 5

| N° | Hidrante | Presión (mca) escenario I | Presión (mca) escenario II | Déficit de presión Inicial (mca) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | H99 | 18.36 | 15.45 | 19.64 |

**Fuente**: Elaboración propia

El hidrante H99 ubicado en la parcela “F13” de la zona de San Bartolomé registra déficit de presión de 15.45 mca.

## 6. Simulación hidráulica escenario II - turno 6

En la Tabla 89 se muestra las demandas correspondientes al escenario II durante el turno 6, teniendo una demanda de 38 l/s caudal equivalente al 100.00% de los hidrantes en funcionamiento, bajo la suposición de que los nueve hidrantes (H83, H84, H85, H97, H98, H197, H35, H40 y H41) hayan sido puesto en operación.

**Tabla 89.** Caudal demandado escenario II - turno 6

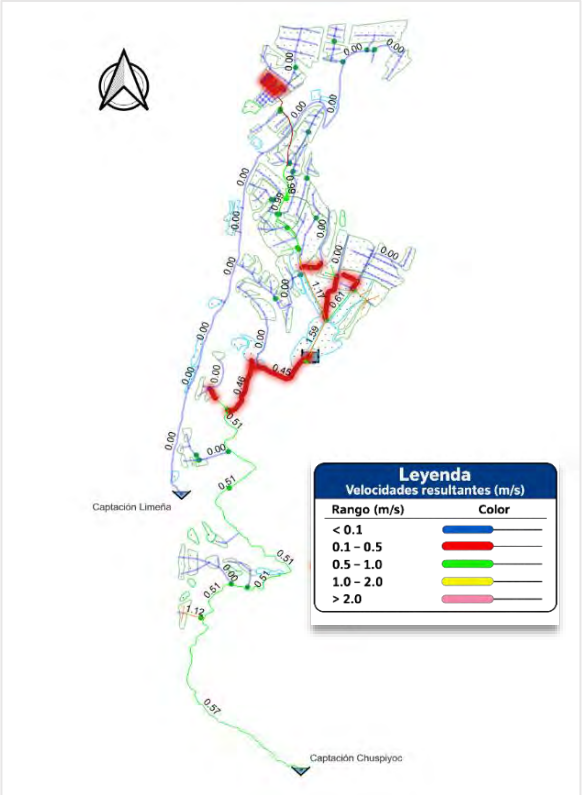
| Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) | Id. Hidrante | Caudal demandado (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H83 | 1.00 | H171 | 1.00 | H193 | 1.00 | VG2 | 2.00 |
| H84 | 1.00 | H176 | 1.00 | H194 | 1.00 | H34 | 1.00 |
| H85 | 1.00 | H177 | 1.00 | H195 | 1.00 | H35 | 1.00 |
| H97 | 1.00 | H178 | 1.00 | H196 | 1.00 | H36 | 1.00 |
| H98 | 1.00 | H183 | 1.00 | H197 | 1.00 | H37 | 1.00 |
| H107 | 1.00 | H184 | 1.00 | H5 | 1.00 | H40 | 1.00 |
| H108 | 1.00 | H185 | 1.00 | H6 | 1.00 | H41 | 1.00 |
| H168 | 1.00 | H190 | 1.00 | H7 | 1.00 | | |
| H169 | 1.00 | H191 | 1.00 | H24 | 1.00 | | |
| H170 | 1.00 | H192 | 1.00 | H25 | 1.00 | | |

**Fuente**: Elaboración propia

En la siguiente figura se presenta las velocidades resultantes de la simulación de la red de chuspiyoc y Limeña durante el intervalo de 120:00 a 131:00 horas.

La Figura 88 muestra que, en el tramo de nodo N°10 a R1 la línea de conducción de Chuspiyoc al igual que el turno 5, registra una velocidad del flujo de 0.45 m/s por debajo del valor mínimo permitido, debido a que el caudal que ingresa al reservorio viene siendo de 20 l/s en una tubería de 250 mm de diámetro, siendo sobredimensionado para el bajo caudal circulante que llega.

**Figura 88**. Resultado de las velocidades de flujo escenario II – turno 6.




**Fuente**: Elaboración propia

**Tabla 90.** Resultado de simulación del escenario II - turno 6

| ID | Tramo | | L. (m) | D (mm) | Hf (m) | Mat. | C | Q. (L/s) | V. (m/s) | P. (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | | |
| 1 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.27 | PVC | 5 | 20.47 | 0.46 | 2.71 |
| 2 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.02 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 1.65 |
| 3 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.30 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 9.93 |
| 4 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 20.00 | 0.45 | 1.80 |
| 5 | H24 | H25 | 56.12 | 58.4 | 0.21 | PVC | 7.5 | 1.00 | 0.37 | 40.06 |
| 6 | J78 | J79 | 45.46 | 102 | 0.02 | PVC | 7.5 | 1.45 | 0.18 | 18.52 |
| 7 | H40 | H41 | 50.00 | 44.4 | 0.39 | PVC | 7.5 | 0.73 | 0.47 | 18.00 |
| 8 | J17 | J141 | 227.59 | 104.6 | 0.25 | PVC | 5 | 2.37 | 0.28 | 17.66 |
| 9 | J19 | J166 | 43.31 | 104.6 | 0.02 | PVC | 5 | 1.53 | 0.18 | 17.40 |
| 10 | J166 | J167 | 58.47 | 102 | 0.01 | PVC | 7.5 | 0.87 | 0.11 | 24.79 |
| 11 | H169 | H170 | 21.00 | 99.4 | 0.03 | PVC | 10 | 2.30 | 0.30 | 63.31 |
| 12 | H170 | H177 | 21.17 | 99.4 | 0.01 | PVC | 10 | 1.30 | 0.17 | 64.32 |
| 13 | H171 | H178 | 19.79 | 99.4 | 0.04 | PVC | 10 | 2.88 | 0.37 | 65.04 |
| 14 | H176 | H183 | 19.79 | 99.4 | 0.03 | PVC | 10 | 2.25 | 0.29 | 65.18 |
| 15 | H177 | H184 | 19.79 | 99.4 | 0.02 | PVC | 10 | 1.96 | 0.25 | 65.27 |
| 16 | H183 | H190 | 20.00 | 81.4 | 0.07 | PVC | 10 | 2.24 | 0.43 | 66.08 |
| 17 | H184 | H191 | 20.00 | 81.4 | 0.07 | PVC | 10 | 2.23 | 0.43 | 66.15 |
| 18 | H192 | H195 | 20.99 | 57 | 0.09 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 67.35 |
| 19 | H193 | H196 | 20.99 | 57 | 0.09 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 67.66 |
| 20 | H194 | H197 | 20.99 | 57 | 0.09 | PVC | 10 | 1.00 | 0.39 | 67.87 |

**Fuente**: Elaboración propia

En el tramo del hidrante H24 y H25 de la (zona Pinohuaycco, parcela L16), se registra velocidades de flujo de 0.37 m/s, debido a que tienen instalado tuberías de 58.4 mm de diámetro para cubrir demandas de 1 l/s. Así mismo, el tramo hacia el hidrante H41 y H100 ubicados en las parcelas F13 de la zona San Bartolomé tienen instalado tuberías de 104.6 mm de diámetro para atender una demanda de 2/l/s.

En las parcelas de las zonas de Atoctocclla e Intipata están instaladas tuberías pertenecientes a una red más antigua que la contemplada en el expediente técnico "Mejoramiento de la Infraestructura de riego en la facultad de Agronomía y Zootecnia". Estas tuberías resultan sobredimensionadas para las demandas actuales que carecen de hidrantes, los cuales son inexistentes en la zona. donde estos tramos son: tramo uno, desde el nodo N°19 que distribuye a los hidrantes H97 y H98; tramo dos, del nodo N°17 al nodo N°141 y tramo tres, del nodo N°78 al nodo N°79 que abastecen al lateral del hidrante H41. En estos tramos, las velocidades de flujo están por debajo del mínimo permitido, según los parámetros establecidos en el componente B del programa subsectorial de irrigaciones.

Los siguientes 14 hidrantes H170, H176, H177, H178, H83, H184, H190, H191, H192, H193, H194, H195, H196 y H197 de la parcela "C5" frente a la decanatura de la facultad pertenecen a una red mallada donde también presentan velocidades de flujo inferiores a los 0.50 m/s. conllevando a la sedimentación.

**Tabla 91**. Presiones resultantes escenario II - turno 6

| N° | Hidrante | Presión (mca) escenario I | Presión (mca) escenario II | Déficit de presión Inicial (mca) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | H97 | 0.00 | 15.71 | 38.00 |
| 2 | H40 | 0.00 | 17.72 | 38.00 |
| 3 | H107 | 18.64 | 17.27 | 19.36 |
| 4 | H41 | 0.00 | 18.00 | 38.00 |
| 5 | H83 | 0.00 | 17.75 | 38.00 |

**Fuente**: Elaboración propia

Se registra presiones inferiores al mínimo (38.00 mca).

### 6.4.3. Simulación hidráulica “Escenario III” - optimizado

#### 6.4.3.1. Red Chuspiyoc y Limeña

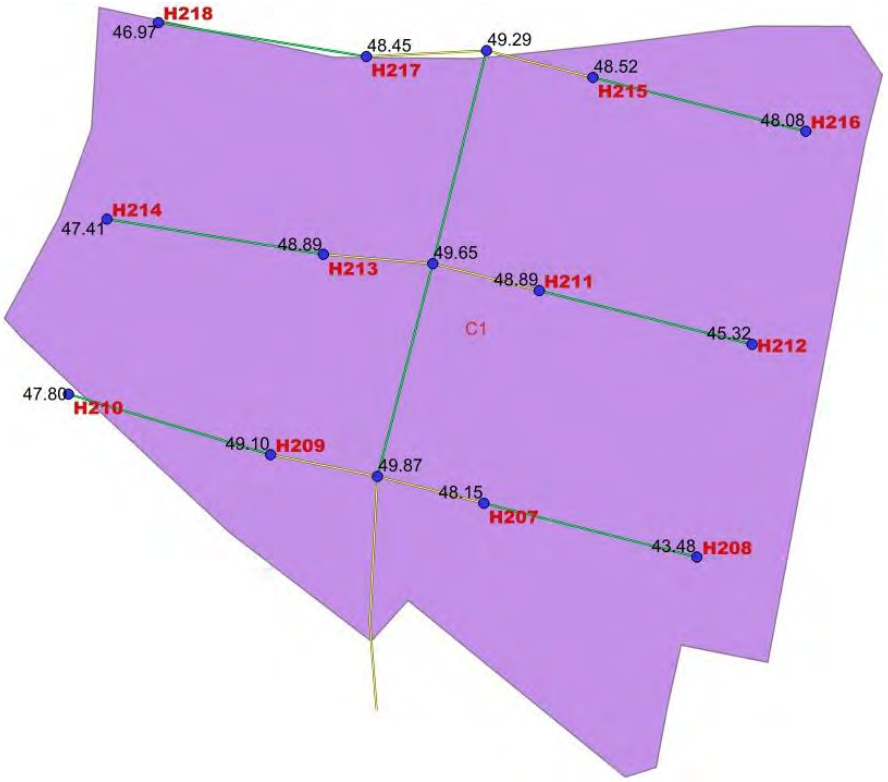
De acuerdo a los parámetros de riego se procedió a realizar los análisis hidráulicos en el Plugin QGISRed.

**1. Simulación hidráulica escenario III - turno 1**

De lo observado en los escenarios I (operación en situación actual) y II (operación a máxima demanda). Se obtuvo presiones resultantes por debajo de la presión requerida de 20.00 mca y por otro lado presiones por encima de los 74.44 mca.

Con la propuesta optimizado de la gestión de riego, se propone la incorporación de una válvula reductora de presión configurada con una consigna de 41.00 mca, donde se obtienen los siguientes resultados de acuerdo a la selección del aspersor indicado.

**Figura 89.** Resultado de sobrepresiones turno 1 - escenario III parcela "C1"




**Fuente**: Elaboración propia

En la Tabla 92 se muestra la comparación del escenario II en cuanto a la propuesta de gestión de riego en base a los nuevos parámetros de riego

**Tabla 92**. Resultado de sobrepresión turno 1 - escenario III

| N° Hidrante | Presión escenario II (mca) | Presión escenario III (mca) | Demanda (l/s) |
|---|---|---|---|
| H209 | 79.92 | 49.1 | 1.65 |
| H211 | 79.81 | 48.9 | 1.65 |
| H213 | 79.81 | 48.9 | 1.65 |
| H215 | 79.78 | 48.5 | 1.65 |
| H217 | 79.73 | 48.5 | 1.65 |
| H207 | 78.97 | 48.1 | 1.65 |
| H216 | 79.53 | 48.1 | 1.65 |
| H210 | 78.81 | 47.8 | 1.65 |
| H214 | 78.52 | 47.4 | 1.65 |
| H218 | 78.44 | 47.0 | 1.65 |
| H212 | 76.44 | 45.3 | 1.65 |
| H208 | 74.50 | 43.5 | 1.65 |

**Fuente**: Elaboración propia

En cuanto a las velocidades, la nueva dotación de 6.05 l/s/ha permite mantener los diámetros de las tuberías, en el caso de la parcela “C1” con 1.65 l/s por hidrante.

Se sugiere la instalación del aspersor modelo Vyr 60, con boquilla de 3.6 x 2.4 mm. Presión de trabajo de 40.00 mca, en la cantidad requerida por hidrante de riego.

**2. Simulación hidráulica escenario III – turno 2**

En el escenario II (máxima demanda), se registraron presiones resultantes por debajo de la presión requerida de 20.00 mca, así como presiones superiores a los 74.08 mca. Por lo cual se sugiere la incorporación de una segunda válvula reductora de presión configurada con una consigna de 30.00 mca, lográndose los siguientes resultados de acuerdo a la selección del aspersor indicado.

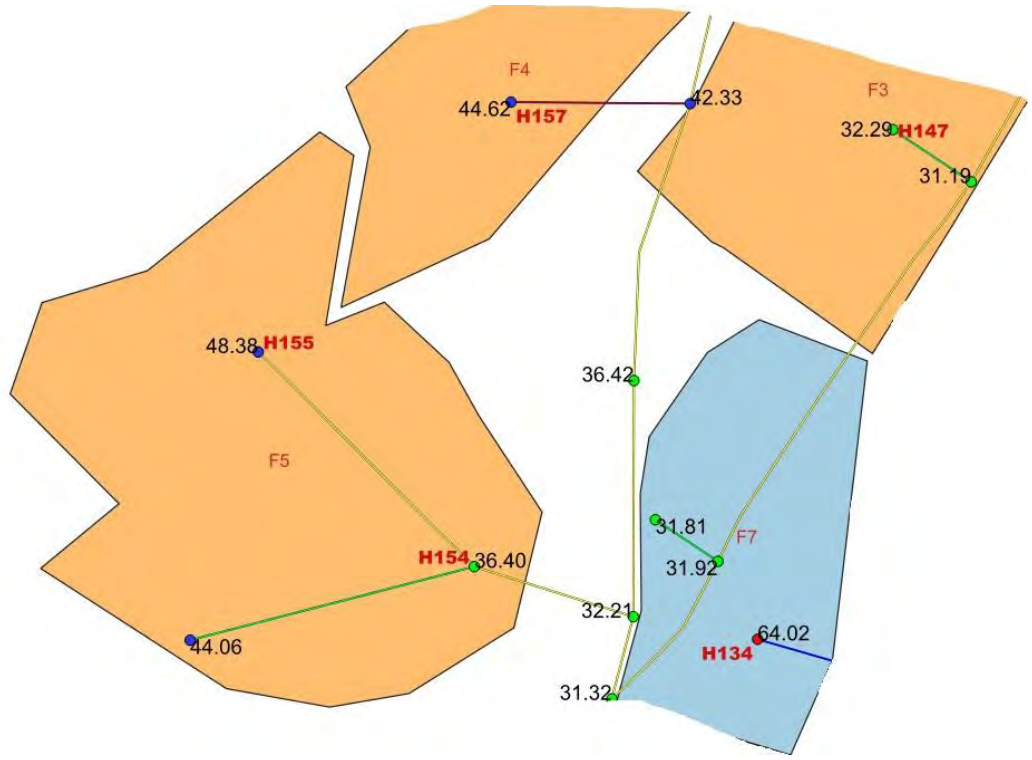
En la Tabla 93 se muestra la comparación del escenario II en cuanto a la propuesta de gestión de riego en base a los nuevos parámetros de riego.

**Tabla 93.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 2

| N° hidrante | Presión escenario II (mca) | Presión escenario III (mca) | Demanda (l/s) |
|---|---|---|---|
| H146 | 16.04 | 31.81 | 1.53 |
| H147 | 17.85 | 32.29 | 1.53 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Figura 90.** Resultado de déficit de presión turno 2 - escenario III parcela "F3"




**Fuente**: Elaboración propia

Se sugiere la instalación del aspersor modelo Vyr 60, con boquilla de 3.6 x 2.4 mm, para una presión de trabajo de 40.00 mca, y por otro lado cuando la presión de trabajo es de 30.00 mca, el aspersor Vyr 60, con boquilla de 4.0 x 2.4 mm. en la cantidad requerida por hidrante de riego.

### 3. Simulación hidráulica escenario III – Turno 3

Para la realización de los nuevos análisis hidráulicos de la propuesta de gestión, se reagruparon las nuevas parcelas en el turno 3. Por lo que en el escenario II turno 1 y 6 se presentaban los hidrantes H119 y H107.

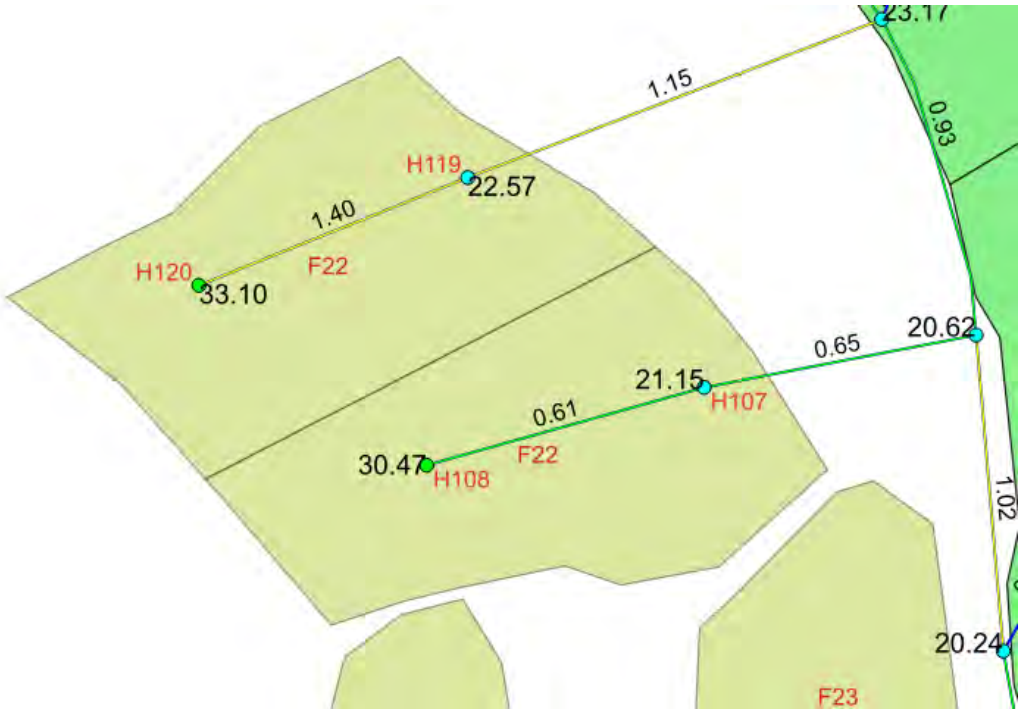
**Tabla 94.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 3

| N° hidrante | Presión escenario II (mca) | Presión escenario III (mca) | Demanda (l/s) |
|---|---|---|---|
| H119 | 18.88 | 22.57 | 0.95 |
| H107 | 17.85 | 21.15 | 0.95 |

**Fuente**: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 94 se logró mejorar la presión de trabajo haciendo el cambio de la tubería existente de 160.00 mm a 200.00 mm de diámetro nominal, desde la salida del reservorio hasta el nodo N° 20.

**Figura 91.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 3 parcela "F22"




**Fuente**: Elaboración propia

En cuanto a las velocidades en el escenario II (máxima demanda), se registraron menores a 0.50 m/s por lo que se sugiere la modificación de las tuberías por estar sobredimensionas en el tramo H49 al H50, lográndose los siguientes resultados.

### 4. Simulación hidráulica escenario III – turno 4

El análisis hidráulico del escenario III para el turno 4, se reagruparon las nuevas parcelas. Por lo que en el escenario II del turno 1 se presentaba el hidrante H2.

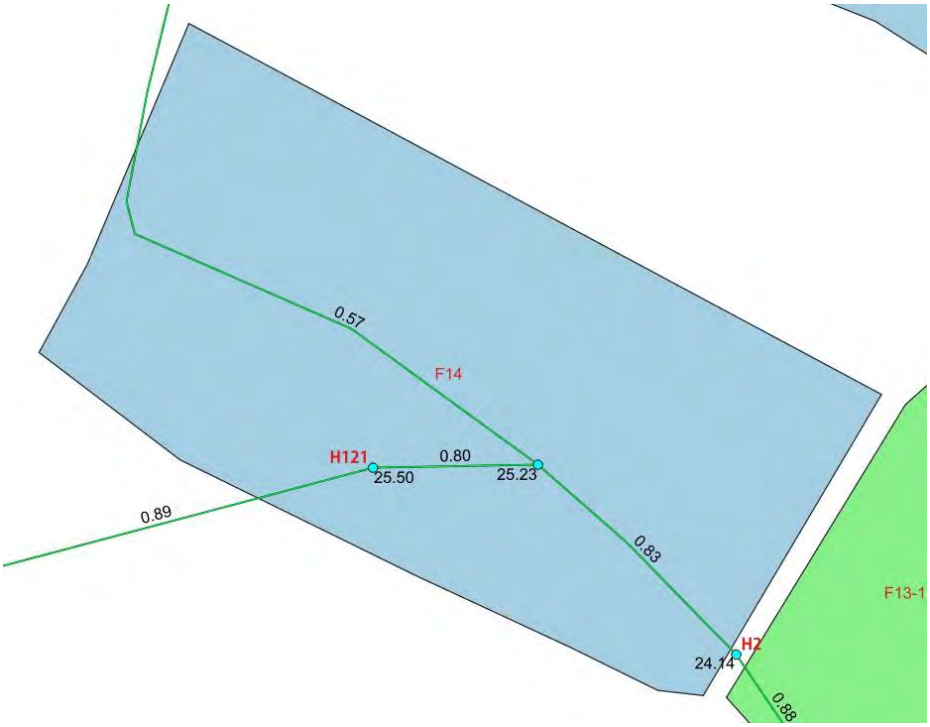
**Tabla 95.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 4

| N° hidrante | Presión escenario II (mca) | Presión escenario III (mca) | Demanda (l/s) |
|---|---|---|---|
| H2 | 19.24 | 25.23 | 1.15 |

**Fuente**: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 95 se logra mejorar la presión de trabajo mediante el cambio de la tubería existente de 160.00 mm a 200.00 mm de diámetro nominal, desde la salida del reservorio hasta el nodo N° 20.

**Figura 92.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 4 parcela "F14"




**Fuente**: Elaboración propia

En el escenario II (máxima demanda) y el escenario de análisis de la propuesta del turno 4, se registraron velocidades de flujo dentro de los parámetros de 0.50 m/s como mínimo y como máximo de 2.5 m/s, admitiéndose en casos excepcionales hasta 3.0 m/s, conforme a lo establecido por el programa subsectorial de Irrigaciones (PSI).

En el turno 4, se sugiere la instalación del aspersor modelo Vyr 36 de presión de trabajo de 20.00 mca, y Vyr 60 con boquilla de 3.6 x 2.4 mm, para una presión de trabajo de 40.00 mca, y por otro lado cuando la presión de trabajo es de 30.00 mca, el aspersor Vyr 60, con boquilla de 4.0 x 2.4 mm. en la cantidad requerida por hidrante de riego.

## 5. Simulación hidráulica escenario III – Turno 5

El análisis hidráulico de la propuesta de gestión para el turno 5, se reagruparon las nuevas parcelas. Por lo que en el escenario II del turno 4 se presentaba el hidrante H1. Así como también los hidrantes H83 y H97 en el turno 6.

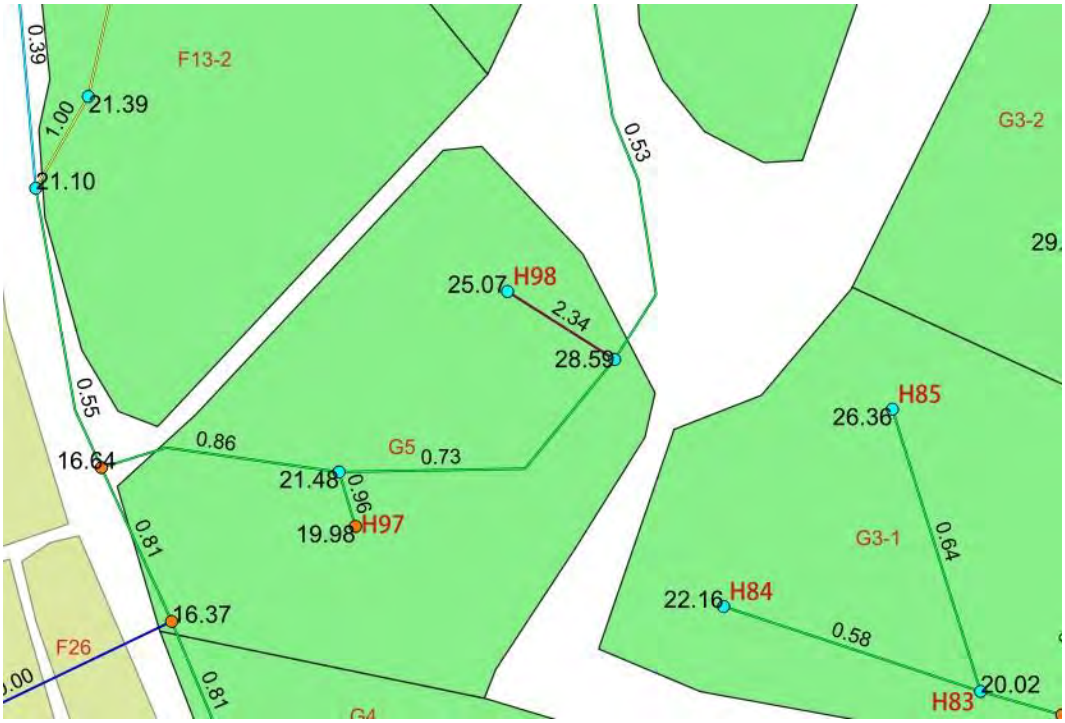
**Tabla 96.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 5

| N° hidrante | Presión escenario II (mca) | Presión escenario III (mca) | Demanda (l/s) |
|---|---|---|---|
| H1 | 19.24 | 24.50 | 1.15 |
| H97 | 15.71 | 19.98 | 1.74 |
| H99 | 18.36 | 21.39 | 1.81 |
| H83 | 17.75 | 20.02 | 1.05 |

**Fuente**: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 96 se logra mejorar la presión de trabajo haciendo el cambio de la tubería existente de 160.00 mm a 200.00 mm de diámetro nominal, desde la salida del reservorio hasta el nodo N° 20.

**Figura 93.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 5 parcela "G"




**Fuente**: Elaboración propia

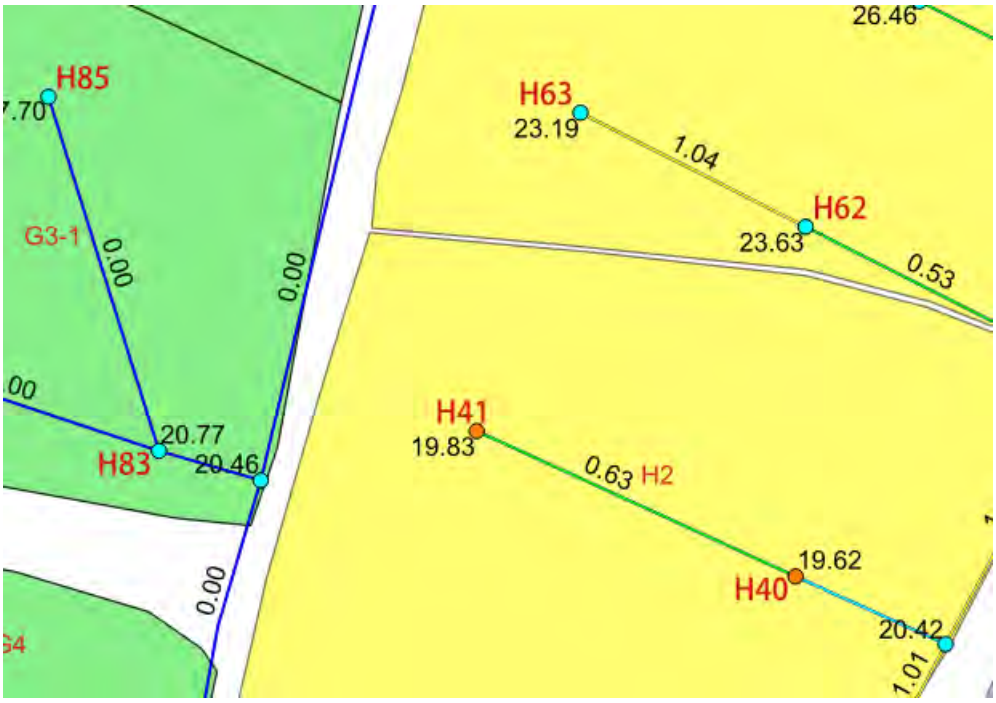
En el escenario II (máxima demanda) y el escenario de análisis de la propuesta del turno 5, se registraron velocidades de flujo dentro de los parámetros de 0.50 m/s como mínimo y como máximo de 2.5 m/s, admitiéndose en casos excepcionales hasta 3.0 m/s, conforme a lo establecido por el programa subsectorial de Irrigaciones (PSI). Ver anexo 14.

En el turno 5, se sugiere la instalación del aspersor modelo Vyr 36 de presión de trabajo de 20.00 mca, y por otro lado cuando la presión de trabajo es de 30.00 mca, el aspersor Vyr 60, con boquilla de 4.0 x 2.4 mm. en la cantidad requerida por hidrante de riego.

## 6. Simulación hidráulica escenario III – Turno 6

De lo observado en los escenarios I (operación en situación actual) y II (operación a máxima demanda). Se obtuvo presiones resultantes por debajo de la presión mínima requerida.

**Figura 94.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 6 parcela "H"




**Fuente**: Elaboración propia

Con la propuesta de la gestión de riego, se propone el cambio de la tubería existente de 160.00 mm a 200.00 mm de diámetro nominal, desde la salida del reservorio hasta el nodo N° 79.

**Tabla 97.** Resultado de déficit de presión escenario III - turno 6

| N° hidrante | Presión escenario II (mca) | Presión escenario III (mca) | Demanda (l/s) |
|---|---|---|---|
| H40 | 18.00 | 19.62 | 1.15 |
| H41 | 17.65 | 19.83 | 1.74 |

**Fuente**: Elaboración propia

Los hidrantes H40 y H41 se pudo lograr obtener resultados cercanos a la presión de trabajo del aspersor tal como se muestra en la Figura 94.

En el escenario II (máxima demanda) y el escenario de análisis de la propuesta del turno 6, se registraron velocidades de flujo dentro de los parámetros de 0.50 m/s como mínimo y como máximo de 2.5 m/s, admitiéndose en casos excepcionales hasta 3.0 m/s, conforme a lo establecido por el programa subsectorial de Irrigaciones (PSI). Ver anexo 16.

En el turno 6, se sugiere la instalación del aspersor modelo Vyr 36 de presión de trabajo de 20.00 mca, y por otro lado cuando la presión de trabajo es de 30.00 mca, el aspersor Vyr 60, con boquilla de 4.0 x 2.4 mm. en la cantidad requerida por hidrante de riego.

### 6.4.4. Comparativa de resultado de presiones

**RED CHUSPIYOC**

El análisis se presenta para la red de distribución de agua de Chuspiyoc, considerando los hidrantes evaluados en campo y su correspondiente representación en el modelo hidráulico, medidos en metros columna de agua.

**Tabla 98** Comparación de presiones – red Chuspiyoc

| Hidrante | Dato de campo | Escenario I | Escenario II | Escenario III |
|---|---|---|---|---|
| H5 | 59.5 | 61.26 | 61.18 | 62.12 |
| H7 | 59.0 | 56.73 | 57.07 | 59.10 |
| H8 | 41.5 | 39.43 | 39.23 | 34.97 |
| H10 | 68.0 | 64.62 | 62.34 | 52.52 |
| H12 | 48.0 | 50.16 | 50.48 | 48.44 |
| H13 | 66.0 | 29.67 | 32.89 | 48.79 |
| H18 | 37.9 | 41.12 | 40.87 | 41.67 |
| H20 | 55.0 | 53.11 | 52.52 | 46.33 |
| H21 | 71.0 | 68.69 | 69.37 | 72.12 |
| H22 | 62.0 | 52.45 | 53.64 | 43.68 |
| H24 | 25.0 | 25.85 | 23.86 | 25.91 |
| H25 | 44.0 | 39.67 | 36.83 | 39.91 |
| H27 | 57.0 | 44.36 | 42.23 | 44.83 |
| H29 | 54.1 | 44.04 | 43.80 | 44.74 |
| H30 | 55.0 | 44.38 | 44.16 | 45.76 |
| H31 | 67.8 | 51.08 | 50.90 | 55.51 |
| H32 | 71.6 | 59.97 | 59.78 | 63.74 |
| H86 | 42.5 | 38.23 | 31.85 | 34.97 |
| H91 | 64.9 | 65.47 | 40.31 | 44.55 |
| H95 | 68.2 | 82.37 | 49.41 | 44.25 |
| H101 | 34.1 | 28.15 | 24.93 | 29.64 |
| H103 | 45.1 | 41.09 | 34.83 | 42.74 |
| H107 | 25.0 | 18.64 | 17.12 | 21.15 |
| H109 | 33.9 | 25.63 | 20.89 | 27.73 |
| H119 | 24.5 | 25.65 | 18.72 | 22.56 |
| H145 | 46.3 | 54.01 | 52.69 | 49.72 |
| H146 | 22.2 | 16.75 | 16.04 | 31.80 |
| H153 | 41.7 | 43.48 | 42.60 | 48.13 |
| H155 | 41.2 | 32.81 | 33.04 | 48.37 |
| H157 | 42.4 | 33.98 | 33.23 | 44.61 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| H159 | 55.8 | 49.03 | 48.00 | 41.34 |
| H160 | 63.0 | 65.07 | 62.10 | 48.07 |
| H161 | 62.0 | 64.22 | 60.54 | 46.65 |
| H172 | 70.0 | 73.55 | 71.86 | 45.62 |
| H176 | 72.0 | 65.86 | 64.25 | 46.02 |
| H180 | 70.5 | 74.07 | 72.38 | 45.90 |
| H183 | 71.0 | 66.80 | 65.18 | 46.48 |
| H198 | 74.5 | 80.88 | 74.40 | 42.22 |
| H199 | 74.2 | 80.56 | 74.08 | 41.66 |

**Fuente**: Elaboración propia

La comparación entre las presiones medidas en campo y los resultados de los escenarios de simulación evidencia cambios importantes en el comportamiento hidráulico de la red. En campo, se registran presiones máximas, alcanzando hasta 74.5 mca (H198), así como valores bajos, como el caso del hidrante H146 (22.2 mca), que reflejan una distribución no uniforme.

En el escenario I, el modelo reproduce esta condición, incluso presentando incrementos en las presiones máximas (hasta 80.88 mca), lo que confirma la presencia de sobrepresión en la red. En el escenario II, si bien se observa una ligera reducción de estos valores, aún se mantienen presiones elevadas, por lo que la operatividad total de la red no resulta suficiente para corregir dichas deficiencias.

Por su parte, el escenario III muestra una mejora significativa, reduciendo las presiones máximas a rangos más controlados (alrededor de 40–50 mca) y elevando las presiones mínimas respecto a las registradas en campo. En particular, el hidrante H146 incrementa su presión hasta valores cercanos a 31.80 mca, lo que permite garantizar condiciones adecuadas para su funcionamiento. En conjunto, este escenario evidencia un comportamiento hidráulico más equilibrado y eficiente de la red.

**RED LIMEÑA**

**Tabla 99** Comparación de presiones – red Limeña

| Hidrante | Dato de campo | Escenario I | Escenario II | Escenario III |
|---|---|---|---|---|
| H220 | 58.4 | 46.07 | 41.48 | 42.11 |
| H224 | 64.0 | 49.03 | 44.31 | 42.83 |
| H226 | 47.0 | 50.08 | 43.89 | 45.31 |
| H227 | 51.8 | 52.78 | 46.59 | 48.01 |
| H228 | 46.3 | 52.74 | 46.19 | 47.85 |
| H230 | 61.0 | 55.09 | 39.55 | 49.55 |
| H231 | 59.2 | 55.27 | 39.19 | 48.38 |
| H235 | 52.8 | 52.80 | 36.54 | 48.74 |
| H237 | 32.2 | 47.44 | 29.77 | 43.10 |

**Fuente**: Elaboración propia

La comparación entre las presiones medidas en campo y las obtenidas en los escenarios de simulación para la red de Limeña evidencia variaciones en el comportamiento hidráulico de las redes. En campo, las presiones presentan valores relativamente moderados, destacando un máximo de 64.0 mca (H224) y un mínimo de 32.2 mca (H237).

En el escenario I, se observa que el modelo mantiene valores cercanos a los medidos en campo, aunque en algunos hidrantes se presentan incrementos en la presión, como en H228 (52.74 mca), lo que refleja cierta variabilidad en la distribución. En el escenario II, se evidencia una tendencia a la disminución de las presiones en varios hidrantes, alcanzando valores mínimos como 29.77 mca en H237, lo que podría comprometer el adecuado funcionamiento en puntos específicos de la red.

Por su parte, el escenario III muestra un comportamiento más equilibrado, reduciendo ligeramente las presiones máximas y mejorando las presiones mínimas. En particular, el hidrante H237 incrementa su presión de 32.2 mca en campo a 48.74 mca, lo que garantiza condiciones más adecuadas para su operación. En conjunto, este escenario

evidencia una distribución de presiones más uniforme y un mejor desempeño hidráulico de la red.

En términos generales, ambas redes evidencian diferencias en su comportamiento hidráulico. La red de Chuspiyoc presenta mayores variaciones de presión, con presencia de valores extremos tanto altos como bajos, lo que refleja un sistema más inestable en su condición actual. Por otro lado, la red de Limeña muestra un comportamiento más uniforme, aunque también presenta deficiencias puntuales en las presiones mínimas. En ambos casos, el Escenario III permite mejorar la distribución de presiones, reduciendo los valores extremos y garantizando condiciones más adecuadas para el funcionamiento de los hidrantes, lo que evidencia la efectividad de las modificaciones planteadas en la operación.

# VII. CONCLUSIONES

## 1. Evaluación del estado actual

En la red de Chuspiyoc, el 64.06 % de las estructuras instalados requieren cambio de sus estructuras, mientras que el 31.25 % requiere construcción de nuevas estructuras y el 4.69 % requiere reparación. Situación que refleja el estado de los hidrantes, de los cuales únicamente el 51.83 % se encuentran operativos. Por otro lado, en la red de Limeña el 85 % requiere cambio de sus estructuras y el 15 % requiere construcción de nuevas estructuras, así como se contempla un 10% de hidrantes inoperativos.

En la red de Chuspiyoc, las presiones registradas varían entre 2.22 kg/cm$^2$ (H146) y 7.45 kg/cm$^2$ (H198), mientras que los caudales oscilan entre 0.80 l/s (H86) y 1.28 l/s (H157). En la red de Limeña, las presiones varían entre 3.22 kg/cm$^2$ (H237) y 6.40 kg/cm$^2$ (H224), y los caudales entre 0.69 l/s (H237) y 1.31 l/s (H235), evidenciando una alta variabilidad en las condiciones de operación. Por otro lado, se evidencian sobrepresiones en la red, a causa de que la ubicación no apropiada y estructura no adecuada al sistema de la cámara rompe presión contribuye a una distribución no uniforme de presiones.

## 2. Demanda hídrica y parámetros de riego

Se determinó una demanda hídrica para el mes más crítico de setiembre, considerando una evapotranspiración de referencia (ETo) de 3.92 mm/día y un coeficiente de cultivo ponderado de 0.77, obtenido a partir de los cultivos más representativos del Centro Agronómico K'ayra, principalmente papa, maíz habas y cereales. Bajo estas condiciones se obtuvo una demanda hídrica de 1,026.89 m³/mes/ha para riego por aspersión y 1,711.49 m³/mes/ha para riego por gravedad evidenciándose mayores requerimientos en riego por gravedad.

Se determinó los parámetros de riego con una jornada efectiva de riego de 12 horas para Chuspiyoc y 8 horas para Limeña, con dos subunidades por día (6 y 4 horas por

subunidad, respectivamente), un caudal ficticio continuo de 1.01 l/s/ha y frecuencias de riego de 6 y 4 días. Asimismo, se determinaron dotaciones de 6.05 l/s/ha para riego por aspersión y 9.48 l/s/ha para riego por gravedad.

La selección de aspersores VYR 60 y VYR 36, con pluviometrías de 4.48 mm/h y 4.38 mm/h, siendo consistente con la pluviometría media del sistema de 4.36 mm/h.

Estos resultados permiten establecer las condiciones de operación de las redes en el periodo de mayor demanda, constituyendo la base para la modelación hidráulica y la simulación en período extendido.

**3. Modelo hidráulico y calibración**

La construcción del modelo hidráulico se realizó mediante el plugin QGISRed, el cual permitió representar adecuadamente el comportamiento hidráulico observado en campo. La calibración del modelo se realizó en el software EPANET, obteniéndose una correlación del 91.1 % para el escenario 1 y del 89.2 % para el escenario 2 entre los datos simulados y medidos, lo que evidencia una correlación positiva muy fuerte y valida la confiabilidad del modelo.

El escenario 1 presenta menores valores de error, con un error medio (EM) de 0.565 $kg/cm^2$ y un error cuadrático medio (RMS) de 0.701, en relación con el escenario 2, donde el error medio es de 0.665 $kg/cm^2$ y el error cuadrático medio alcanza 0.899. Esta diferencia se explica porque el escenario 1 representa el funcionamiento real de la red, con hidrantes inoperativos que reducen las pérdidas de carga y favorecen el ajuste del modelo, mientras que el escenario 2 corresponde a una condición hipotética de operación total, en la que el incremento de la demanda genera mayores diferencias entre los valores simulados y medidos.

**4. Simulación en periodo extendido**

En el escenario I (condición actual) se identificó presiones fuera del rango de operación, con presiones mayores a 7.0 kg/cm$^2$ y menores a 2.0 kg/cm$^2$, así como velocidades fuera del intervalo recomendado (0.50–2.50 m/s).

En el escenario II (máxima demanda) predominan presiones menores a 2.0 kg/cm$^2$ y velocidades por encima de 3.0 m/s, lo que restringe el adecuado abastecimiento.

En el escenario III (optimizado) presenta presiones alrededor de 3.5 kg/cm$^2$ y velocidades dentro de los rangos admisibles, logrando un comportamiento hidráulico estable y una mejora significativa en la distribución del recurso hídrico.

Este comportamiento se evidencia en hidrantes representativos de ambas redes. En Chuspiyoc, el hidrante H198 reduce su presión de valores elevados en los escenarios I y II (8.88 y 7.44 kg/cm$^2$) a 4.222 kg/cm$^2$ en el escenario optimizado, mientras que el hidrante H146 incrementa su presión desde condiciones deficientes (1.675 y 1.604 kg/cm$^2$ en los escenarios I y II) hasta 3.18 kg/cm$^2$. De manera similar, en la red de Limeña, el hidrante H237 mejora de 3.22 kg/cm$^2$ en campo a 4.874 kg/cm$^2$ en el escenario III, y el hidrante H224 reduce sus sobrepresiones de 6.40 kg/cm$^2$ en campo a 4.283 kg/cm$^2$, evidenciando una regulación más uniforme en las presiones.

Asimismo, la incorporación de 03 válvulas reguladoras de presión se justifica por la necesidad de controlar las sobrepresiones y déficit de presión identificadas en los escenarios I y II, permitiendo ajustar el funcionamiento de la red a los rangos requeridos por los aspersores.

Estos resultados demuestran que, aunque la red presenta limitaciones en su estado actual, la implementación de la propuesta permite optimizar la gestión del riego.

# VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar un nuevo estudio que contemple el mantenimiento correctivo de la red, debido a que las condiciones actuales de la infraestructura no cumplen con lo estipulado en el Componente B de riego tecnificado del Programa Subsectorial de Irrigaciones.
2. A la administración del Centro Agronómico K'ayra – Unsaac, capacitar a los operadores de campo en los turnos y sectores de riego optimizados, a fin de garantizar una adecuada operación de las redes de riego, asegurar el buen funcionamiento y cubrir las necesidades hídricas del cultivo.
3. En la reconstrucción de nuevos trazos de tuberías, considerar la topografía del terreno y que estas se instalen preferentemente por los límites de las parcelas, a fin de reducir el riesgo de daños ocasionados por actividades de mecanización agrícola.

# IX. BIBLIOGRAFÍA


Arnalich, S. (2021). *Epanet y cooperación. Introducción al cálculo de redes de agua por ordenador. 2da edición.* Arnalich, Water and Habitat.

Autoridad Nacional del Agua. (2020). Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú.

Baca Garcia, C. J., Vivanco Pérez, R., Abarca Paredes, R., Borda Huamán, R., Canal Solís, A., Pareja Pareja, L., . . . Chacon, C. J. (2011). *Manual técnico de riego presurizado.* Cusco, Perú: Gobierno Regional Cusco.

Beltrán Niño, A. L., & Abril Galindo, J. J. (2014). En *Analisis de la demanda y la red de distribución de agua en el municipio de Aracataca* (págs. 60-63). Bogota, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Bentley Systems. (2012). *Modelación y diseño de sistemas de distribución, WaterCAD/GEMS V8i (sistema metrico).* San José, Costa Rica: Bentley.

García Alcaraz, M. (2006). *Modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas.* Cartagena, España: Universidad Politécnica de Cartagena.

García Luna, A., & Moreno Vega, A. (2024). *Operaciones culturales, riego y fertilización.* Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.

García Serra, J., Fuentes, V., Iglesias, P., López, G., Martínez, F., & Peréz, R. (2002). Modelización y diseño de redes de abastecimiento de agua. Valencia, España: Univesidad Politecnica de Valencia.

García, V., & García Serra, J. (2005). Modelación matemática de redes. En *Análisis, diseño, operación y gestión de redes de distribución de agua con EPANET.* Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.

Guerrero, O. (2002). Modelo hidráulico para redes de agua potable. En *Ingeniería hidráulica en México XVII(1)* (págs. 31-48). Ciudad de Mexico, Mexico: Asociación Mexicana de Hidráulica.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6ta edición). Ciudad de Mexico, Mexico: Interamericana Editores, S.A.

Martínez Alzamora, F., & Lerma, N. (2022). *Manual de usuario QGISRed v. 0.16 "Plugin de QGIS para la confección y análisis de modelos de redes de distribución de agua y gemelos digitales".* Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Martínez Alzamora, F., Bartolín Ayala, H. J., Sancho Iranzo, H., & Ayra Prats, M. (Julio de 2004). GISRed v1.0: Una herramienta SIG de ayuda para la confección de modelos y planes directores de redes de distribución de agua. *Tecnología del Agua*, 32.

Merriam, J., & Keller, J. (1978). *Evaluación de sistemas de riego agrícola: Una guía para la gestión.* California: Utah State University. Obtenido de https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4790&context=cee_facpub

Monge Redondo, M. Á. (2018). *Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión.* Madrid, España: Agrícola Española S. A.

Moratiel Yugueros, R. (2017). Riego a presión. En *Riego en cultivos: fundamentos y manejo* (pág. 84). Madrid: Mundi-Prensa.

Mott, R. L. (2006). Mecánica de fluidos. Pearson Educación.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura. (2001). *Evaluación del desempeño de los sistemas de riego.*

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura. (2006). *"Evapotranspiración del cultivo". Guia para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma, Italia.

Pari Mamani, O. (2018). *Comparación de presiones de diseño y en obra de la red de distribución del sistema de riego por aspersión Comunidad Angara Bajo – Lampa.* Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Parrales Parrales, E. L., Álvarez Álvarez, M. J., Plúa Marcillo, L. A., Gutiérrez Sánchez, L. A., Parrales García, C. E., Marcillo Merino, G. L., . . . Merchán García, W. (2018). Ingeniería y tecnología. En *Hidráulica aplicada para ingenieros civiles* (Primera ed., pág. 35). Alcoy, Alicante, España: Área de innovación y desarrollo S.L.

Programa Subsectorial de Irrigaciones. (2006). *Componente B: Guia para la elaboración de expedientes técnicos de riego presurizado.* Lima, Perú.

Programa Subsectorial de Irrigaciones. (2012). *Guía Metodológica del Inventario de la Infraestructura Hidráulica.* Lima, Perú.

Roque Tomaylla, M. (2021). *Simulación hidráulica de la red de distribución del sistema de riego Santo Domingo.* Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rossman, L. A. (2000). *Epanet 2 manual de usuario.* (F. Martínez Alzamora, Trad.) USA: Agencia del Medio Ambiente U. S.

Ruiz Rivera, R. (2014). Desmontaje y reposicion de bombas. En *Mantenimiento correctivo y reparacion de redes de agua y saneamiento.* Málaga, España: IC Editorial.

Sahuquillo, A., Cassiraga, E., Solera, A., & Murillo, J. (2010). En *Embalses: modelos de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas* (pág. 97). Madrid, España: Instituto Geologico y Minero de España.

Sánchez Merlo, Y. M. (2013). *Modelamiento computarizado de sistemas de distribucion de agua con WaterCAD V8i.* Ica, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú. Consejo Departamental de Ica.

Sandoval Herrera, J. A. (2018). *Mecánica de fluidos* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de América.

Sapir, E., & Sneh, M. (2005). *Riego por aspersión.* (Segunda ed.). Israel: CINADCO.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). *Climas del Perú: mapa de clasificación climática nacional* (Primera ed.). Lima, Perú.

Tarjuelo, J. M. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología* (Tercera ed.). Madrid, España: Mundi - Prensa.

Trapote Jaume, A. (2014). Infraestructuras hidráulicas-sanitarias. Madrid, España: une (Unión de editoriales universitarias Españolas).

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. (2009). *Expediente técnico del proyecto: Mejoramiento de la infraestructura de riego de la Facultad de Agronomía y Zootecnia.* Cusco, Perú.

Uralista. (Octubre de 2003). Valvulas de control. En *Sistemas industriales y abastecimientos de agua* (págs. 8-13). Madrid, España.

Vásquez A., A., Vásquez R., I., Vásquez R., C., & Cañamero K., M. (2017). *Fundamentos de la ingeniería de riegos* (Primera ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Vega Barbato, D. (2002). Pautas para el diseño de la distribución de agua. *Seminario Internacional CORA*.

# X. ANEXOS

**Anexo 1:** Registro fotográfico

**Fotografía 1.** Identificación y evaluación de bocatoma – Red Chuspiyoc



**Fuente:** Registro de campo

**Fotografía 2.** Identificación y evaluación de bocatoma – Red Limeña



**Fuente:** Registro de campo

**Fotografía 3.** Identificación y evaluación de válvulas de control y purga



**Fuente:** Registro de campo

Fotografía 4. Identificación y evaluación de hidrantes




**Fuente:** Registro de campo

**Fotografía 5.** Adecuación del instrumento de evaluación de presiones y caudales



**Fuente:** Registro de campo

**Fotografía 6.** Medición de caudales con medidor de chorro múltiple y volumétrico



**Fuente:** Registro de campo

**Anexo 2:** Ficha técnica de medidor de chorro múltiple

AYRON VALVE
Tecnología Italiana

# MEDIDOR DE CHORRO MÚLTIPLE

## (FRIO/CALIENTE) MODELO: LXLC

### ▸ FUNCIONALIDAD Y PRECISIÓN

Medidor diseñado bajo la tecnología de chorro múltiple para caudales pequeños y medianos. Está homologado bajo la nueva normativa MID, dispone de una precisión R160 en horizontal.

### ▸ TRANSMISIÓN DE LA LECTURA

La esfera de los contadores M120 está pre-equipada para montar un emisor reed ; este emisor de pulsos permite realizar telelectura mediante sistemas radio, contaje, dosifi cación e incorpora un sistema de detección de fraude.



### ▸ TECNOLOGÍA DE CHORRO MÚLTIPLE

El sistema de chorro múltiple dispone de una turbina localizada en el interior de la cámara de medida que se impulsa por chorros de agua desde diferentes direcciones; el movimiento generado se transmite mediante un acoplamiento magnético, donde se realiza la lectura del volumen acumulado.

### ▸ PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Esfera seca con cinco tambores para m3.
- Transmisión magnética.
- Emisor de impulsos con detección de fraude.
- Clase metrológica R160 para toda la gama de caudales de 1,5 a 10 m3/h (15 m3/h R100).
- Calibres disponibles de 15 a 50 mm.
- Tapa desmontable.
- Para uso con agua fría. Temperatura máxima 30°C.
- Longitudes y roscas compatibles con las de otros modelos de contadores.
- Alto grado de protección frente a humedad y golpes.

AYRON VALVE
Tecnología Italiana

## ▶DATOS METROLÓGICOS

| Calibre | | | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Caudal máximo | Q4 (±2) | $m^3/h$ | 3,1 | 5 | 7,9 | 12,5 | 20 | 31,2 |
| Caudal nominal | Q3 (±2) | $m^3/h$ | 2,5 | 4 | 6,3 | 10 | 16 | 25 |
| Caudal de transición | Q2(±2) | l/h | 25 | 32 | 50 | 80 | 150 | 300 |
| Caudal mínimo | Q1 (±5) | l/h | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
| Caudal de arranque | | l/h | 5,5 | 10 | 12 | 18 | 25 | 45 |
| Caudal a pérdida de carga 1 bar | | $m^3/h$ | 3,3 | 5,5 | 7,2 | 12,8 | 22 | 32 |
| Presión nominal | PN | bar | | | | 16 | | |

* Versión con bridas PN16.

## ▶LECTURA DEL CONTADOR

| | | | |
|---|---|---|---|
| Indicación mínima | | litro | 0,05 |
| Indicación máxima | | $m^3$ | 99.999 |
| **Emisor de pulsos | | l/p | 100 (estándar) ó 1.000 |

** Compatible con emisores reed C40110 (para 1P/100L) y C40105 (para 1P/1.000L)

## ▶DIMENSIONES Y PESOS

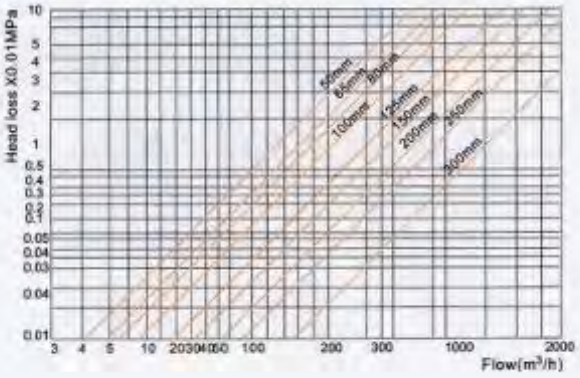
| Longitud sin conexione | L | mm | 165 | 190 | 260 | 260 | 300 | 270 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura con tapa cerrada | H2 | mm | 115 | 115 | 130 | 130 | 153 | 153 |
| Altura al eje | H1 | | 31 | 31 | 43 | 43 | 46 | 46 |
| Anchura | B | mm | | | | 100 | | |
| Conexión | D | " | G3/4B | G1B | G1 1/4B | G1 1/2B | G2B | G2 1/2B |
| Peso aproximado | | kg | 1,5 | 1,6 | 2,5 | 2,5 | 3,7 | 4,5 |

*** DIN2533 PN16

## ▶PÉRDIDA DE CARGA




## ▶CURVA DE ERRORES



**Anexo 3:** Formato de medición de caudales con correntómetro

## AFORO EN CAPTACIONES

## MEDICIÓN DE CAUDALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **CUENCA** | : VILCANOTA | **DEPARTAMENTO** | : CUSCO | **CORRENTOMETRO** | : OTT C31 857721 |
| **SUB CCUENCA** | : HUATANAY | **PROVINCIA** | : CUSCO | **AFORO** | : LASTRE10 Kg |
| **MICROCUENCA** | : HUANACAURE | **DISTRITO** | : SAN JERÓNIMO | **REV. POR SEÑAL** | : 30 seg |
| **FUENTE** | : Riachuelo Conchacalla | **LUGAR** | : KAYRA | **AFORADOR** | : Melo Cajahuillca |

| **TRABAJO DE CAMPO** | | | | | | | | | | | **TRABAJO DE GABINETE** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PTOS.** | **ESTACION** | **Coodenadas UTM WGS-84 19L** | | | **Fechas** | **Hora** | **TIEMPO** | **Ancho canal** | **Altura del agua** | **Are de seccion** | **Velocidad medida** | **CAUDAL** | | **Observaciones** |
| | | **Norte** | **Este** | **Altura** | **dd/mm/aa** | **am - pm** | **segundos** | **m** | **m** | **A (m2)** | **m/s** | **m3/s** | **l/s** | |
| **1** | Capt. Chuspiyoc | 8495965.18 | 188842.23 | 3381.4 | 15/06/2024 | 09:31:00 | 30 | 0.30 | 0.18 | 0.053 | 0.60 | 0.032 | 32.04 | |
| | | | | | | 09:35:00 | 30 | 0.30 | 0.18 | 0.053 | 0.70 | 0.037 | 37.38 | |
| | | | | | | 09:42:00 | 30 | 0.30 | 0.18 | 0.053 | 0.60 | 0.032 | 32.04 | |
| | | | | | | | | | | | ***0.63*** | ***0.03*** | ***33.82*** | *Promedio* |
| **2** | Capt. Limeña | 8497332.68 | 188269.43 | 3285.3 | 15/06/2024 | 10:48:00 | 30 | 0.30 | 0.30 | 0.092 | 0.30 | 0.027 | 27.45 | |
| | | | | | | 10:51:00 | 30 | 0.30 | 0.30 | 0.092 | 0.40 | 0.037 | 36.60 | |
| | | | | | | 10:52:00 | 30 | 0.30 | 0.30 | 0.092 | 0.40 | 0.037 | 36.60 | |
| | | | | | | | | | | | ***0.37*** | ***0.03*** | ***33.55*** | *Promedio* |
| **3** | Capt. Chuspiyoc | 8495965.18 | 188842.23 | 3381.7 | 14/12/2024 | 15:46:00 | 30 | 0.30 | 0.26 | 0.077 | 0.50 | 0.038 | 38.25 | |
| | | | | | | 15:49:00 | 30 | 0.30 | 0.26 | 0.077 | 0.60 | 0.046 | 45.90 | |
| | | | | | | 15:52:00 | 30 | 0.30 | 0.26 | 0.077 | 0.50 | 0.038 | 38.25 | |
| | | | | | | | | | | | ***0.53*** | ***0.04*** | ***40.80*** | *Promedio* |
| **4** | Capt. Limeña | 8497334.10 | 188267.41 | 3285.2 | 14/12/2024 | 14:55:00 | 30 | 0.30 | 0.30 | 0.092 | 0.42 | 0.038 | 38.43 | |
| | | | | | | 14:58:00 | 30 | 0.30 | 0.30 | 0.092 | 0.48 | 0.044 | 43.92 | |
| | | | | | | 15:01:00 | 30 | 0.30 | 0.30 | 0.092 | 0.50 | 0.046 | 45.75 | |
| | | | | | | | | | | | ***0.47*** | ***0.04*** | ***42.70*** | *Promedio* |

**Fuente:** Registro de campo

**Anexo 4:** Cuadros de información climatológica – Centro agronómico k'ayra

VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACIÓN: | **K'AYRA** | | | | CÓDIGO: | 000607 / DZ-12 |
| LATITUD: | 13° | 33´ | 24.29" | SUR | DEPARTAMENTO: | CUSCO |
| LONGITUD: | 71° | 52´ | 30.61" | OESTE | PROVINCIA: | CUSCO |
| ALTITUD: | 3214 | | M.S.N.M. | | DISTRITO: | SAN JERÓNIMO |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1994** | 1.4 | 1.40 | 1.50 | 0.80 | 0.90 | 1.20 | 1.30 | 2.50 | 1.70 | 2.30 | 1.90 | 1.70 |
| **1995** | 1.70 | 1.80 | 1.10 | 1.10 | 1.50 | 0.80 | 1.30 | S/D | 2.40 | 2.70 | 1.90 | 1.90 |
| **1996** | 1.20 | 1.70 | 1.20 | 1.50 | 1.30 | 1.30 | 2.00 | 2.20 | 2.4 | S/D | S/D | S/D |
| **1997** | 1.70 | S/D | 1.30 | 1.10 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 2.40 | 1.80 | 2.00 | 1.50 | 1.20 |
| **1998** | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 0.8 | 1.4 | 1.2 | S/D | 1.5 | 2.1 | 2.5 | 1.8 | 1.8 |
| **1999** | 2.1 | 1.4 | 1.2 | 1.4 | 0.8 | 1.2 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 2.8 | 2.5 | 1.7 |
| **2000** | 1.2 | 1.8 | 1.2 | 1.7 | 0.9 | 1.2 | 1.8 | 2 | 3.2 | 2.8 | 3.2 | 2.1 |
| **2001** | 1.7 | 1.4 | 1 | 1.3 | 0.9 | 1.1 | 1.6 | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 2.3 | 1.9 |
| **2002** | 1.6 | 1.1 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 2.1 | 2.7 | 1.7 | 1.2 |
| **2003** | 1 | 1.4 | 0.9 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.9 | 2.2 | 1.6 | 2.7 | 3 | 1.5 |
| **2004** | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 0.9 | 1.3 | 0.9 | 0.9 | S/D | 2.7 | 1.8 | 2 | 1.5 |
| **2005** | 1.2 | S/D | 0.8 | 1.1 | 1 | S/D | 1.9 | 1.7 | 3 | 2.2 | 1.8 | 1.6 |
| **2006** | 1 | 1.3 | 0.9 | 0.9 | 1 | 1.2 | 1.8 | 1.6 | 2.5 | 2.3 | 2.6 | 2.1 |
| **2007** | 1.4 | 1.6 | 2.1 | 1.6 | 1.6 | 0.8 | 1.8 | 1.9 | 2.7 | 2.2 | 2.7 | 2.9 |
| **2008** | 2.1 | 1.4 | 1.7 | 1.9 | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 2.7 | 1 |
| **2009** | 0.80 | 1.10 | 1.30 | 1.60 | 1.80 | 1.80 | 1.90 | 2.90 | 2.50 | 3.10 | 1.30 | 1.40 |
| **2010** | 0.90 | 1.10 | 1.40 | 1.00 | 1.60 | S/D | 1.70 | 1.60 | 2.00 | 2.40 | 1.90 | 1.40 |
| **2011** | 1.40 | 1.80 | 0.80 | 1.10 | 1.20 | 1.20 | 1.70 | 2.00 | 2.00 | 1.30 | 1.80 | 1.80 |
| **2012** | 2.10 | 1.50 | 1.40 | 1.60 | 1.80 | 1.60 | 2.00 | 2.30 | 4.10 | 2.70 | 2.30 | 1.60 |
| **2013** | 2.10 | 1.40 | 1.40 | 1.60 | 1.80 | 1.60 | 2.00 | 2.30 | 2.90 | 2.70 | 2.30 | 1.70 |
| **2014** | 1.40 | 2.10 | 2.30 | 1.60 | 1.90 | 2.40 | 2.10 | S/D | S/D | 3.90 | S/D | S/D |
| **2015** | 2.40 | 2.00 | 1.90 | 1.50 | 1.10 | 2.00 | 2.00 | 2.30 | 3.30 | 3.00 | 2.70 | 2.30 |
| **2016** | 2.00 | 1.10 | 2.30 | 1.80 | 1.70 | 1.20 | 0.80 | 1.80 | 2.70 | 1.40 | 1.90 | 1.50 |
| **2017** | 1.80 | 1.40 | 1.70 | 1.20 | 1.40 | 1.10 | 1.40 | 1.70 | 2.10 | 1.80 | 1.80 | 1.60 |
| **2018** | 1.30 | 0.70 | 1.00 | 1.40 | 2.20 | 1.80 | 2.00 | 2.50 | 2.70 | 2.00 | 2.90 | 2.20 |
| **2019** | 1.80 | 2.70 | 2.20 | 1.90 | 1.80 | 1.70 | 2.10 | 2.50 | 2.90 | 3.40 | 2.10 | S/D |
| **2020** | 2.30 | 1.80 | 1.60 | S/D | S/D | 1.00 | 1.70 | 2.40 | 1.50 | 2.20 | 1.00 | 0.70 |
| **2021** | 1.20 | 1.40 | 1.10 | 1.10 | 1.00 | 1.30 | 1.50 | 2.00 | 3.70 | 2.50 | 1.60 | 1.50 |
| **2022** | 1.20 | 1.00 | 0.80 | 0.90 | 0.80 | 0.90 | 1.40 | 1.80 | 2.10 | 2.80 | 2.10 | S/D |
| **PROMEDIO** | **1.54** | **1.49** | **1.40** | **1.31** | **1.34** | **1.31** | **1.65** | **2.07** | **2.49** | **2.47** | **2.12** | **1.67** |

**Fuente:** SENAMHI (1994 – 2022)

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACIÓN: | **K'AYRA** | | | | CÓDIGO: | 000607 / DZ-12 |
| LATITUD: | 13° | 33´ | 24.29" | SUR | DEPARTAMENTO: | CUSCO |
| LONGITUD: | 71° | 52´ | 30.61" | OESTE | PROVINCIA: | CUSCO |
| ALTITUD: | 3214 | | M.S.N.M. | | DISTRITO: | SAN JERÓNIMO |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1994** | 177 | 163.9 | 173.9 | 45.5 | 11.8 | 0 | 0 | 0 | 25.7 | 40.2 | 40.5 | 119.9 |
| **1995** | 122 | 94.8 | 95.3 | 17.8 | 0 | 0 | 0.6 | 1.2 | 28.8 | 26.7 | 70.2 | 102.6 |
| **1996** | 131.9 | 98 | 70.5 | 32.3 | 11 | 0 | 0 | 6.3 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| **1997** | 123.3 | 127.7 | 104.8 | 31 | 4.8 | 0 | 0 | 7.1 | 12.3 | 44.4 | 201.5 | 148.4 |
| **1998** | 116.3 | 156.2 | 22.6 | 31 | 1.6 | 1.9 | S/D | 1.6 | 4.3 | 49.8 | 49.7 | 58.9 |
| **1999** | 89.3 | 92.2 | 92 | 42.8 | 1.3 | 3.4 | 1 | 0 | 43.1 | 18.8 | 39.7 | 119.5 |
| **2000** | 197.4 | 137.3 | 119.5 | 10.9 | 2.6 | 5.8 | 2.7 | 4.5 | 10.7 | 49.3 | 29.3 | 82 |
| **2001** | 233 | 173.1 | 137.4 | 36.4 | 11.5 | 0 | 17.4 | 10.2 | 20.6 | 38.3 | 96.8 | 89.4 |
| **2002** | 134.5 | 184.6 | 112.7 | 21.6 | 16.2 | 2.5 | 27.1 | 3.7 | 10.3 | 78.7 | 97.8 | 132.4 |
| **2003** | 163.9 | 135.5 | 142.9 | 56.5 | 2 | 6.4 | 0 | 21.3 | 3.7 | 34.6 | 23.1 | 123.8 |
| **2004** | 173.7 | 125.8 | 66.5 | 21 | 2.4 | 20.5 | 17 | 9 | 21.7 | 25.6 | 60.9 | 87.9 |
| **2005** | S/D | S/D | 120.2 | 33.1 | 3.2 | 0.4 | 1.2 | 4 | 4.5 | 39.1 | 59.3 | 102.5 |
| **2006** | 203.4 | 155.5 | 145.9 | 40.9 | 0.2 | 4.9 | 0 | 10.5 | S/D | 72.5 | 67.8 | 147.2 |
| **2007** | 140.8 | S/D | 107.3 | 93.6 | 5.8 | 0 | 4 | 0 | 1 | 49.4 | 74 | 88.4 |
| **2008** | 108.8 | 109.2 | 64.4 | 7.6 | 8.7 | 2.1 | 0 | 3.9 | 13.9 | 51.7 | 90.2 | S/D |
| **2009** | 112.5 | 108.3 | 79.1 | 21.3 | 5.3 | 0 | 3.3 | 0.7 | 15.1 | 8.3 | 88.7 | 82.9 |
| **2010** | 268.5 | 168.5 | 129.2 | 16.6 | 1.3 | 0 | 1.4 | 4.7 | 8.2 | 70 | 40 | 174.1 |
| **2011** | 103.4 | 187 | 131.9 | 67.6 | 3.9 | 3.2 | 3.7 | 0 | 38.9 | 38.2 | 60.2 | 110.2 |
| **2012** | 70.5 | 157.9 | 41.7 | 48.1 | 4.5 | 1.2 | 0 | 0 | 18.4 | 19.5 | 138.2 | 179.5 |
| **2013** | 189.6 | 137.2 | 75.5 | 15.1 | 25.3 | 6.1 | 2 | 12.4 | 6.3 | 105 | 86 | 159.4 |
| **2014** | 161.9 | 116.5 | 40 | 35 | 10.1 | 0 | 3.2 | 5.8 | S/D | S/D | S/D | 156 |
| **2015** | 169.8 | 146.5 | 66.7 | 69.8 | 18.6 | 3.9 | 10.3 | 4.6 | 16.1 | 19.1 | 48.6 | 113 |
| **2016** | 104 | 153.1 | 54.3 | 24.4 | 3 | 0 | 4.5 | 0.5 | 7 | 79.5 | 28 | 89.8 |
| **2017** | 111.2 | S/D | 122.8 | 47.5 | 11.2 | 5.9 | 0 | 8.4 | 19 | 33.7 | 61.4 | 101.7 |
| **2018** | 154.8 | 162.5 | 146.3 | 20.3 | 0.2 | 16 | 11.6 | 7.1 | 9.1 | 84.8 | 80.8 | 95 |
| **2019** | 127.8 | 117.2 | 171.4 | 30 | 28.2 | 1.5 | 3.7 | 0 | 9.8 | 82.4 | 111.7 | 154.4 |
| **2020** | 126.7 | 156.4 | S/D | S/D | S/D | S/D | 8.2 | 1 | 5.6 | 7.5 | 46.6 | 138.2 |
| **2021** | 154.4 | 127 | 75.7 | S/D | 8.7 | 10.7 | 0 | 4.3 | 1.5 | 46.1 | 101.6 | 106.1 |
| **2022** | 214.4 | 107.2 | 142.2 | 12.9 | 1 | 0.5 | 0 | 2.5 | 21.9 | 1.2 | 29.3 | S/D |
| **2023** | 96.2 | 106.2 | 66.1 | 42.5 | 45.8 | 0 | 0 | 5.7 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| **PROMEDIO** | **147.62** | **137.23** | **100.65** | **34.75** | **8.63** | **3.34** | **4.24** | **4.70** | **14.52** | **44.98** | **71.18** | **117.82** |

**Fuente:** SENAMHI (1994 – 2023)

HORAS DE SOL MEDIA MENSUAL

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACIÓN: | **K'AYRA** | | | | CÓDIGO: | 000607 / DZ-12 |
| LATITUD: | 13° | 33´ | 24.29" | SUR | DEPARTAMENTO: | CUSCO |
| LONGITUD: | 71° | 52´ | 30.61" | OESTE | PROVINCIA: | CUSCO |
| ALTITUD: | 3214 | | M.S.N.M. | | DISTRITO: | SAN JERÓNIMO |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1994** | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | 182 | 169.2 |
| **1995** | S/D | S/D | 116.2 | S/D | 258.6 | S/D | S/D | S/D | S/D | 235.8 | S/D | 165.4 |
| **1996** | S/D | S/D | S/D | 182.1 | S/D | 270.7 | 274 | 207.9 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| **1997** | 106.4 | S/D | 143 | 207.5 | 260.3 | 284.1 | 281.3 | 234 | 210.5 | 222.1 | 195 | 167.5 |
| **1998** | 173.1 | 168.2 | 193.5 | 219.3 | 286.1 | 222.6 | S/D | 245.1 | 250.7 | 174.8 | 187 | 155.3 |
| **1999** | 149.9 | 117.2 | 117.5 | 172.4 | S/D | 256.3 | 251.3 | 273.6 | S/D | 186.6 | S/D | S/D |
| **2000** | 134.5 | 130.3 | 130.1 | 198 | S/D | 226.7 | 232.7 | 213.8 | 218.3 | 169.4 | 214.8 | 165 |
| **2001** | S/D | 103.2 | 132.8 | 202.2 | 201.7 | 233.7 | 235 | 256.1 | 214.5 | 184.2 | 179.6 | 158 |
| **2002** | 178.1 | 75.4 | 128.7 | 161 | 232.2 | 206 | 193.4 | 224.1 | 176.5 | S/D | 168.3 | 120.9 |
| **2003** | 111.4 | 116.8 | 108.3 | 197.9 | 231 | 237.9 | 273.1 | 240.6 | 213.7 | 209 | 203.6 | 119 |
| **2004** | 137.2 | 163.5 | 156.6 | 203.1 | 254.6 | 201.4 | 213.4 | 209.4 | 204.3 | 197.5 | 162.1 | 143.3 |
| **2005** | 154.3 | S/D | 172.9 | 214.5 | 263.1 | 265 | 281.3 | 270.3 | 209.6 | 150.2 | 179.8 | 151.5 |
| **2006** | 108.9 | 150 | 165.3 | 183.7 | 286.7 | 220.5 | 267.6 | 236.1 | 231.6 | 181.7 | 150.3 | 121.3 |
| **2007** | 150.9 | 117.1 | 106.9 | 155.1 | 215.5 | 259.9 | 236.9 | 268.6 | 181.7 | 177.6 | 183.6 | 161.9 |
| **2008** | S/D | S/D | 143.2 | 194.1 | S/D | 252.7 | 267.3 | S/D | 225.6 | 176.9 | S/D | 106.8 |
| **2009** | 87.2 | 97.7 | 141.8 | 181.7 | 230.3 | 247.9 | 230.9 | 259.7 | 188.7 | 198.4 | 113.2 | 105.4 |
| **2010** | 86.4 | 101.1 | 134.2 | 191.2 | 210.1 | 229.5 | 282.1 | 261.2 | 219.6 | 156.8 | 144.5 | 102.7 |
| **2011** | 90.7 | 58.5 | 99.4 | S/D | 223.8 | 233.8 | 236.8 | 227.7 | 178.6 | 187.1 | 187.9 | 88.6 |
| **2012** | 113.3 | 75.2 | 127.9 | 144.9 | 246.8 | 231.9 | 259 | 260.6 | 209.7 | 194.3 | 155.7 | 68.4 |
| **2013** | 109.7 | 82.5 | 131.1 | 227.4 | 213 | 161.9 | 212.2 | 206.7 | 226.3 | 155.4 | 168.5 | 85.6 |
| **2014** | 98 | 106.9 | 143.2 | 169.6 | 192 | 242.6 | 227.4 | 214.4 | 153.5 | 198.2 | 156.3 | S/D |
| **2015** | 110 | 122.9 | 151.3 | 120.1 | 194 | 239.6 | 268.2 | 247 | 204.9 | 177 | 166.5 | 132.8 |
| **2016** | 149.9 | 129.2 | 187.3 | 194.5 | 255.5 | 236.7 | 269.3 | 246.6 | 230.5 | 166.6 | 214.5 | 143.9 |
| **2017** | 115.2 | S/D | S/D | S/D | 135.8 | 209.6 | 248.3 | 240.9 | 175.1 | 169.1 | 126.9 | S/D |
| **2018** | S/D | S/D | 110.6 | 159.3 | 226.6 | 204.9 | 191 | 203.5 | 221.6 | S/D | 127.5 | S/D |
| **2019** | 119.6 | 89 | 126.5 | 151.6 | 211.9 | 225.1 | 223.9 | S/D | S/D | S/D | 100.3 | 74.5 |
| **2020** | 96.6 | 67.5 | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | 273.8 | 174.7 | S/D | 205.1 | 82.1 |
| **2021** | 88.7 | S/D | 110 | S/D | 188.6 | S/D | S/D | 259.2 | S/D | S/D | S/D | 104.2 |
| **2022** | 95.8 | 80.5 | S/D | 197.6 | S/D | 224.2 | 254.6 | 208.1 | 222.8 | S/D | 211.7 | S/D |
| **2023** | 98.7 | S/D | S/D | 162.7 | 171.4 | 237.3 | 256.4 | 199.3 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| **PROMEDIO** | **119.35** | **107.64** | **136.60** | **182.98** | **225.63** | **233.17** | **246.70** | **238.01** | **206.22** | **184.22** | **170.20** | **125.80** |

**Fuente:** SENAMHI (1994 – 2023)

TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA MENSUAL (°C)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACIÓN: | **K'AYRA** | | | | CÓDIGO: | 000607 / DZ-12 |
| LATITUD: | 13° | 33´ | 24.29" | SUR | DEPARTAMENTO: | CUSCO |
| LONGITUD: | 71° | 52´ | 30.61" | OESTE | PROVINCIA: | CUSCO |
| ALTITUD: | 3214 | | M.S.N.M. | | DISTRITO: | SAN JERÓNIMO |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1994** | 19.6 | 20 | 20.1 | 19.8 | 21 | 20.5 | 20.6 | 21.5 | 21.1 | 21.5 | 21.4 | 21 |
| **1995** | 20.7 | 20.4 | 19.7 | 21.4 | 21.9 | 20.7 | 21.1 | 22.4 | 21.2 | 22.5 | 21.6 | 20.9 |
| **1996** | 19.6 | 19.7 | 20.4 | 20.3 | 20.9 | 20.5 | 20.5 | 20.2 | 21.7 | S/D | S/D | S/D |
| **1997** | 19.5 | 19.4 | 19.6 | 20.2 | 20.3 | 20.7 | 20.9 | 19.6 | 21.4 | 22.5 | 21.9 | 21.8 |
| **1998** | 21.9 | 22 | 22.1 | 22.7 | 22.5 | 20.7 | S/D | 22 | 22.9 | 21.9 | 21.7 | 21 |
| **1999** | 20.4 | 19.9 | 19.6 | 20 | 20.8 | 21 | 20.2 | 22.1 | 21.4 | 21.4 | 22.8 | 21.2 |
| **2000** | 19.7 | 19.3 | 19.8 | 21.2 | 22.1 | 20.4 | 20 | 20.9 | 22.3 | 20.8 | 23.7 | 21.3 |
| **2001** | 19 | 19.1 | 19.8 | 20.2 | 20.5 | 20.3 | 20.6 | 20.7 | 21.7 | 21.9 | 22 | 21.4 |
| **2002** | 20.8 | 19.2 | 19.8 | 20.1 | 21 | 20.7 | 18.6 | 20.8 | 21.7 | 21.8 | 21.7 | 20.9 |
| **2003** | 20.8 | 20.8 | 19.9 | 21.3 | 21.1 | 21.6 | 21.2 | 21.5 | 21.8 | 23.1 | 23.2 | 21.1 |
| **2004** | 20.6 | 20.8 | 21.2 | 21.6 | 21.8 | 20.5 | 20.5 | 20.6 | 21.4 | 22 | 22.1 | 21.8 |
| **2005** | 21.2 | S/D | 20.7 | 21.3 | 22 | 21.3 | 21.8 | 22.3 | 21.7 | 21.2 | 22.3 | 20.9 |
| **2006** | 19.4 | 20.7 | 19.9 | 20.9 | 21.1 | 20.5 | 21.3 | 21.8 | 22.3 | 21.2 | 21 | 20.6 |
| **2007** | 21.2 | 20.5 | 19.8 | 20.3 | 20.6 | 21.7 | 20.7 | 22.5 | 21.4 | 21.9 | 22.5 | 21.3 |
| **2008** | 19 | 20.5 | 19.9 | 21.1 | 21 | 21.2 | 21.4 | 22.7 | 22.4 | 21.5 | 22.4 | 20.7 |
| **2009** | 20 | 20.4 | 20.8 | 21.3 | 21.5 | 21.8 | 21.2 | 22.8 | 23.1 | 24.1 | 22.2 | 20.9 |
| **2010** | 20.4 | 21.1 | 21.4 | 22.2 | 21.9 | 22.3 | 22.4 | 23.4 | 23.6 | 22.6 | 23.1 | 21.2 |
| **2011** | 20.7 | 18.9 | 20 | 21 | 21.3 | 21.6 | 20.5 | 22.5 | 21.9 | 22.5 | 23.5 | 20.4 |
| **2012** | 20.7 | 19.3 | 20.8 | 20.9 | 21.5 | 21.1 | 22.1 | 23.4 | 23.9 | 24.1 | 23.1 | 20.6 |
| **2013** | 20.8 | 20.9 | 21.7 | 23.2 | 22.4 | 20.1 | 21 | 22.5 | 23.6 | 22.6 | 22.9 | 21 |
| **2014** | 21.3 | 21.4 | 21.6 | 21.2 | 21 | 22.6 | 21.1 | 21 | 21.1 | 21.8 | 22.8 | 21.4 |
| **2015** | 19.8 | 20.8 | 20.8 | 19.6 | 20.5 | 21.6 | 21.5 | 22 | 22.4 | 22 | 22.5 | 20.9 |
| **2016** | 22.3 | 21.2 | 22.9 | 22 | 22.5 | 21.6 | 21.7 | 22.4 | 22.7 | 21.1 | 23.1 | 20.9 |
| **2017** | 20.1 | 21.2 | 20.5 | 20.7 | 19.9 | 21.1 | 21.7 | 22.3 | 21.4 | 21.9 | 22.2 | 21.4 |
| **2018** | 19.8 | 21 | 20.2 | 20.9 | 21.3 | 19.4 | 19.8 | 20.4 | 22.2 | 20.1 | 22.4 | 21.5 |
| **2019** | 20.5 | 20.2 | 20.4 | 20.8 | 21.2 | 21.3 | 21.4 | 22.5 | 21.4 | 21.7 | 20.9 | 20.5 |
| **2020** | 20.2 | 19.9 | 21.1 | S/D | S/D | S/D | 22.6 | 23.3 | 21.8 | 21.6 | 23.5 | 20.3 |
| **2021** | 19.8 | 20 | 19.6 | 19.7 | 20.7 | 21 | 22.7 | 22.8 | 22.6 | 22.9 | 21.7 | 21 |
| **2022** | 20.1 | S/D | 20.7 | 22.2 | 21.9 | 20.9 | 22.5 | 22.8 | 23.4 | 23.6 | 24 | S/D |
| **2023** | 21.1 | 20.9 | 21.3 | 22 | 20.4 | 22.1 | 23.5 | 23.2 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| **PROMEDIO** | **20.37** | **20.34** | **20.54** | **21.04** | **21.26** | **21.06** | **21.21** | **21.96** | **22.12** | **22.06** | **22.44** | **21.03** |

**Fuente:** SENAMHI (1994 – 2023)

TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA MENSUAL (°C)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACIÓN: | **K'AYRA** | | | CÓDIGO: | 000607 / DZ-12 | |
| LATITUD: | 13° | 33´ | 24.29" | SUR | DEPARTAMENTO: | CUSCO |
| LONGITUD: | 71° | 52´ | 30.61" | OESTE | PROVINCIA: | CUSCO |
| ALTITUD: | 3214 | | M.S.N.M. | | DISTRITO: | SAN JERÓNIMO |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1994** | 7 | 7.5 | 6.8 | 5.4 | 1 | -2.3 | -2.3 | -1.1 | 3.7 | 5.7 | 6.7 | 7.5 |
| **1995** | 7.4 | 7.3 | 7.7 | 3.9 | -0.1 | -0.4 | 0.3 | 0.8 | 3 | 5.5 | 6.1 | 6.3 |
| **1996** | 7.2 | 7.2 | 6.8 | 5 | 1.9 | -1.5 | -2.2 | 2.1 | 4 | S/D | S/D | S/D |
| **1997** | 7.7 | 7.4 | 6.8 | 3.5 | 1.1 | -1.8 | -1.3 | 1.6 | 3.5 | 6 | 7.4 | 7.6 |
| **1998** | 8.3 | 8.7 | 7.3 | 4.9 | 0.3 | 0.3 | S/D | 2.2 | 2.9 | 6.7 | 6.4 | 6.2 |
| **1999** | 7.4 | 7.4 | 6.9 | 5 | 1.9 | -1.3 | -2.5 | -0.9 | 3.5 | 4.5 | 5 | 6.9 |
| **2000** | 7 | 7.2 | 6.2 | 4.5 | 0.8 | -0.6 | -0.7 | 1.6 | 3 | 5.4 | 4.8 | 5.5 |
| **2001** | 7.9 | 7.2 | 7.1 | 3.4 | 1.4 | -1.1 | -0.5 | -1.2 | 3.5 | 5.6 | 6.9 | 6.6 |
| **2002** | 7 | 8 | 7.2 | 5.1 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 3.9 | 6.1 | 5.9 | 7.5 |
| **2003** | 7.5 | 8.1 | 7.9 | 4.1 | 1.7 | -1 | -1.7 | 1.2 | 2.3 | 4.3 | 5.6 | 7.5 |
| **2004** | 8.2 | 7.2 | 5.9 | 4 | 0.5 | -1.5 | -0.9 | 0.3 | 4.1 | 5.6 | 6 | 6.4 |
| **2005** | 7.7 | S/D | 6.9 | 3.9 | -0.2 | -1.8 | -2.2 | 0 | 2.8 | 6.3 | 6.1 | 7.3 |
| **2006** | 7.4 | 7.3 | 6.9 | 4.5 | -1.5 | 0.1 | -2.5 | 1.7 | 3.4 | 5.8 | 6 | 5.9 |
| **2007** | 7.7 | 7.5 | 7.3 | 4.4 | 1.7 | -2.1 | -0.9 | 0.2 | 2.2 | 4.7 | 5.8 | 6 |
| **2008** | 7.7 | 6.2 | 5.5 | 3.5 | 0.2 | -1.3 | -2 | 0.5 | 2.5 | 5.7 | 5.5 | 7.3 |
| **2009** | 7.1 | 6.8 | 5.8 | 4.4 | 0.4 | -1.8 | -0.6 | 0.3 | 3.2 | 4.4 | 7.8 | 7.2 |
| **2010** | 7.6 | 7.1 | 7.5 | 4.3 | 2.3 | -0.1 | -0.7 | -0.9 | 3 | 5.9 | 5.5 | 7.2 |
| **2011** | 7.2 | 7.8 | 7.1 | 4.6 | 0.1 | -1.2 | -0.8 | 0.8 | 3.8 | 5.3 | 5.6 | 6.3 |
| **2012** | 6.5 | 7.3 | 5.8 | 4.4 | -0.1 | -0.8 | -2.1 | -0.9 | 2.6 | 5.2 | 6.8 | 7.9 |
| **2013** | 6.6 | 7.9 | 7.2 | 2.4 | 1.2 | -0.4 | -1.5 | 0.5 | 2.1 | 6 | 6.2 | 7.2 |
| **2014** | 7.4 | 7 | 6.1 | 4 | 2.1 | 0 | -0.6 | 0.6 | 4.2 | 6 | 6.5 | 7.9 |
| **2015** | 7.6 | 7 | 6.9 | 6.1 | 3 | 0.5 | -1.1 | 1 | 4.4 | 5.1 | 7.2 | 7.3 |
| **2016** | 8.1 | 9.3 | 7 | 5.2 | 1 | -0.5 | -1.1 | 1.5 | 3.2 | 4.1 | 5.9 | 6.9 |
| **2017** | 7.8 | 7.1 | 6.7 | 5.8 | 3 | -0.3 | -1 | 1.3 | 4.5 | 4.8 | 6.5 | 7.4 |
| **2018** | 7 | 8.2 | 7.4 | 4.7 | 1 | -0.4 | -0.7 | 1.9 | 3 | 6.7 | 7.5 | 5.9 |
| **2019** | 7.8 | 8.2 | 7.6 | 5.1 | 2.6 | -0.4 | -0.6 | -0.5 | 3.7 | 5.6 | 7.6 | 7.9 |
| **2020** | 6.8 | 9 | 8 | S/D | S/D | -0.2 | -0.3 | 0.3 | 4 | 4.4 | 6.3 | 7.4 |
| **2021** | 8.3 | 7.8 | 7 | 6.3 | 1 | 1.1 | -1.6 | -0.2 | 2.8 | 5.9 | 7.9 | 7.8 |
| **2022** | 6.8 | S/D | 7 | 4.6 | 2 | -0.2 | -0.8 | 1.1 | 4.3 | 5.5 | 5.6 | S/D |
| **2023** | 5.8 | 6.1 | 7.3 | 4.1 | 2.1 | -2 | -0.1 | 2.1 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| **PROMEDIO** | **7.38** | **7.53** | **6.92** | **4.52** | **1.13** | **-0.75** | **-1.12** | **0.61** | **3.35** | **5.46** | **6.33** | **6.99** |

**Fuente:** SENAMHI (1994 – 2023)

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)

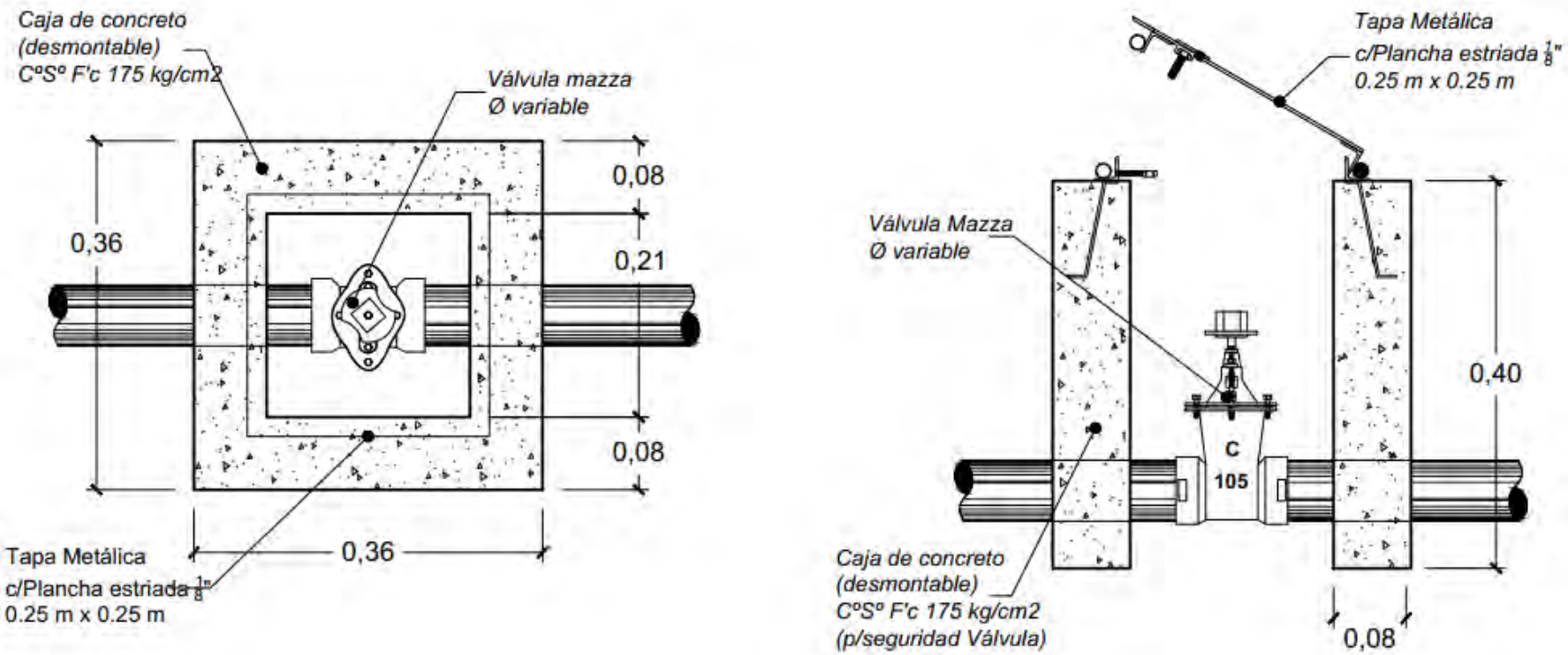
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTACIÓN: | **K'AYRA** | | | | CÓDIGO: | 000607 / DZ-12 |
| LATITUD: | 13° | 33´ | 24.29" | SUR | DEPARTAMENTO: | CUSCO |
| LONGITUD: | 71° | 52´ | 30.61" | OESTE | PROVINCIA: | CUSCO |
| ALTITUD: | 3214 | | M.S.N.M. | | DISTRITO: | SAN JERÓNIMO |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2008** | 76.35 | 71.80 | 72.65 | 69.23 | 70.10 | 69.12 | 82.70 | 66.52 | 67.97 | 71.74 | 70.82 | 74.48 |
| **2009** | 74.06 | 73.06 | 72.39 | 72.43 | 69.90 | 69.54 | 70.08 | 67.67 | 71.33 | 67.13 | 69.98 | 74.02 |
| **2010** | 76.64 | 76.51 | 75.43 | 73.70 | 72.87 | 73.11 | 74.83 | 72.24 | 71.41 | 71.93 | 72.68 | 75.71 |
| **2011** | 78.34 | 78.93 | 77.09 | 76.59 | 75.61 | 71.59 | 73.88 | 73.95 | 77.25 | 76.08 | 72.38 | S/D |
| **2012** | 77.49 | 73.38 | 69.89 | 71.13 | 60.55 | 58.85 | 71.96 | 52.16 | 62.72 | 56.71 | 62.69 | 74.00 |
| **2013** | 75.94 | 75.16 | 75.27 | 72.37 | 73.80 | 91.37 | 76.82 | 76.54 | 76.34 | 68.67 | 60.70 | 64.17 |
| **2014** | 63.63 | 64.79 | 65.10 | 69.47 | 73.08 | 73.06 | 74.24 | 69.64 | 64.40 | 65.97 | 62.87 | 69.03 |
| **2015** | 73.50 | 75.35 | 74.22 | 74.59 | 73.63 | 69.82 | 69.04 | 64.46 | 62.77 | 59.96 | 61.87 | 69.65 |
| **2016** | 70.43 | 75.13 | 69.65 | 69.80 | 63.28 | 57.74 | 56.68 | 59.45 | 56.08 | 66.37 | 56.16 | 70.30 |
| **2017** | 73.30 | 75.25 | 76.81 | 77.40 | 73.37 | 67.27 | 62.66 | 59.59 | 61.22 | 62.03 | 61.62 | 68.30 |
| **2018** | 74.53 | 75.06 | 77.31 | 71.96 | 68.13 | 69.26 | 64.57 | 68.50 | 62.82 | 70.88 | 68.75 | 66.10 |
| **2019** | 74.02 | 77.53 | 78.81 | 77.92 | 74.34 | 67.81 | 65.58 | 61.77 | 70.18 | 72.66 | 74.66 | 74.59 |
| **2020** | 75.66 | 79.73 | 73.64 | S/D | S/D | S/D | 66.43 | 62.16 | 65.84 | 66.22 | 66.14 | 73.32 |
| **2021** | 76.52 | 79.98 | 79.56 | 81.76 | 76.25 | 73.43 | 65.81 | 69.68 | 67.25 | 72.86 | 78.14 | 79.59 |
| **2022** | 80.81 | 83.27 | 81.78 | 77.94 | 71.30 | 67.86 | 70.33 | 72.32 | 68.91 | 67.92 | 63.95 | 70.35 |
| **2023** | 72.63 | 76.18 | 77.39 | 74.54 | 74.58 | 71.93 | 68.15 | 70.76 | 70.09 | 71.12 | 73.42 | 76.73 |
| **PROMEDIO** | **74.6** | **75.7** | **74.8** | **74.1** | **71.4** | **70.1** | **69.6** | **66.7** | **67.3** | **68.0** | **67.3** | **72.0** |

**Fuente:** SENAMHI (2008 – 2023)

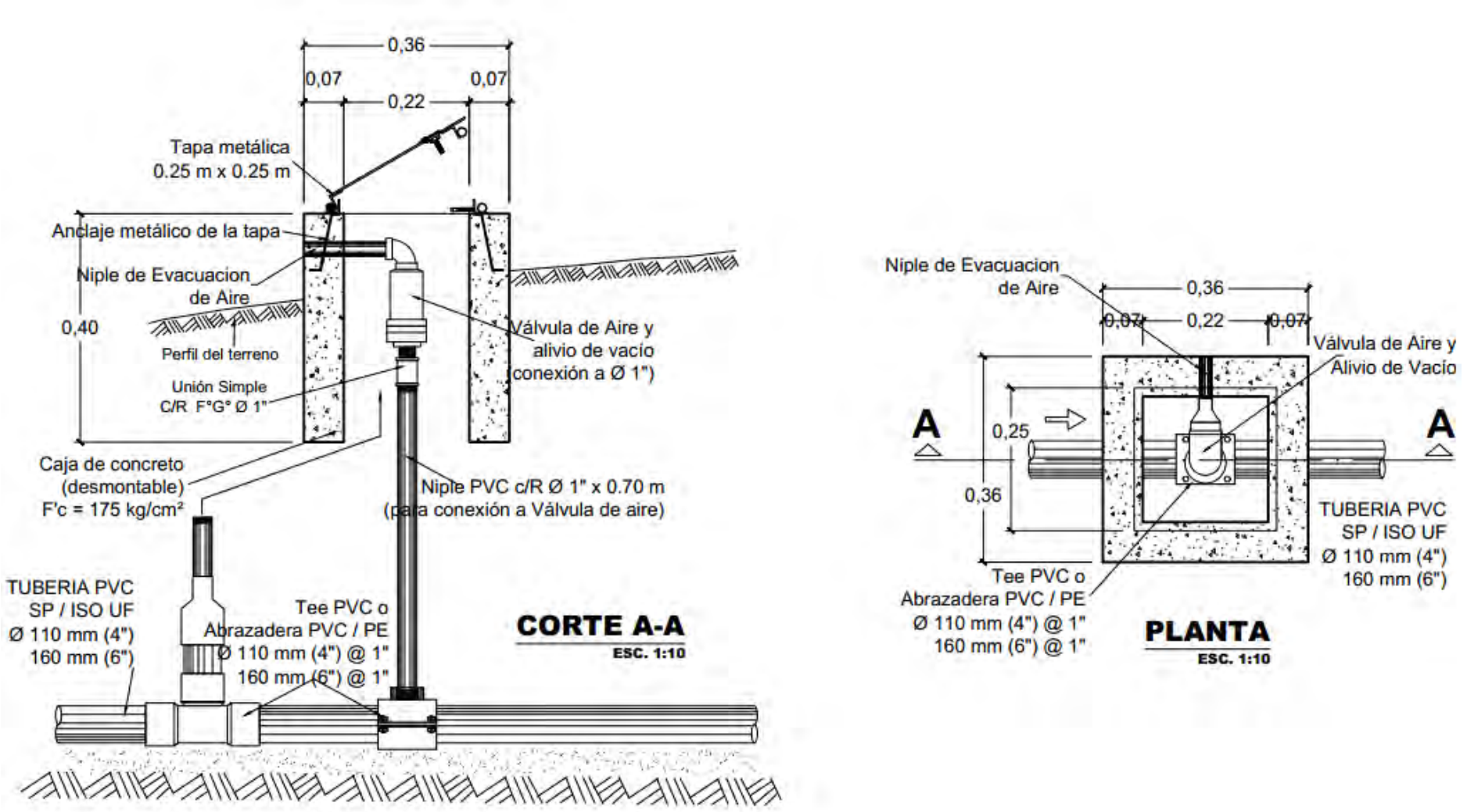
S/D: Sin dato

**Anexo 5:** Válvula de control y purga tipo Mazza



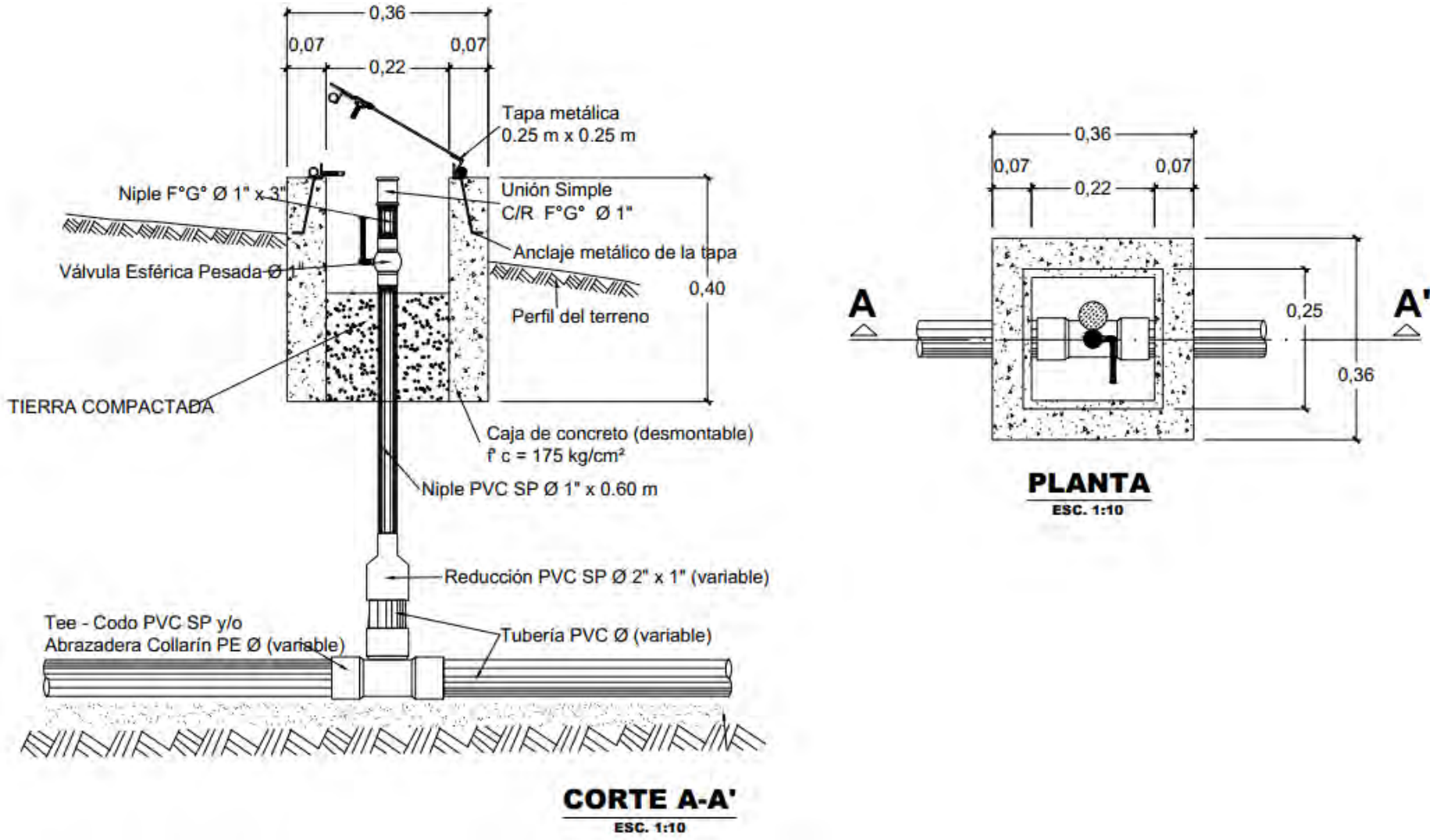

**Fuente:** Recopilación del expediente técnico “Mejoramiento de la Infraestructura de riego en la facultad de Agronomía y Zootecnia” (2010)

Anexo 6: válvula de aire



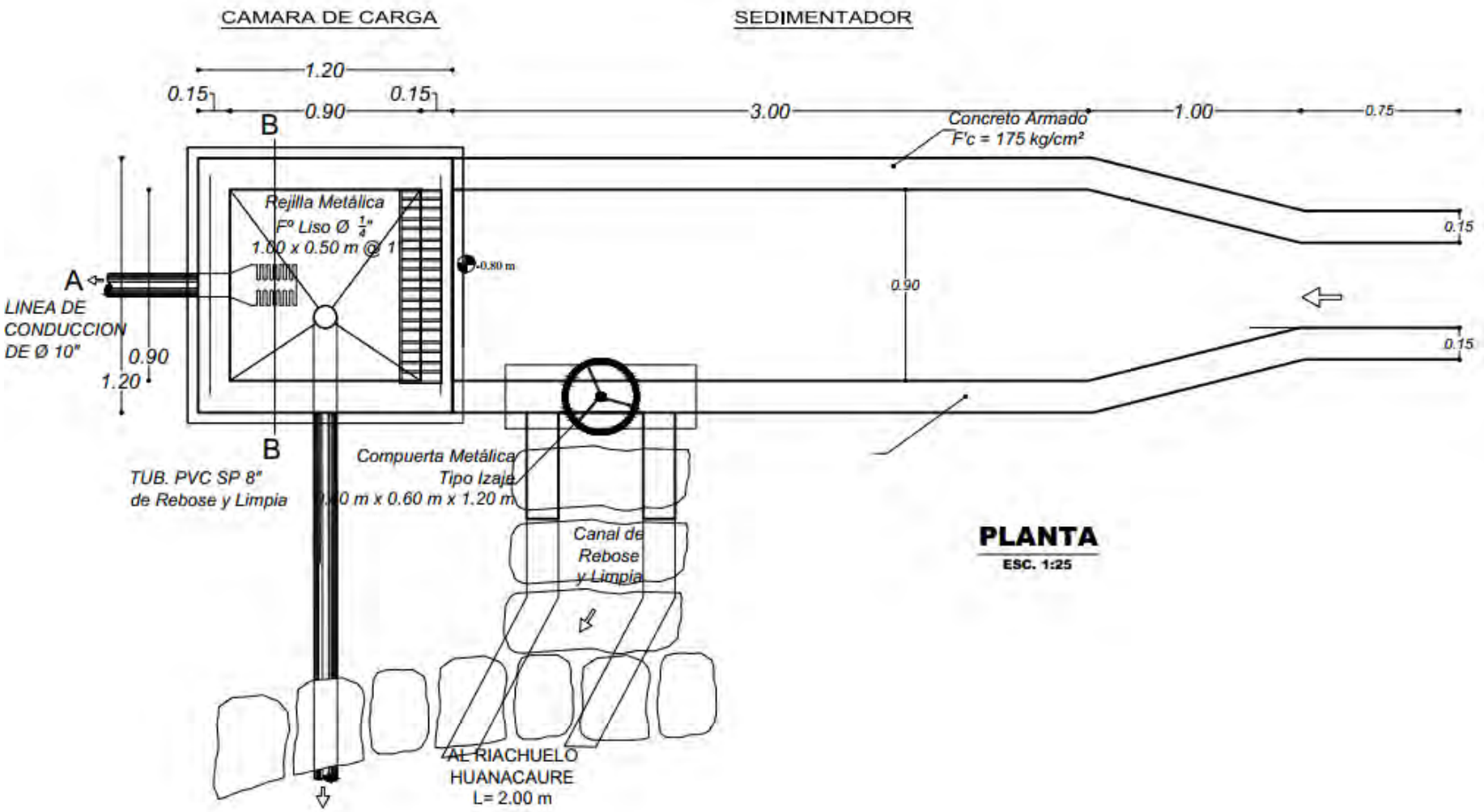

**Fuente:** Recopilación del expediente técnico “Mejoramiento de la Infraestructura de riego en la facultad de Agronomía y Zootecnia” (2010)

Anexo 7: Hidrante de riego



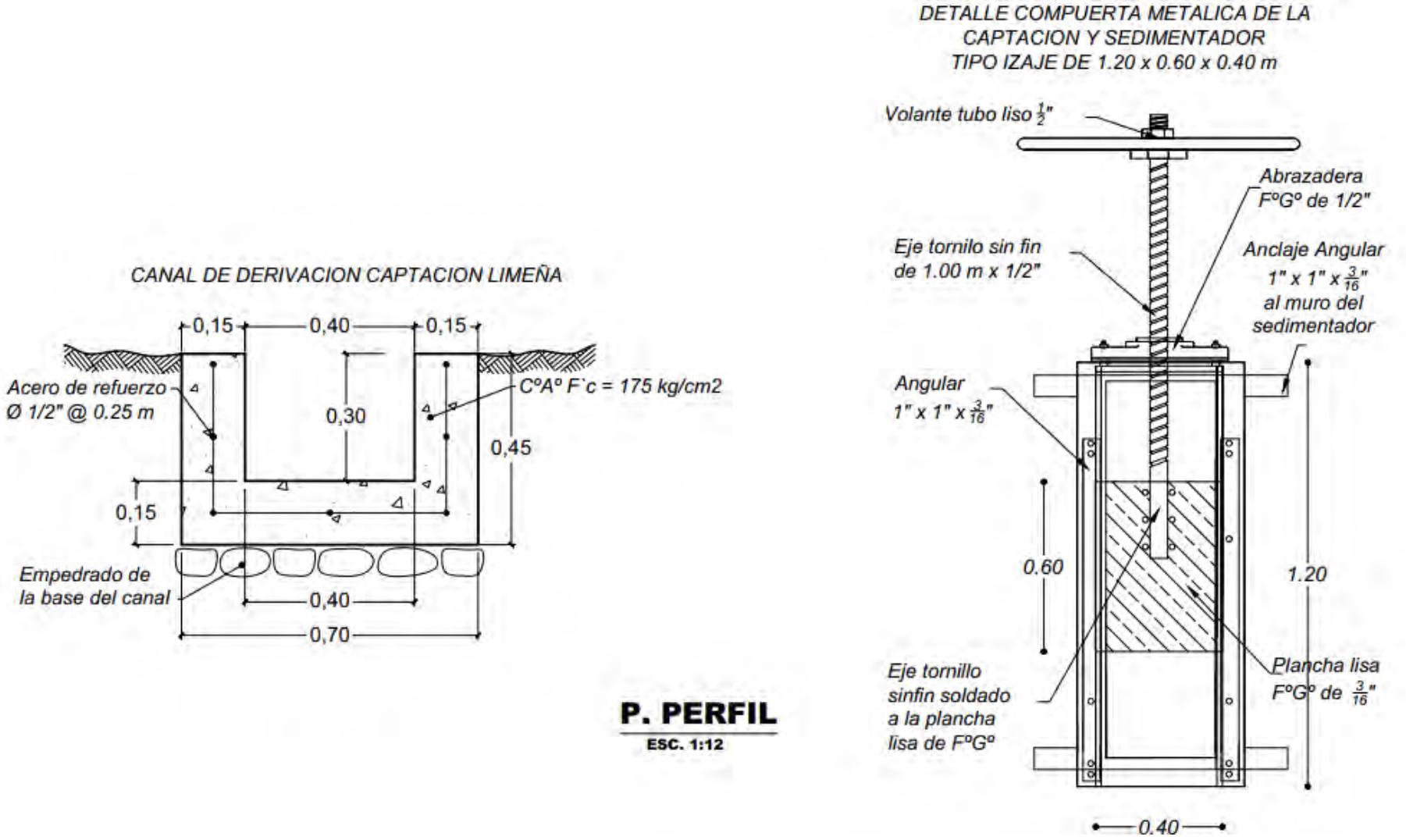

**Fuente:** Recopilación del expediente técnico “Mejoramiento de la Infraestructura de riego en la facultad de Agronomía y Zootecnia” (2010)

**Anexo 8:** Sedimentador y cámara de carga del sistema de Chuspiyoc y Limeña




**Fuente:** Recopilación del expediente técnico “Mejoramiento de la Infraestructura de riego en la facultad de Agronomía y Zootecnia” (2010)

**Anexo 9:** Canal de derivación y compuerta metálica de la bocatoma de Chuspiyoc y Limeña




**Fuente:** Recopilación del expediente técnico “Mejoramiento de la Infraestructura de riego en la facultad de Agronomía y Zootecnia” (2010)

**Anexo 10:** Planteamiento Hidráulico del Turno I de la Red Chuspiyoc

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tubo. (mm) | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Vel. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | Max | Min | F(x) Turno |
| T1 | J2 | J4 | 1137.08 | 237.6 | 1.41 | PVC | 5 | 3382.33 | 3378.92 | 26.06 | 0.59 | 2.00 | 1.64 | 2.00 |
| T4 | J4 | J5 | 263.82 | 237.6 | 0.33 | PVC | 5 | 3378.92 | 3378.13 | 26.06 | 0.59 | 2.46 | 2.01 | 2.46 |
| T5 | J5 | J6 | 80.47 | 237.6 | 0.10 | PVC | 5 | 3378.13 | 3377.89 | 26.06 | 0.59 | 2.60 | 2.18 | 2.60 |
| T6 | J6 | J7 | 221.37 | 237.6 | 0.27 | PVC | 5 | 3377.89 | 3377.23 | 26.06 | 0.59 | 2.99 | 2.60 | 2.99 |
| T7 | J7 | J8 | 410.87 | 237.6 | 0.51 | PVC | 5 | 3377.23 | 3376.00 | 26.06 | 0.59 | 3.71 | 3.23 | 3.71 |
| T8 | J8 | J9 | 614.59 | 237.6 | 0.76 | PVC | 5 | 3376.00 | 3374.16 | 26.06 | 0.59 | 4.88 | 4.17 | 4.79 |
| T9 | J9 | J10 | 284.32 | 237.6 | 0.35 | PVC | 5 | 3374.16 | 3373.31 | 26.06 | 0.59 | 5.47 | 4.64 | 5.28 |
| T10 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.33 | PVC | 5 | 3373.31 | 3373.39 | 26.06 | 0.59 | 5.14 | 4.20 | 4.87 |
| T11 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.02 | PVC | 5 | 3373.39 | 3373.23 | 22.00 | 0.50 | 5.28 | 4.33 | 5.01 |
| T12 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.28 | PVC | 5 | 3373.23 | 3367.85 | 22.00 | 0.50 | 10.38 | 9.43 | 10.11 |
| T13 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 3367.75 | 3366.54 | 22.00 | 0.50 | 1.79 | 1.66 | 1.79 |
| T14 | R1 | J16 | 198.02 | 190.2 | 0.98 | PVC | 5 | 3366.54 | 3362.06 | 31.10 | 1.09 | 5.28 | 4.82 | 5.28 |
| T15 | J16 | J17 | 15.31 | 190.2 | 0.08 | PVC | 5 | 3362.06 | 3361.03 | 31.10 | 1.09 | 6.24 | 5.74 | 6.24 |
| T16 | J17 | J18 | 241.70 | 190.2 | 1.20 | PVC | 5 | 3361.03 | 3350.20 | 31.10 | 1.09 | 16.81 | 14.97 | 15.87 |
| T17 | J18 | J19 | 30.21 | 190.2 | 0.15 | PVC | 5 | 3350.20 | 3349.84 | 31.10 | 1.09 | 17.17 | 15.12 | 16.08 |
| T18 | J19 | J20 | 51.56 | 190.2 | 0.26 | PVC | 5 | 3349.84 | 3345.30 | 31.10 | 1.09 | 21.70 | 19.31 | 20.36 |
| T19 | J20 | J21 | 49.33 | 152 | 0.72 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.64 | 31.10 | 1.71 | 22.36 | 19.01 | 20.30 |
| T20 | J21 | H-1 | 51.60 | 152 | 0.75 | PVC | 5 | 3344.64 | 3341.85 | 31.10 | 1.71 | 25.15 | 20.78 | 22.34 |
| T21 | H-1 | H-2 | 36.13 | 152 | 0.53 | PVC | 5 | 3341.85 | 3340.30 | 31.10 | 1.71 | 26.71 | 21.63 | 23.37 |
| T22 | H-2 | J24 | 31.66 | 152 | 0.46 | PVC | 5 | 3340.30 | 3339.09 | 31.10 | 1.71 | 27.92 | 22.22 | 24.11 |
| T23 | J24 | J25 | 92.35 | 152 | 1.35 | PVC | 5 | 3339.09 | 3332.97 | 31.10 | 1.71 | 34.03 | 26.51 | 28.88 |
| T24 | J25 | J26 | 108.86 | 152 | 1.59 | PVC | 5 | 3332.97 | 3314.56 | 31.10 | 1.71 | 52.44 | 42.79 | 45.70 |
| T25 | J26 | J27 | 31.45 | 152 | 0.46 | PVC | 5 | 3314.56 | 3305.35 | 31.10 | 1.71 | 25.21 | 24.59 | 24.75 |
| T26 | J27 | J28 | 126.29 | 152 | 1.84 | PVC | 5 | 3305.35 | 3296.15 | 31.10 | 1.71 | 34.41 | 31.31 | 32.11 |
| T27 | J28 | J29 | 14.19 | 152 | 0.21 | PVC | 5 | 3296.15 | 3295.10 | 31.10 | 1.71 | 35.46 | 32.21 | 32.95 |
| T28 | J29 | J30 | 39.46 | 152 | 0.58 | PVC | 5 | 3295.10 | 3290.54 | 31.10 | 1.71 | 40.02 | 36.42 | 36.93 |
| T29 | J30 | J31 | 47.73 | 148.4 | 0.78 | PVC | 7.5 | 3290.54 | 3284.17 | 31.10 | 1.80 | 46.39 | 42.33 | 42.52 |
| T30 | J31 | H-3 | 43.42 | 148.4 | 0.71 | PVC | 7.5 | 3284.17 | 3276.49 | 31.10 | 1.80 | 54.07 | 49.49 | 49.49 |
| T31 | H-3 | VC2 | 48.03 | 148.4 | 0.79 | PVC | 7.5 | 3276.49 | 3264.70 | 31.10 | 1.80 | 65.88 | 60.51 | 60.51 |
| T32 | VC2 | J33 | 15.25 | 148.4 | 0.25 | PVC | 7.5 | 3264.70 | 3252.88 | 31.10 | 1.80 | 41.81 | 41.56 | 41.56 |
| T33 | J33 | J34 | 45.01 | 148.4 | 0.74 | PVC | 7.5 | 3252.88 | 3245.29 | 31.10 | 1.80 | 49.39 | 48.40 | 48.40 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tubo. (mm) | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Vel. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | Max | Min | F(x) Turno |
| T34 | J34 | J35 | 41.98 | 144.6 | 0.78 | PVC | 7.5 | 3245.29 | 3236.98 | 31.10 | 1.89 | 57.70 | 55.93 | 55.93 |
| T35 | J35 | VC1 | 7.22 | 148.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 3236.98 | 3232.70 | 31.10 | 1.80 | 61.97 | 60.09 | 60.09 |
| T36 | VC1 | J36 | 65.70 | 148.4 | 1.08 | PVC | 7.5 | 3232.70 | 3228.44 | 31.10 | 1.80 | 45.27 | 44.19 | 44.19 |
| T37 | J36 | J37 | 63.48 | 148.4 | 1.04 | PVC | 7.5 | 3228.44 | 3227.66 | 31.10 | 1.80 | 46.05 | 43.93 | 43.93 |
| T38 | J37 | J38 | 24.14 | 144.6 | 0.45 | PVC | 10 | 3227.66 | 3226.84 | 31.10 | 1.89 | 46.87 | 44.30 | 44.30 |
| T39 | J38 | H-4 | 60.35 | 148.4 | 0.53 | PVC | 7.5 | 3226.84 | 3224.96 | 22.10 | 1.28 | 48.75 | 45.65 | 45.65 |
| T40 | H-4 | J40 | 103.23 | 148.4 | 0.75 | PVC | 7.5 | 3224.96 | 3220.00 | 19.80 | 1.14 | 53.71 | 49.86 | 49.86 |
| T41 | J40 | J41 | 60.00 | 148.4 | 0.21 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 13.20 | 0.76 | 53.71 | 49.65 | 49.65 |
| T42 | J41 | J42 | 60.00 | 102 | 0.37 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 6.60 | 0.81 | 53.71 | 49.29 | 49.29 |
| T305 | J38 | H-198 | 34.37 | 58.4 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3226.84 | 3228.62 | 1.80 | 0.67 | 45.09 | 42.22 | 42.22 |
| T306 | H-198 | H-199 | 46.06 | 44.4 | 0.44 | PVC | 7.5 | 3228.62 | 3228.75 | 0.90 | 0.58 | 44.96 | 41.66 | 41.66 |
| T307 | J38 | H-200 | 21.53 | 83.4 | 0.40 | PVC | 7.5 | 3226.84 | 3225.84 | 7.20 | 1.32 | 47.88 | 44.91 | 44.91 |
| T308 | H-200 | H-201 | 46.88 | 83.4 | 0.59 | PVC | 7.5 | 3225.84 | 3223.69 | 5.80 | 1.06 | 50.02 | 46.46 | 46.46 |
| T309 | H-201 | H-202 | 46.94 | 58.4 | 2.00 | PVC | 7.5 | 3223.69 | 3221.51 | 4.40 | 1.64 | 52.20 | 46.64 | 46.64 |
| T310 | H-202 | H-203 | 67.01 | 58.4 | 0.70 | PVC | 7.5 | 3221.51 | 3221.16 | 2.00 | 0.75 | 52.55 | 46.29 | 46.29 |
| T311 | H-203 | H-204 | 58.34 | 44.4 | 0.66 | PVC | 7.5 | 3221.16 | 3222.00 | 1.00 | 0.65 | 51.72 | 44.79 | 44.79 |
| T312 | H-202 | H-205 | 24.06 | 29.4 | 1.95 | PVC | 10 | 3221.51 | 3220.42 | 1.00 | 1.47 | 53.29 | 45.78 | 45.78 |
| T313 | H-203 | VP16 | 19.26 | 58.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3221.16 | 3221.69 | 0.00 | 0.00 | 52.03 | 45.76 | 45.76 |
| T314 | J39 | H-206 | 27.97 | 44.4 | 0.26 | PVC | 7.5 | 3224.96 | 3226.52 | 0.90 | 0.58 | 47.19 | 43.83 | 43.83 |
| T315 | J40 | H-207 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.95 | 3.30 | 1.23 | 52.76 | 48.15 | 48.15 |
| T316 | H-207 | H-208 | 60.00 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.95 | 3225.17 | 1.65 | 0.62 | 48.54 | 43.48 | 43.48 |
| T317 | J40 | H-209 | 29.81 | 58.4 | 0.76 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 53.71 | 49.10 | 49.10 |
| T318 | H-209 | H-210 | 57.65 | 58.4 | 0.43 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.88 | 1.65 | 0.62 | 52.83 | 47.79 | 47.79 |
| T319 | J41 | H-211 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 53.71 | 48.89 | 48.89 |
| T320 | H-211 | H-212 | 60.00 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3223.13 | 1.65 | 0.62 | 50.59 | 45.32 | 45.32 |
| T321 | J41 | H-213 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 53.71 | 48.89 | 48.89 |
| T322 | H-213 | H-214 | 59.91 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3221.04 | 1.65 | 0.62 | 52.67 | 47.40 | 47.40 |
| T323 | J42 | H-215 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 53.71 | 48.52 | 48.52 |
| T324 | H-215 | H-216 | 60.00 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 1.65 | 0.62 | 53.71 | 48.08 | 48.08 |
| T325 | J42 | H-217 | 32.88 | 58.4 | 0.84 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 53.71 | 48.45 | 48.45 |
| T326 | H-217 | H-218 | 57.59 | 58.4 | 0.43 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3221.06 | 1.65 | 0.62 | 52.66 | 46.97 | 46.97 |

**Anexo 11:** Planteamiento Hidráulico del Turno II de la Red Chuspiyoc

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tubo. (mm) | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Vel. (m/s) | Presión (mca) | | F(x) Turno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | DE | A | |
| T1 | J2 | J4 | 1137.08 | 237.6 | 1.67 | PVC | 5 | 3382.33 | 3378.92 | 28.60 | 0.65 | 2.00 | 1.64 | 1.74 |
| T4 | J4 | J5 | 263.82 | 237.6 | 0.39 | PVC | 5 | 3378.92 | 3378.13 | 28.60 | 0.65 | 2.46 | 2.01 | 2.15 |
| T5 | J5 | J6 | 80.47 | 237.6 | 0.12 | PVC | 5 | 3378.13 | 3377.89 | 28.60 | 0.65 | 2.60 | 2.18 | 2.27 |
| T6 | J6 | J7 | 221.37 | 237.6 | 0.32 | PVC | 5 | 3377.89 | 3377.23 | 28.60 | 0.65 | 2.99 | 2.60 | 2.60 |
| T7 | J7 | J8 | 410.87 | 237.6 | 0.60 | PVC | 5 | 3377.23 | 3376.00 | 28.60 | 0.65 | 3.71 | 3.23 | 3.23 |
| T8 | J8 | J9 | 614.59 | 237.6 | 0.90 | PVC | 5 | 3376.00 | 3374.16 | 28.60 | 0.65 | 4.88 | 4.17 | 4.17 |
| T9 | J9 | J10 | 284.32 | 237.6 | 0.38 | PVC | 5 | 3374.16 | 3373.31 | 27.12 | 0.61 | 5.47 | 4.64 | 4.64 |
| T10 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.36 | PVC | 5 | 3373.31 | 3373.39 | 27.12 | 0.61 | 5.14 | 4.20 | 4.20 |
| T11 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.03 | PVC | 5 | 3373.39 | 3373.23 | 27.12 | 0.61 | 5.28 | 4.33 | 4.33 |
| T12 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.28 | PVC | 5 | 3373.23 | 3367.85 | 22.00 | 0.50 | 10.38 | 9.43 | 9.43 |
| T13 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 3367.75 | 3366.54 | 22.00 | 0.50 | 1.79 | 1.66 | 1.66 |
| T14 | R1 | J16 | 198.02 | 190.2 | 1.32 | PVC | 5 | 3366.54 | 3362.06 | 36.63 | 1.29 | 5.28 | 4.82 | 4.82 |
| T15 | J16 | J17 | 15.31 | 190.2 | 0.10 | PVC | 5 | 3362.06 | 3361.03 | 36.63 | 1.29 | 6.24 | 5.74 | 5.74 |
| T16 | J17 | J18 | 241.70 | 190.2 | 1.61 | PVC | 5 | 3361.03 | 3350.20 | 36.63 | 1.29 | 16.81 | 14.97 | 14.97 |
| T17 | J18 | J19 | 30.21 | 190.2 | 0.20 | PVC | 5 | 3350.20 | 3349.84 | 36.63 | 1.29 | 17.17 | 15.12 | 15.12 |
| T18 | J19 | J20 | 51.56 | 190.2 | 0.34 | PVC | 5 | 3349.84 | 3345.30 | 36.63 | 1.29 | 21.70 | 19.31 | 19.31 |
| T19 | J20 | J21 | 49.33 | 152 | 0.97 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.64 | 36.63 | 2.02 | 22.36 | 19.01 | 19.01 |
| T20 | J21 | H-1 | 51.60 | 152 | 1.01 | PVC | 5 | 3344.64 | 3341.85 | 36.63 | 2.02 | 25.15 | 20.78 | 20.78 |
| T21 | H-1 | H-2 | 36.13 | 152 | 0.71 | PVC | 5 | 3341.85 | 3340.30 | 36.63 | 2.02 | 26.71 | 21.63 | 21.63 |
| T22 | H-2 | J24 | 31.66 | 152 | 0.62 | PVC | 5 | 3340.30 | 3339.09 | 36.63 | 2.02 | 27.92 | 22.22 | 22.22 |
| T23 | J24 | J25 | 92.35 | 152 | 1.81 | PVC | 5 | 3339.09 | 3332.97 | 36.63 | 2.02 | 34.03 | 26.51 | 26.51 |
| T24 | J25 | J26 | 108.86 | 152 | 2.14 | PVC | 5 | 3332.97 | 3314.56 | 36.63 | 2.02 | 52.44 | 42.79 | 42.79 |
| T25 | J26 | J27 | 31.45 | 152 | 0.62 | PVC | 5 | 3314.56 | 3305.35 | 36.63 | 2.02 | 25.21 | 24.59 | 24.59 |
| T26 | J27 | J28 | 126.29 | 152 | 2.48 | PVC | 5 | 3305.35 | 3296.15 | 36.63 | 2.02 | 34.41 | 31.31 | 31.31 |
| T27 | J28 | J29 | 14.19 | 152 | 0.15 | PVC | 5 | 3296.15 | 3295.10 | 26.40 | 1.45 | 35.46 | 32.21 | 32.21 |
| T28 | J29 | J30 | 39.46 | 152 | 0.34 | PVC | 5 | 3295.10 | 3290.54 | 23.40 | 1.29 | 40.02 | 36.42 | 36.42 |
| T29 | J30 | J31 | 47.73 | 148.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3290.54 | 3284.17 | 23.40 | 1.35 | 46.39 | 42.33 | 42.33 |
| T30 | J31 | H-3 | 43.42 | 148.4 | 0.39 | PVC | 7.5 | 3284.17 | 3276.49 | 22.40 | 1.30 | 54.07 | 49.49 | 49.61 |
| T31 | H-3 | VC2 | 48.03 | 148.4 | 0.40 | PVC | 7.5 | 3276.49 | 3264.70 | 21.40 | 1.24 | 65.88 | 60.51 | 61.02 |
| T32 | VC2 | J33 | 15.25 | 148.4 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3264.70 | 3252.88 | 21.40 | 1.24 | 41.81 | 41.56 | 41.68 |
| T33 | J33 | J34 | 45.01 | 148.4 | 0.33 | PVC | 7.5 | 3252.88 | 3245.29 | 20.00 | 1.16 | 49.39 | 48.40 | 48.93 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tubo. (mm) | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Vel. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | DE | A | F(x) Turno |
| T34 | J34 | J35 | 41.98 | 144.6 | 0.29 | PVC | 7.5 | 3245.29 | 3236.98 | 18.00 | 1.10 | 57.70 | 55.93 | 56.95 |
| T35 | J35 | VC1 | 7.22 | 148.4 | 0.03 | PVC | 7.5 | 3236.98 | 3232.70 | 14.80 | 0.86 | 61.97 | 60.09 | 61.19 |
| T36 | VC1 | J36 | 65.70 | 148.4 | 0.28 | PVC | 7.5 | 3232.70 | 3228.44 | 14.80 | 0.86 | 45.27 | 44.19 | 44.99 |
| T61 | J9 | H-20 | 121.91 | 44.4 | 2.77 | PVC | 7.5 | 3374.16 | 3324.18 | 1.48 | 0.96 | 54.86 | 46.33 | 51.38 |
| T62 | H-20 | J62 | 26.09 | 44.4 | 0.59 | PVC | 7.5 | 3324.18 | 3317.05 | 1.48 | 0.96 | 61.99 | 53.00 | 57.92 |
| T63 | J62 | H-21 | 83.00 | 29.4 | 4.84 | PVC | 10 | 3317.05 | 3298.00 | 0.83 | 1.22 | 81.04 | 72.04 | 72.12 |
| T64 | J62 | J64 | 91.20 | 29.4 | 3.46 | PVC | 10 | 3317.05 | 3310.12 | 0.65 | 0.96 | 68.92 | 48.14 | 61.39 |
| T66 | J64 | H-23 | 43.10 | 29.4 | 1.63 | PVC | 10 | 3310.12 | 3296.67 | 0.65 | 0.96 | 82.37 | 61.59 | 73.21 |
| T72 | J11 | VG2 | 31.86 | 58.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3373.39 | 3372.15 | 0.00 | 0.00 | 6.39 | 4.94 | 5.45 |
| T73 | J12 | H-29 | 279.39 | 69.4 | 6.83 | PVC | 7.5 | 3373.23 | 3325.99 | 5.12 | 1.35 | 52.52 | 44.74 | 44.74 |
| T74 | H-29 | H-30 | 54.46 | 58.4 | 0.88 | PVC | 7.5 | 3325.99 | 3324.08 | 2.56 | 0.96 | 54.43 | 45.76 | 45.76 |
| T224 | J28 | J227 | 29.39 | 104.6 | 0.35 | PVC | 5 | 3296.15 | 3295.19 | 10.23 | 1.19 | 35.37 | 31.92 | 31.92 |
| T225 | J227 | J228 | 76.40 | 83.4 | 2.00 | PVC | 7.5 | 3295.19 | 3293.92 | 8.70 | 1.59 | 36.64 | 31.19 | 31.19 |
| T226 | J228 | J229 | 87.11 | 69.4 | 3.90 | PVC | 7.5 | 3293.92 | 3281.94 | 7.17 | 1.90 | 48.62 | 39.27 | 39.27 |
| T227 | J229 | J230 | 49.81 | 58.4 | 2.34 | PVC | 7.5 | 3281.94 | 3272.52 | 4.64 | 1.73 | 58.04 | 46.35 | 46.35 |
| T228 | J230 | J231 | 42.34 | 38.4 | 5.84 | PVC | 7.5 | 3272.52 | 3264.55 | 2.76 | 2.38 | 66.01 | 48.49 | 48.49 |
| T229 | J231 | H-145 | 33.71 | 22.9 | 7.18 | PVC | 10 | 3264.55 | 3256.14 | 0.88 | 2.14 | 74.42 | 49.72 | 49.72 |
| T230 | H-145 | VP14 | 23.56 | 22.9 | 0.00 | PVC | 10 | 3256.14 | 3248.49 | 0.00 | 0.00 | 82.07 | 57.37 | 57.37 |
| T231 | J227 | H-146 | 12.56 | 44.4 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3295.19 | 3295.01 | 1.53 | 0.99 | 35.55 | 31.80 | 31.80 |
| T232 | J228 | H-147 | 15.77 | 44.4 | 0.38 | PVC | 7.5 | 3293.92 | 3292.44 | 1.53 | 0.99 | 38.12 | 32.29 | 32.29 |
| T233 | J229 | H-148 | 16.14 | 29.4 | 1.31 | PVC | 10 | 3281.94 | 3279.18 | 1.00 | 1.47 | 51.39 | 40.73 | 40.73 |
| T234 | J229 | H-149 | 31.53 | 29.4 | 5.44 | PVC | 10 | 3281.94 | 3278.55 | 1.53 | 2.25 | 52.01 | 37.22 | 37.22 |
| T235 | J230 | H-150 | 18.49 | 29.4 | 1.50 | PVC | 10 | 3272.52 | 3270.88 | 1.00 | 1.47 | 59.68 | 46.50 | 46.50 |
| T236 | J230 | H-151 | 30.18 | 29.4 | 1.95 | PVC | 10 | 3272.52 | 3267.89 | 0.88 | 1.30 | 62.68 | 49.04 | 49.04 |
| T237 | J231 | H-152 | 16.86 | 29.4 | 1.37 | PVC | 10 | 3264.55 | 3263.48 | 1.00 | 1.47 | 67.08 | 48.19 | 48.19 |
| T238 | J231 | H-153 | 35.07 | 29.4 | 2.27 | PVC | 10 | 3264.55 | 3262.64 | 0.88 | 1.30 | 67.92 | 48.13 | 48.13 |
| T239 | J29 | H-154 | 27.90 | 44.4 | 2.23 | PVC | 7.5 | 3295.10 | 3288.68 | 3.00 | 1.94 | 41.88 | 36.40 | 36.40 |
| T240 | H-154 | H-155 | 50.95 | 29.4 | 4.13 | PVC | 10 | 3288.68 | 3272.58 | 1.00 | 1.47 | 57.99 | 48.37 | 48.37 |
| T241 | H-154 | H-156 | 49.12 | 44.4 | 0.56 | PVC | 7.5 | 3288.68 | 3280.46 | 1.00 | 0.65 | 50.10 | 44.06 | 44.06 |
| T242 | J31 | H-157 | 29.99 | 22.9 | 8.02 | PVC | 10 | 3284.17 | 3273.86 | 1.00 | 2.43 | 56.70 | 44.61 | 44.61 |
| T243 | J33 | H-158 | 2.82 | 44.4 | 0.06 | PVC | 7.5 | 3252.88 | 3252.53 | 1.40 | 0.90 | 42.15 | 41.90 | 41.97 |
| T244 | H-158 | H-159 | 60.00 | 38.4 | 0.73 | PVC | 7.5 | 3252.53 | 3252.43 | 0.70 | 0.60 | 42.25 | 41.34 | 41.34 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tubo. (mm) | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Vel. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | DE | A | F(x) Turno |
| T245 | J34 | H-160 | 27.65 | 44.4 | 1.07 | PVC | 7.5 | 3245.29 | 3245.09 | 2.00 | 1.29 | 49.60 | 48.07 | 48.07 |
| T246 | H-160 | H-161 | 50.00 | 44.4 | 0.57 | PVC | 7.5 | 3245.09 | 3245.93 | 1.00 | 0.65 | 48.75 | 46.65 | 46.65 |
| T247 | J35 | H-162 | 26.60 | 44.4 | 2.38 | PVC | 7.5 | 3236.98 | 3238.90 | 3.20 | 2.07 | 55.79 | 52.65 | 52.65 |
| T248 | H-162 | H-163 | 50.72 | 44.4 | 2.33 | PVC | 7.5 | 3238.90 | 3240.62 | 2.20 | 1.42 | 54.06 | 48.60 | 48.60 |
| T249 | H-163 | H-164 | 51.45 | 44.4 | 0.81 | PVC | 7.5 | 3240.62 | 3241.05 | 1.20 | 0.78 | 53.64 | 47.37 | 47.37 |
| T250 | H-164 | H-165 | 50.06 | 38.4 | 0.46 | PVC | 7.5 | 3241.05 | 3239.24 | 0.60 | 0.52 | 55.44 | 48.71 | 48.71 |
| T251 | J36 | J254 | 8.33 | 99.4 | 0.25 | PVC | 10 | 3228.44 | 3228.05 | 14.80 | 1.91 | 45.66 | 44.59 | 45.14 |
| T252 | J254 | H-166 | 15.62 | 102 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3228.05 | 3228.23 | 7.81 | 0.96 | 45.49 | 44.41 | 44.83 |
| T253 | H-166 | H-167 | 21.00 | 102 | 0.07 | PVC | 7.5 | 3228.23 | 3228.53 | 4.65 | 0.57 | 45.19 | 44.11 | 44.46 |
| T254 | H-166 | J261 | 21.17 | 69.4 | 0.17 | PVC | 7.5 | 3228.23 | 3227.26 | 2.76 | 0.73 | 46.45 | 45.37 | 45.62 |
| T255 | J254 | H-168 | 5.38 | 99.4 | 0.04 | PVC | 10 | 3228.05 | 3228.00 | 6.99 | 0.90 | 45.71 | 44.63 | 45.14 |
| T256 | H-167 | H-173 | 21.17 | 83.4 | 0.15 | PVC | 7.5 | 3228.53 | 3227.57 | 4.25 | 0.78 | 46.15 | 45.07 | 45.27 |
| T257 | H-168 | H-169 | 21.00 | 83.4 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3228.00 | 3227.90 | 3.81 | 0.70 | 45.82 | 44.74 | 45.12 |
| T258 | H-168 | H-171 | 21.17 | 69.4 | 0.17 | PVC | 7.5 | 3228.00 | 3227.00 | 2.78 | 0.74 | 46.71 | 45.63 | 45.97 |
| T259 | H-169 | H-170 | 21.00 | 44.4 | 0.25 | PVC | 7.5 | 3227.90 | 3227.79 | 1.03 | 0.66 | 45.92 | 44.84 | 44.97 |
| T260 | H-169 | H-176 | 21.17 | 69.4 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3227.90 | 3226.87 | 2.38 | 0.63 | 46.84 | 45.77 | 46.02 |
| T261 | H-170 | H-177 | 21.17 | 44.4 | 0.11 | PVC | 7.5 | 3227.79 | 3226.78 | 0.63 | 0.41 | 46.94 | 45.86 | 45.88 |
| T262 | H-171 | H-172 | 21.00 | 29.4 | 0.09 | PVC | 10 | 3227.00 | 3227.26 | 0.18 | 0.26 | 46.45 | 45.37 | 45.62 |
| T263 | H-171 | H-178 | 19.79 | 44.4 | 0.55 | PVC | 7.5 | 3227.00 | 3226.08 | 1.65 | 1.07 | 47.64 | 46.35 | 46.35 |
| T264 | H-172 | H-173 | 21.00 | 69.4 | 0.05 | PVC | 7.5 | 3227.26 | 3227.57 | 1.39 | 0.37 | 46.15 | 45.07 | 45.27 |
| T265 | H-172 | H-179 | 19.79 | 44.4 | 0.29 | PVC | 7.5 | 3227.26 | 3226.37 | 1.15 | 0.74 | 47.34 | 46.22 | 46.22 |
| T266 | H-173 | H-174 | 21.00 | 83.4 | 0.15 | PVC | 7.5 | 3227.57 | 3227.88 | 4.20 | 0.77 | 45.83 | 44.76 | 44.80 |
| T267 | H-173 | H-180 | 19.79 | 44.4 | 0.24 | PVC | 7.5 | 3227.57 | 3226.69 | 1.04 | 0.67 | 47.02 | 45.90 | 45.90 |
| T268 | H-174 | H-175 | 21.00 | 69.4 | 0.19 | PVC | 7.5 | 3227.88 | 3228.10 | 2.95 | 0.78 | 45.61 | 44.39 | 44.39 |
| T269 | H-181 | H-174 | 19.79 | 44.4 | 0.17 | PVC | 7.5 | 3226.98 | 3227.88 | -0.85 | 0.55 | 45.83 | 44.76 | 44.80 |
| T270 | H-171 | H-176 | 21.00 | 44.4 | 0.08 | PVC | 7.5 | 3227.00 | 3226.87 | 0.55 | 0.36 | 46.84 | 45.77 | 46.02 |
| T271 | H-182 | H-175 | 19.79 | 44.4 | 0.08 | PVC | 7.5 | 3227.21 | 3228.10 | -0.55 | 0.36 | 45.61 | 44.39 | 44.39 |
| T272 | H-176 | H-177 | 21.00 | 44.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3226.87 | 3226.78 | 0.97 | 0.62 | 46.94 | 45.86 | 45.88 |
| T273 | H-176 | H-183 | 19.79 | 44.4 | 0.50 | PVC | 7.5 | 3226.87 | 3225.91 | 1.57 | 1.01 | 47.80 | 46.48 | 46.48 |
| T274 | H-177 | H-184 | 19.79 | 44.4 | 0.31 | PVC | 7.5 | 3226.78 | 3225.81 | 1.19 | 0.77 | 47.90 | 46.54 | 46.54 |
| T275 | H-178 | H-179 | 21.00 | 29.4 | 0.17 | PVC | 10 | 3226.08 | 3226.37 | -0.27 | 0.40 | 47.34 | 46.22 | 46.22 |
| T276 | H-178 | H-185 | 20.00 | 44.4 | 0.31 | PVC | 7.5 | 3226.08 | 3225.16 | 1.19 | 0.77 | 48.55 | 46.96 | 46.96 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tubo. (mm) | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Vel. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | DE | A | F(x) Turno |
| T277 | H-179 | H-180 | 21.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3226.37 | 3226.69 | 0.01 | 0.01 | 47.02 | 45.90 | 45.90 |
| T278 | H-179 | H-186 | 20.00 | 29.4 | 0.44 | PVC | 10 | 3226.37 | 3225.47 | 0.47 | 0.70 | 48.24 | 46.69 | 46.69 |
| T279 | H-180 | H-181 | 21.00 | 29.4 | 0.08 | PVC | 10 | 3226.69 | 3226.98 | 0.17 | 0.25 | 46.74 | 45.54 | 45.54 |
| T280 | H-180 | H-187 | 20.00 | 29.4 | 0.43 | PVC | 10 | 3226.69 | 3225.81 | 0.47 | 0.69 | 47.91 | 46.36 | 46.36 |
| T281 | H-181 | H-182 | 21.00 | 29.4 | 0.10 | PVC | 10 | 3226.98 | 3227.21 | 0.20 | 0.29 | 46.50 | 45.20 | 45.20 |
| T282 | H-188 | H-181 | 20.00 | 29.4 | 0.35 | PVC | 10 | 3226.05 | 3226.98 | -0.42 | 0.62 | 46.74 | 45.54 | 45.54 |
| T283 | H-178 | H-183 | 21.00 | 44.4 | 0.04 | PVC | 10 | 3226.08 | 3225.91 | 0.34 | 0.22 | 47.80 | 46.48 | 46.48 |
| T284 | H-189 | H-182 | 20.00 | 29.4 | 0.26 | PVC | 10 | 3226.40 | 3227.21 | -0.35 | 0.52 | 46.50 | 45.20 | 45.20 |
| T285 | H-183 | H-184 | 21.00 | 44.4 | 0.03 | PVC | 10 | 3225.91 | 3225.81 | 0.33 | 0.21 | 47.90 | 46.54 | 46.54 |
| T286 | H-183 | H-190 | 20.00 | 44.4 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3225.91 | 3224.94 | 1.17 | 0.76 | 48.78 | 47.15 | 47.15 |
| T287 | H-184 | H-191 | 20.00 | 44.4 | 0.28 | PVC | 7.5 | 3225.81 | 3224.86 | 1.12 | 0.73 | 48.85 | 47.21 | 47.21 |
| T288 | H-185 | H-186 | 21.00 | 29.4 | 0.04 | PVC | 10 | 3225.16 | 3225.47 | -0.12 | 0.17 | 48.24 | 46.69 | 46.69 |
| T289 | H-185 | H-192 | 21.76 | 29.4 | 1.21 | PVC | 10 | 3225.16 | 3224.17 | 0.81 | 1.19 | 49.54 | 46.73 | 46.73 |
| T290 | H-186 | H-187 | 21.00 | 29.4 | 0.01 | PVC | 10 | 3225.47 | 3225.81 | -0.04 | 0.06 | 47.91 | 46.36 | 46.36 |
| T291 | H-187 | H-188 | 21.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3225.81 | 3226.05 | 0.03 | 0.04 | 47.66 | 46.11 | 46.11 |
| T292 | H-188 | H-189 | 21.00 | 29.4 | 0.01 | PVC | 10 | 3226.05 | 3226.40 | 0.05 | 0.07 | 47.32 | 45.76 | 45.76 |
| T293 | H-185 | H-190 | 21.00 | 29.4 | 0.03 | PVC | 10 | 3225.16 | 3224.94 | 0.10 | 0.14 | 48.78 | 47.15 | 47.15 |
| T294 | H-190 | H-191 | 21.00 | 29.4 | 0.01 | PVC | 10 | 3224.94 | 3224.86 | 0.07 | 0.10 | 48.85 | 47.21 | 47.21 |
| T295 | H-190 | H-193 | 21.76 | 29.4 | 1.18 | PVC | 10 | 3224.94 | 3223.91 | 0.80 | 1.18 | 49.81 | 47.00 | 47.00 |
| T296 | H-191 | H-194 | 21.76 | 29.4 | 1.17 | PVC | 10 | 3224.86 | 3223.73 | 0.79 | 1.17 | 49.98 | 47.17 | 47.17 |
| T297 | H-192 | H-193 | 21.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3224.17 | 3223.91 | 0.01 | 0.01 | 49.81 | 47.00 | 47.00 |
| T298 | H-192 | H-195 | 20.99 | 29.4 | 0.34 | PVC | 10 | 3224.17 | 3223.24 | 0.40 | 0.59 | 50.48 | 47.33 | 47.33 |
| T299 | H-193 | H-194 | 21.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3223.91 | 3223.73 | 0.01 | 0.01 | 49.98 | 47.17 | 47.17 |
| T300 | H-193 | H-196 | 20.99 | 29.4 | 0.34 | PVC | 10 | 3223.91 | 3222.93 | 0.40 | 0.59 | 50.78 | 47.63 | 47.63 |
| T301 | H-194 | H-197 | 20.99 | 29.4 | 0.34 | PVC | 10 | 3223.73 | 3222.72 | 0.40 | 0.59 | 51.00 | 47.85 | 47.85 |
| T302 | H-195 | H-196 | 21.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3223.24 | 3222.93 | 0.00 | 0.00 | 50.78 | 47.63 | 47.63 |
| T303 | H-196 | H-197 | 21.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3222.93 | 3222.72 | 0.00 | 0.00 | 51.00 | 47.85 | 47.85 |
| T304 | H-197 | VP15 | 12.34 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3222.72 | 3222.60 | 0.00 | 0.00 | 51.11 | 47.96 | 47.96 |
| T378 | J264 | H-266 | 21.00 | 58.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3228.10 | 3228.10 | 2.00 | 0.75 | 45.61 | 44.17 | 44.17 |
| T399 | J74 | H-261 | 36.00 | 44.4 | 0.63 | PVC | 7.5 | 3324.08 | 3321.64 | 1.28 | 0.83 | 56.87 | 47.57 | 47.57 |
| T400 | J73 | H-262 | 36.00 | 44.4 | 0.63 | PVC | 7.5 | 3325.99 | 3323.04 | 1.28 | 0.83 | 55.47 | 47.05 | 47.05 |

**Anexo 12:** Planteamiento Hidráulico del Turno III de la Red Chuspiyoc

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | DIAM. Tub. mm | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Veloc. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | Max | Min | F(x) Turno |
| T1 | J2 | J4 | 1137.08 | 237.6 | 1.51 | PVC | 5 | 3382.33 | 3378.92 | 27.04 | 0.61 | 2.00 | 1.64 | 1.90 |
| T4 | J4 | J5 | 263.82 | 237.6 | 0.35 | PVC | 5 | 3378.92 | 3378.13 | 27.04 | 0.61 | 2.46 | 2.01 | 2.34 |
| T5 | J5 | J6 | 80.47 | 237.6 | 0.11 | PVC | 5 | 3378.13 | 3377.89 | 27.04 | 0.61 | 2.60 | 2.18 | 2.48 |
| T6 | J6 | J7 | 221.37 | 237.6 | 0.29 | PVC | 5 | 3377.89 | 3377.23 | 27.04 | 0.61 | 2.99 | 2.60 | 2.84 |
| T7 | J7 | J8 | 410.87 | 237.6 | 0.54 | PVC | 5 | 3377.23 | 3376.00 | 27.04 | 0.61 | 3.71 | 3.23 | 3.53 |
| T8 | J8 | J9 | 614.59 | 237.6 | 0.82 | PVC | 5 | 3376.00 | 3374.16 | 27.04 | 0.61 | 4.88 | 4.17 | 4.55 |
| T9 | J9 | J10 | 284.32 | 237.6 | 0.38 | PVC | 5 | 3374.16 | 3373.31 | 27.04 | 0.61 | 5.47 | 4.64 | 5.03 |
| T10 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.30 | PVC | 5 | 3373.31 | 3373.39 | 24.50 | 0.55 | 5.14 | 4.20 | 4.65 |
| T11 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.03 | PVC | 5 | 3373.39 | 3373.23 | 24.50 | 0.55 | 5.28 | 4.33 | 4.78 |
| T12 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.28 | PVC | 5 | 3373.23 | 3367.85 | 22.00 | 0.50 | 10.38 | 9.43 | 9.88 |
| T13 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 3367.75 | 3366.54 | 22.00 | 0.50 | 1.79 | 1.66 | 1.74 |
| T14 | R1 | J16 | 198.02 | 190.2 | 1.12 | PVC | 5 | 3366.54 | 3362.06 | 33.38 | 1.17 | 5.28 | 4.82 | 5.10 |
| T15 | J16 | J17 | 15.31 | 190.2 | 0.09 | PVC | 5 | 3362.06 | 3361.03 | 33.38 | 1.17 | 6.24 | 5.74 | 6.04 |
| T16 | J17 | J18 | 241.70 | 190.2 | 1.36 | PVC | 5 | 3361.03 | 3350.20 | 33.38 | 1.17 | 16.81 | 14.97 | 15.51 |
| T17 | J18 | J19 | 30.21 | 190.2 | 0.06 | PVC | 5 | 3350.20 | 3349.84 | 18.55 | 0.65 | 17.17 | 15.12 | 15.81 |
| T18 | J19 | J20 | 51.56 | 190.2 | 0.10 | PVC | 5 | 3349.84 | 3345.30 | 18.55 | 0.65 | 21.70 | 19.31 | 20.24 |
| T19 | J20 | J21 | 49.33 | 152 | 0.28 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.64 | 18.55 | 1.02 | 22.36 | 19.01 | 20.62 |
| T20 | J21 | H-1 | 51.60 | 152 | 0.25 | PVC | 5 | 3344.64 | 3341.85 | 16.80 | 0.93 | 25.15 | 20.78 | 23.17 |
| T21 | H-1 | H-2 | 36.13 | 152 | 0.14 | PVC | 5 | 3341.85 | 3340.30 | 15.03 | 0.83 | 26.71 | 21.63 | 24.58 |
| T22 | H-2 | J24 | 31.66 | 152 | 0.12 | PVC | 5 | 3340.30 | 3339.09 | 15.03 | 0.83 | 27.92 | 22.22 | 25.66 |
| T23 | J24 | J25 | 92.35 | 152 | 0.36 | PVC | 5 | 3339.09 | 3332.97 | 15.03 | 0.83 | 34.03 | 26.51 | 31.41 |
| T67 | J10 | H-24 | 89.42 | 58.4 | 1.43 | PVC | 7.5 | 3373.31 | 3351.58 | 2.54 | 0.95 | 27.20 | 25.33 | 25.33 |
| T68 | H-24 | H-25 | 56.12 | 44.4 | 3.33 | PVC | 7.5 | 3351.58 | 3337.00 | 2.54 | 1.64 | 41.77 | 36.57 | 36.57 |
| T69 | H-25 | H-26 | 37.56 | 29.4 | 2.14 | PVC | 10 | 3337.00 | 3321.36 | 0.82 | 1.21 | 57.42 | 50.08 | 50.08 |
| T70 | H-25 | H-27 | 58.52 | 29.4 | 3.34 | PVC | 10 | 3337.00 | 3325.40 | 0.82 | 1.21 | 53.38 | 44.83 | 44.83 |
| T71 | H-25 | H-28 | 185.28 | 29.4 | 12.47 | PVC | 10 | 3337.00 | 3304.51 | 0.90 | 1.33 | 74.27 | 56.60 | 56.60 |
| T73 | J12 | H-29 | 279.39 | 69.4 | 1.91 | PVC | 7.5 | 3373.23 | 3325.99 | 2.50 | 0.66 | 52.52 | 44.74 | 50.12 |
| T74 | H-29 | H-30 | 54.46 | 58.4 | 0.85 | PVC | 7.5 | 3325.99 | 3324.08 | 2.50 | 0.93 | 54.43 | 45.76 | 51.18 |
| T75 | H-30 | H-31 | 82.25 | 44.4 | 4.74 | PVC | 7.5 | 3324.08 | 3315.00 | 2.50 | 1.61 | 63.51 | 54.84 | 55.51 |
| T76 | H-31 | H-32 | 51.48 | 44.4 | 1.34 | PVC | 7.5 | 3315.00 | 3305.43 | 1.60 | 1.03 | 73.08 | 63.74 | 63.74 |
| T77 | H-32 | H-33 | 32.32 | 29.4 | 1.77 | PVC | 10 | 3305.43 | 3306.03 | 0.80 | 1.18 | 72.48 | 61.38 | 61.38 |
| T143 | J147 | J148 | 77.75 | 69.4 | 4.50 | PVC | 7.5 | 3312.12 | 3300.14 | 8.27 | 2.19 | 66.86 | 46.32 | 46.32 |
| T144 | J148 | J149 | 40.13 | 58.4 | 3.74 | PVC | 7.5 | 3300.14 | 3299.70 | 6.80 | 2.54 | 67.30 | 43.02 | 43.02 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | DIAM. Tub. mm | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Veloc. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | Max | Min | F(x) Turno |
| T145 | J149 | J150 | 22.84 | 58.4 | 1.91 | PVC | 7.5 | 3299.70 | 3296.71 | 6.40 | 2.39 | 70.29 | 44.11 | 44.11 |
| T146 | J150 | J151 | 78.93 | 57 | 4.00 | PVC | 10 | 3296.71 | 3295.60 | 4.54 | 1.78 | 71.41 | 41.22 | 41.22 |
| T147 | J151 | J152 | 56.02 | 43.4 | 6.71 | PVC | 10 | 3295.60 | 3289.88 | 3.54 | 2.39 | 77.12 | 40.23 | 40.23 |
| T148 | J152 | J153 | 58.37 | 29.4 | 11.53 | PVC | 10 | 3289.88 | 3279.22 | 1.65 | 2.43 | 87.78 | 39.36 | 39.36 |
| T149 | J153 | VP7 | 25.70 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3279.22 | 3268.36 | 0.00 | 0.00 | 98.64 | 50.22 | 50.22 |
| T150 | J146 | H-86 | 50.95 | 44.4 | 0.66 | PVC | 7.5 | 3338.08 | 3328.63 | 1.08 | 0.70 | 38.37 | 34.97 | 34.97 |
| T151 | J146 | J384 | 23.20 | 69.4 | 0.24 | PVC | 7.5 | 3338.08 | 3334.95 | 3.16 | 0.84 | 32.06 | 29.08 | 29.08 |
| T152 | J384 | H-87 | 42.93 | 69.4 | 0.23 | PVC | 7.5 | 3334.95 | 3331.82 | 2.16 | 0.57 | 35.18 | 31.98 | 31.98 |
| T153 | H-87 | H-263 | 36.00 | 44.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3331.82 | 3329.96 | 1.08 | 0.70 | 37.04 | 33.37 | 33.37 |
| T154 | J384 | H-264 | 14.05 | 44.4 | 0.16 | PVC | 7.5 | 3334.95 | 3332.59 | 1.00 | 0.65 | 34.41 | 31.27 | 31.27 |
| T155 | J147 | H-88 | 52.44 | 58.4 | 0.71 | PVC | 7.5 | 3312.12 | 3308.02 | 2.32 | 0.87 | 58.98 | 42.22 | 42.22 |
| T156 | H-88 | H-89 | 49.55 | 44.4 | 0.73 | PVC | 7.5 | 3308.02 | 3309.95 | 1.16 | 0.75 | 57.06 | 39.57 | 39.57 |
| T157 | J148 | H-90 | 22.84 | 29.4 | 3.67 | PVC | 10 | 3300.14 | 3299.81 | 1.47 | 2.17 | 67.19 | 42.98 | 42.98 |
| T158 | J149 | H-91 | 26.50 | 29.4 | 0.43 | PVC | 10 | 3299.70 | 3297.74 | 0.40 | 0.59 | 69.26 | 44.55 | 44.55 |
| T159 | J150 | H-92 | 21.21 | 43.4 | 0.81 | PVC | 10 | 3296.71 | 3295.09 | 1.86 | 1.26 | 71.92 | 44.93 | 44.93 |
| T160 | H-92 | H-93 | 34.61 | 43.4 | 0.39 | PVC | 10 | 3295.09 | 3296.68 | 0.93 | 0.63 | 70.33 | 42.95 | 42.95 |
| T161 | J151 | H-94 | 27.14 | 29.4 | 2.20 | PVC | 10 | 3295.60 | 3292.31 | 1.00 | 1.47 | 74.70 | 42.31 | 42.31 |
| T162 | J152 | H-95 | 25.63 | 38 | 1.89 | PVC | 10 | 3289.88 | 3283.97 | 1.89 | 1.67 | 83.04 | 44.25 | 44.25 |
| T163 | J153 | H-96 | 20.75 | 29.4 | 4.10 | PVC | 10 | 3279.22 | 3268.70 | 1.65 | 2.43 | 98.30 | 45.78 | 45.78 |
| T178 | J21 | H-107 | 43.06 | 58.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3344.64 | 3343.76 | 1.75 | 0.65 | 23.24 | 19.88 | 21.15 |
| T179 | H-107 | H-108 | 44.79 | 44.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3343.76 | 3333.97 | 0.95 | 0.61 | 33.03 | 29.68 | 30.47 |
| T190 | H-1 | H-119 | 68.91 | 44.4 | 2.16 | PVC | 7.5 | 3341.85 | 3340.30 | 1.77 | 1.15 | 26.71 | 22.34 | 22.56 |
| T191 | H-119 | H-120 | 45.03 | 29.4 | 3.34 | PVC | 7.5 | 3340.30 | 3326.43 | 0.95 | 1.40 | 40.58 | 33.10 | 33.10 |
| T212 | J25 | H-135 | 47.63 | 83.4 | 3.35 | PVC | 7.5 | 3332.97 | 3324.75 | 15.03 | 2.75 | 42.25 | 34.74 | 36.29 |
| T213 | H-135 | H-136 | 55.09 | 83.4 | 3.61 | PVC | 7.5 | 3324.75 | 3315.49 | 14.45 | 2.65 | 51.51 | 41.94 | 41.94 |
| T214 | H-136 | H-137 | 63.71 | 58.4 | 4.58 | PVC | 7.5 | 3315.49 | 3297.51 | 5.89 | 2.20 | 69.50 | 55.34 | 55.34 |
| T215 | H-137 | H-138 | 63.73 | 22.9 | 11.98 | PVC | 10 | 3297.51 | 3272.63 | 0.82 | 1.99 | 94.38 | 68.24 | 68.24 |
| T216 | H-138 | VP12 | 22.55 | 22.9 | 0.00 | PVC | 10 | 3272.63 | 3265.78 | 0.00 | 0.00 | 101.23 | 75.09 | 75.09 |
| T217 | H-136 | H-139 | 62.79 | 58.4 | 6.10 | PVC | 7.5 | 3315.49 | 3308.63 | 6.96 | 2.60 | 58.38 | 42.71 | 42.71 |
| T218 | H-139 | H-140 | 33.42 | 58.4 | 1.94 | PVC | 7.5 | 3308.63 | 3301.77 | 5.22 | 1.95 | 65.24 | 47.63 | 47.63 |
| T219 | H-140 | H-141 | 43.20 | 43.4 | 5.02 | PVC | 10 | 3301.77 | 3291.40 | 3.48 | 2.35 | 75.61 | 52.98 | 52.98 |
| T220 | H-141 | H-142 | 52.89 | 29.4 | 11.49 | PVC | 10 | 3291.40 | 3272.89 | 1.74 | 2.56 | 94.11 | 60.00 | 60.00 |
| T221 | H-142 | VP13 | 27.47 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3272.89 | 3264.55 | 0.00 | 0.00 | 102.46 | 68.35 | 68.35 |
| T222 | H-137 | H-143 | 36.52 | 44.4 | 3.78 | PVC | 7.5 | 3297.51 | 3295.84 | 3.47 | 2.24 | 71.16 | 53.22 | 53.22 |
| T223 | H-143 | H-144 | 41.05 | 38.4 | 2.83 | PVC | 7.5 | 3295.84 | 3293.44 | 1.87 | 1.61 | 73.56 | 52.80 | 52.80 |

**Anexo 13:** Planteamiento Hidráulico del Turno IV de la Red Chuspiyoc

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tub. mm | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Veloc. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | DE | A | F(x) Turno |
| T1 | J2 | J4 | 1137.08 | 237.6 | 1.60 | PVC | 5 | 3382.33 | 3378.92 | 27.91 | 0.63 | 2.00 | 1.64 | 1.82 |
| T4 | J4 | J5 | 263.82 | 237.6 | 0.37 | PVC | 5 | 3378.92 | 3378.13 | 27.91 | 0.63 | 2.46 | 2.01 | 2.23 |
| T5 | J5 | J6 | 80.47 | 237.6 | 0.11 | PVC | 5 | 3378.13 | 3377.89 | 27.91 | 0.63 | 2.60 | 2.18 | 2.36 |
| T6 | J6 | J7 | 221.37 | 237.6 | 0.31 | PVC | 5 | 3377.89 | 3377.23 | 27.91 | 0.63 | 2.99 | 2.60 | 2.71 |
| T7 | J7 | J8 | 410.87 | 237.6 | 0.58 | PVC | 5 | 3377.23 | 3376.00 | 27.91 | 0.63 | 3.71 | 3.23 | 3.36 |
| T8 | J8 | J9 | 614.59 | 237.6 | 0.79 | PVC | 5 | 3376.00 | 3374.16 | 26.51 | 0.60 | 4.88 | 4.17 | 4.42 |
| T9 | J9 | J10 | 284.32 | 237.6 | 0.30 | PVC | 5 | 3374.16 | 3373.31 | 23.81 | 0.54 | 5.47 | 4.64 | 4.97 |
| T10 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.24 | PVC | 5 | 3373.31 | 3373.39 | 22.00 | 0.50 | 5.14 | 4.20 | 4.64 |
| T11 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.02 | PVC | 5 | 3373.39 | 3373.23 | 22.00 | 0.50 | 5.28 | 4.33 | 4.78 |
| T12 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.28 | PVC | 5 | 3373.23 | 3367.85 | 22.00 | 0.50 | 10.38 | 9.43 | 9.88 |
| T13 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 3367.75 | 3366.54 | 22.00 | 0.50 | 1.79 | 1.66 | 1.78 |
| T14 | R1 | J16 | 198.02 | 190.2 | 1.00 | PVC | 5 | 3366.54 | 3362.06 | 31.37 | 1.10 | 5.28 | 4.82 | 5.26 |
| T15 | J16 | J17 | 15.31 | 190.2 | 0.08 | PVC | 5 | 3362.06 | 3361.03 | 31.37 | 1.10 | 6.24 | 5.74 | 6.21 |
| T16 | J17 | J18 | 241.70 | 190.2 | 1.22 | PVC | 5 | 3361.03 | 3350.20 | 31.37 | 1.10 | 16.81 | 14.97 | 15.83 |
| T17 | J18 | J19 | 30.21 | 190.2 | 0.15 | PVC | 5 | 3350.20 | 3349.84 | 31.37 | 1.10 | 17.17 | 15.12 | 16.04 |
| T18 | J19 | J20 | 51.56 | 190.2 | 0.26 | PVC | 5 | 3349.84 | 3345.30 | 31.37 | 1.10 | 21.70 | 19.31 | 20.31 |
| T19 | J20 | J21 | 49.33 | 152 | 0.46 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.64 | 24.19 | 1.33 | 22.36 | 19.01 | 20.52 |
| T20 | J21 | H-1 | 51.60 | 152 | 0.48 | PVC | 5 | 3344.64 | 3341.85 | 24.19 | 1.33 | 25.15 | 20.78 | 22.83 |
| T21 | H-1 | H-2 | 36.13 | 152 | 0.16 | PVC | 5 | 3341.85 | 3340.30 | 16.03 | 0.88 | 26.71 | 21.63 | 24.23 |
| T22 | H-2 | J24 | 31.66 | 152 | 0.12 | PVC | 5 | 3340.30 | 3339.09 | 14.99 | 0.83 | 27.92 | 22.22 | 25.31 |
| T23 | J24 | J25 | 92.35 | 152 | 0.19 | PVC | 5 | 3339.09 | 3332.97 | 10.40 | 0.57 | 34.03 | 26.51 | 31.23 |
| T59 | J8 | H-18 | 84.53 | 58.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3376.00 | 3337.23 | 1.40 | 0.52 | 42.48 | 41.67 | 41.67 |
| T60 | H-18 | H-19 | 41.98 | 29.4 | 2.83 | PVC | 10 | 3337.23 | 3332.71 | 0.90 | 1.33 | 47.00 | 43.36 | 43.36 |
| T61 | J9 | H-20 | 121.91 | 44.4 | 8.06 | PVC | 7.5 | 3374.16 | 3324.18 | 2.70 | 1.74 | 54.86 | 46.33 | 46.33 |
| T62 | H-20 | J62 | 26.09 | 44.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3324.18 | 3317.05 | 1.30 | 0.84 | 61.99 | 53.00 | 53.00 |
| T64 | J62 | J64 | 91.20 | 29.4 | 11.78 | PVC | 10 | 3317.05 | 3310.12 | 1.30 | 1.91 | 68.92 | 48.14 | 48.14 |
| T65 | J64 | H-22 | 55.92 | 29.4 | 7.22 | PVC | 10 | 3310.12 | 3307.36 | 1.30 | 1.91 | 71.68 | 43.68 | 43.68 |
| T67 | J10 | H-24 | 89.42 | 58.4 | 0.79 | PVC | 7.5 | 3373.31 | 3351.58 | 1.81 | 0.68 | 27.20 | 25.33 | 25.91 |
| T68 | H-24 | H-25 | 56.12 | 44.4 | 0.57 | PVC | 7.5 | 3351.58 | 3337.00 | 0.94 | 0.61 | 41.77 | 36.57 | 39.91 |
| T169 | J20 | H-99 | 18.91 | 104.6 | 0.12 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.85 | 7.18 | 0.84 | 22.16 | 19.77 | 20.65 |
| T170 | H-99 | H-100 | 46.77 | 85.6 | 0.77 | PVC | 5 | 3344.85 | 3340.23 | 7.18 | 1.25 | 26.78 | 24.39 | 24.50 |
| T171 | H-100 | H-101 | 50.57 | 85.6 | 0.83 | PVC | 5 | 3340.23 | 3335.35 | 7.18 | 1.25 | 31.66 | 28.55 | 28.55 |
| T172 | H-101 | H-102 | 41.01 | 83.4 | 0.76 | PVC | 7.5 | 3335.35 | 3329.10 | 7.18 | 1.31 | 37.91 | 34.04 | 34.04 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | Diam. Tub. mm | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Veloc. (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | DE | A | F(x) Turno |
| T173 | H-102 | H-103 | 40.98 | 58.4 | 4.21 | PVC | 7.5 | 3329.10 | 3321.66 | 7.18 | 2.68 | 45.35 | 37.27 | 37.27 |
| T174 | H-103 | H-104 | 44.37 | 69.4 | 1.99 | PVC | 7.5 | 3321.66 | 3313.03 | 7.18 | 1.90 | 53.98 | 43.91 | 43.91 |
| T175 | H-104 | H-105 | 53.83 | 58.4 | 3.01 | PVC | 7.5 | 3313.03 | 3309.08 | 5.12 | 1.91 | 57.92 | 44.84 | 44.84 |
| T176 | H-105 | H-106 | 46.90 | 44.4 | 2.82 | PVC | 7.5 | 3309.08 | 3305.68 | 2.56 | 1.65 | 61.32 | 45.42 | 45.42 |
| T177 | H-106 | VP9 | 24.59 | 44.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3305.68 | 3297.43 | 0.00 | 0.00 | 69.57 | 53.67 | 53.67 |
| T180 | H-1 | H-109 | 39.88 | 85.6 | 0.82 | PVC | 5 | 3341.85 | 3338.18 | 8.16 | 1.42 | 28.82 | 24.45 | 25.67 |
| T181 | H-109 | H-110 | 45.31 | 83.4 | 1.06 | PVC | 5 | 3338.18 | 3328.47 | 8.16 | 1.49 | 38.54 | 34.17 | 34.33 |
| T182 | H-110 | H-111 | 49.41 | 104.6 | 0.39 | PVC | 5 | 3328.47 | 3327.77 | 8.16 | 0.95 | 39.24 | 34.64 | 34.64 |
| T183 | H-111 | H-112 | 53.08 | 83.4 | 0.88 | PVC | 7.5 | 3327.77 | 3321.42 | 6.72 | 1.23 | 45.59 | 40.12 | 40.12 |
| T184 | H-112 | H-113 | 49.13 | 58.4 | 2.90 | PVC | 7.5 | 3321.42 | 3313.50 | 5.28 | 1.97 | 53.50 | 45.13 | 45.13 |
| T185 | H-113 | H-114 | 53.16 | 57 | 2.02 | PVC | 10 | 3313.50 | 3302.90 | 3.87 | 1.52 | 64.10 | 53.70 | 53.70 |
| T186 | H-114 | H-115 | 80.15 | 38.4 | 9.00 | PVC | 7.5 | 3302.90 | 3286.41 | 2.46 | 2.12 | 80.59 | 61.20 | 61.20 |
| T187 | H-115 | H-116 | 50.00 | 29.4 | 2.86 | PVC | 10 | 3286.41 | 3280.96 | 0.82 | 1.21 | 86.04 | 63.79 | 63.79 |
| T189 | H-115 | H-118 | 50.00 | 29.4 | 2.86 | PVC | 10 | 3286.41 | 3280.64 | 0.82 | 1.21 | 86.36 | 64.11 | 64.11 |
| T192 | J24 | H-121 | 19.02 | 85.6 | 0.14 | PVC | 5 | 3339.09 | 3338.67 | 4.59 | 0.80 | 28.33 | 22.63 | 25.59 |
| T193 | H-121 | J196 | 50.11 | 71.2 | 0.56 | PVC | 7.5 | 3338.67 | 3336.75 | 3.53 | 0.89 | 30.25 | 24.55 | 26.94 |
| T194 | J196 | H-122 | 54.28 | 44.4 | 0.70 | PVC | 7.5 | 3336.75 | 3326.31 | 1.07 | 0.69 | 40.70 | 35.00 | 36.70 |
| T195 | H-122 | VP10 | 15.00 | 44.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3326.31 | 3321.23 | 0.00 | 0.00 | 45.78 | 40.08 | 41.78 |
| T196 | J196 | H-123 | 55.83 | 44.4 | 3.13 | PVC | 7.5 | 3336.75 | 3329.16 | 2.46 | 1.59 | 37.85 | 31.41 | 31.41 |
| T197 | H-123 | H-124 | 36.01 | 44.4 | 1.25 | PVC | 7.5 | 3329.16 | 3318.38 | 1.88 | 1.21 | 48.62 | 40.94 | 40.94 |
| T198 | J25 | H-125 | 46.62 | 104.6 | 0.57 | PVC | 5 | 3332.97 | 3327.88 | 10.40 | 1.21 | 39.12 | 31.61 | 35.76 |
| T199 | H-125 | H-126 | 46.73 | 102 | 0.49 | PVC | 7.5 | 3327.88 | 3318.77 | 8.96 | 1.10 | 48.24 | 40.72 | 44.38 |
| T200 | H-126 | H-127 | 52.08 | 69.4 | 2.54 | PVC | 7.5 | 3318.77 | 3313.20 | 7.52 | 1.99 | 53.81 | 46.29 | 47.41 |
| T201 | H-127 | H-128 | 49.61 | 69.4 | 1.67 | PVC | 7.5 | 3313.20 | 3305.92 | 6.11 | 1.62 | 61.08 | 53.02 | 53.02 |
| T202 | H-128 | J205 | 51.97 | 58.4 | 2.49 | PVC | 7.5 | 3305.92 | 3300.57 | 4.70 | 1.75 | 66.44 | 55.88 | 55.88 |
| T203 | J205 | J206 | 15.45 | 58.4 | 0.57 | PVC | 7.5 | 3300.57 | 3298.23 | 4.05 | 1.51 | 68.78 | 57.66 | 57.66 |
| T204 | J206 | J207 | 31.03 | 58.4 | 0.75 | PVC | 7.5 | 3298.23 | 3295.23 | 3.20 | 1.19 | 71.77 | 59.90 | 59.90 |
| T205 | J207 | H-129 | 53.08 | 43.4 | 1.72 | PVC | 10 | 3295.23 | 3294.27 | 1.70 | 1.15 | 72.73 | 59.14 | 59.14 |
| T206 | H-129 | H-130 | 49.79 | 29.4 | 3.03 | PVC | 10 | 3294.27 | 3290.04 | 0.85 | 1.25 | 76.97 | 60.35 | 60.35 |
| T207 | H-130 | VP11 | 12.84 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3290.04 | 3285.08 | 0.00 | 0.00 | 81.92 | 65.30 | 65.30 |
| T208 | J205 | H-131 | 18.30 | 44.4 | 0.10 | PVC | 10 | 3300.57 | 3300.01 | 0.65 | 0.42 | 66.99 | 56.34 | 56.34 |
| T209 | J206 | H-132 | 19.01 | 29.4 | 1.16 | PVC | 10 | 3298.23 | 3295.61 | 0.85 | 1.25 | 71.39 | 59.11 | 59.11 |
| T210 | J207 | H-133 | 18.85 | 29.4 | 1.15 | PVC | 10 | 3295.23 | 3293.70 | 0.85 | 1.25 | 73.31 | 60.29 | 60.29 |
| T211 | J207 | H-134 | 15.27 | 29.4 | 0.58 | PVC | 10 | 3295.23 | 3295.47 | 0.65 | 0.96 | 71.53 | 59.08 | 59.08 |

**Anexo 14:** Planteamiento Hidráulico del Turno V de la Red Chuspiyoc

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | DIAM. Tuberias | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL | Veloc. | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | mm | | | | INICIAL | FINAL | L/s | (m/s) | Max | Min | F(x) Turno |
| T1 | J2 | J4 | 1137.08 | 237.6 | 1.78 | PVC | 5 | 3382.33 | 3378.92 | 29.62 | 0.67 | 2.00 | 1.64 | 1.64 |
| T4 | J4 | J5 | 263.82 | 237.6 | 0.41 | PVC | 5 | 3378.92 | 3378.13 | 29.62 | 0.67 | 2.46 | 2.01 | 2.01 |
| T5 | J5 | J6 | 80.47 | 237.6 | 0.07 | PVC | 5 | 3378.13 | 3377.89 | 22.00 | 0.50 | 2.60 | 2.18 | 2.18 |
| T6 | J6 | J7 | 221.37 | 237.6 | 0.20 | PVC | 5 | 3377.89 | 3377.23 | 22.00 | 0.50 | 2.99 | 2.60 | 2.64 |
| T7 | J7 | J8 | 410.87 | 237.6 | 0.38 | PVC | 5 | 3377.23 | 3376.00 | 22.00 | 0.50 | 3.71 | 3.23 | 3.49 |
| T8 | J8 | J9 | 614.59 | 237.6 | 0.56 | PVC | 5 | 3376.00 | 3374.16 | 22.00 | 0.50 | 4.88 | 4.17 | 4.77 |
| T9 | J9 | J10 | 284.32 | 237.6 | 0.26 | PVC | 5 | 3374.16 | 3373.31 | 22.00 | 0.50 | 5.47 | 4.64 | 5.36 |
| T10 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.24 | PVC | 5 | 3373.31 | 3373.39 | 22.00 | 0.50 | 5.14 | 4.20 | 5.03 |
| T11 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.02 | PVC | 5 | 3373.39 | 3373.23 | 22.00 | 0.50 | 5.28 | 4.33 | 5.17 |
| T12 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.28 | PVC | 5 | 3373.23 | 3367.85 | 22.00 | 0.50 | 10.38 | 9.43 | 10.27 |
| T13 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 3367.75 | 3366.54 | 22.00 | 0.50 | 1.79 | 1.66 | 1.79 |
| T14 | R1 | J16 | 198.02 | 190.2 | 0.99 | PVC | 5 | 3366.54 | 3362.06 | 31.25 | 1.10 | 5.28 | 4.82 | 5.27 |
| T15 | J16 | J17 | 15.31 | 190.2 | 0.08 | PVC | 5 | 3362.06 | 3361.03 | 31.25 | 1.10 | 6.24 | 5.74 | 6.22 |
| T16 | J17 | J18 | 241.70 | 190.2 | 0.70 | PVC | 5 | 3361.03 | 3350.20 | 22.96 | 0.81 | 16.81 | 14.97 | 16.37 |
| T17 | J18 | J19 | 30.21 | 190.2 | 0.09 | PVC | 5 | 3350.20 | 3349.84 | 22.96 | 0.81 | 17.17 | 15.12 | 16.64 |
| T18 | J19 | J20 | 51.56 | 190.2 | 0.07 | PVC | 5 | 3349.84 | 3345.30 | 15.60 | 0.55 | 21.70 | 19.31 | 21.10 |
| T19 | J20 | J21 | 49.33 | 152 | 0.05 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.64 | 6.99 | 0.39 | 22.36 | 19.01 | 21.71 |
| T20 | J21 | H-1 | 51.60 | 152 | 0.05 | PVC | 5 | 3344.64 | 3341.85 | 6.99 | 0.39 | 25.15 | 20.78 | 24.45 |
| T47 | J5 | H-8 | 111.62 | 71.2 | 4.93 | PVC | 5 | 3378.13 | 3340.24 | 7.62 | 1.91 | 40.35 | 34.97 | 34.97 |
| T48 | H-8 | H-9 | 50.99 | 58.4 | 4.28 | PVC | 7.5 | 3340.24 | 3327.91 | 6.42 | 2.40 | 52.68 | 43.02 | 43.02 |
| T49 | H-9 | H-10 | 62.94 | 44.4 | 4.47 | PVC | 7.5 | 3327.91 | 3313.94 | 2.81 | 1.81 | 66.66 | 52.52 | 52.52 |
| T50 | H-10 | H-11 | 62.97 | 29.4 | 7.06 | PVC | 10 | 3313.94 | 3300.68 | 1.20 | 1.77 | 79.92 | 58.73 | 58.73 |
| T51 | H-11 | VP2 | 21.70 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3300.68 | 3299.91 | 0.00 | 0.00 | 80.68 | 59.50 | 59.50 |
| T52 | H-8 | H-12 | 43.19 | 29.4 | 2.36 | PVC | 10 | 3340.24 | 3324.41 | 0.80 | 1.18 | 56.18 | 48.44 | 48.44 |
| T53 | H-9 | H-13 | 70.83 | 44.4 | 5.03 | PVC | 7.5 | 3327.91 | 3317.11 | 2.81 | 1.81 | 63.48 | 48.79 | 48.79 |
| T54 | H-13 | H-14 | 75.69 | 29.4 | 8.48 | PVC | 10 | 3317.11 | 3303.81 | 1.20 | 1.77 | 76.78 | 53.61 | 53.61 |
| T136 | J17 | J141 | 227.59 | 133 | 0.59 | PVC | 5 | 3361.03 | 3346.85 | 8.29 | 0.60 | 20.42 | 19.82 | 19.82 |
| T137 | J141 | J374 | 84.02 | 102 | 0.38 | PVC | 7.5 | 3346.85 | 3336.64 | 5.55 | 0.68 | 30.63 | 29.66 | 29.66 |
| T138 | J141 | H-83 | 15.12 | 69.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 3346.85 | 3346.53 | 2.74 | 0.73 | 20.74 | 20.02 | 20.02 |
| T139 | H-83 | H-84 | 48.36 | 44.4 | 0.46 | PVC | 7.5 | 3346.53 | 3343.93 | 0.90 | 0.58 | 23.34 | 22.16 | 22.16 |
| T140 | H-83 | H-85 | 52.83 | 44.4 | 0.58 | PVC | 7.5 | 3346.53 | 3339.61 | 0.98 | 0.64 | 27.66 | 26.36 | 26.36 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | DIAM. Tuberias | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL | Veloc. | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | mm | | | | INICIAL | FINAL | L/s | (m/s) | Max | Min | F(x) Turno |
| T164 | J19 | J166 | 43.31 | 104.6 | 0.28 | PVC | 5 | 3349.84 | 3344.71 | 7.36 | 0.86 | 22.29 | 20.25 | 21.48 |
| T165 | J166 | J167 | 58.47 | 102 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3344.71 | 3337.30 | 5.94 | 0.73 | 29.70 | 27.66 | 28.59 |
| T166 | J167 | J168 | 79.17 | 102 | 0.23 | PVC | 7.5 | 3337.30 | 3325.65 | 4.35 | 0.53 | 41.35 | 39.31 | 40.02 |
| T167 | J166 | H-97 | 10.15 | 43.4 | 0.24 | PVC | 10 | 3344.71 | 3345.97 | 1.42 | 0.96 | 21.03 | 18.99 | 19.98 |
| T168 | J167 | H-98 | 22.66 | 29.4 | 4.19 | PVC | 10 | 3337.30 | 3336.63 | 1.59 | 2.34 | 30.37 | 25.07 | 25.07 |
| T169 | J20 | H-99 | 18.91 | 104.6 | 0.16 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.85 | 8.61 | 1.00 | 22.16 | 19.77 | 21.39 |
| T170 | H-99 | H-100 | 46.77 | 85.6 | 0.75 | PVC | 5 | 3344.85 | 3340.23 | 7.08 | 1.23 | 26.78 | 24.39 | 25.26 |
| T171 | H-100 | H-101 | 50.57 | 85.6 | 0.50 | PVC | 5 | 3340.23 | 3335.35 | 5.42 | 0.94 | 31.66 | 28.55 | 29.64 |
| T172 | H-101 | H-102 | 41.01 | 83.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3335.35 | 3329.10 | 3.62 | 0.66 | 37.91 | 34.04 | 35.66 |
| T173 | H-102 | H-103 | 40.98 | 58.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3329.10 | 3321.66 | 1.81 | 0.68 | 45.35 | 37.27 | 42.74 |
| T180 | H-1 | H-109 | 39.88 | 85.6 | 0.39 | PVC | 5 | 3341.85 | 3338.18 | 5.36 | 0.93 | 28.82 | 24.45 | 27.73 |
| T181 | H-109 | H-110 | 45.31 | 83.4 | 0.25 | PVC | 5 | 3338.18 | 3328.47 | 3.62 | 0.66 | 38.54 | 34.17 | 37.20 |
| T188 | H-110 | H-117 | 45.50 | 44.4 | 1.48 | PVC | 10 | 3328.47 | 3322.20 | 1.81 | 1.17 | 44.80 | 40.43 | 41.99 |
| T379 | J374 | H-252 | 15.12 | 29.4 | 1.51 | PVC | 10 | 3336.64 | 3335.54 | 1.13 | 1.66 | 31.73 | 29.24 | 29.24 |
| T380 | J374 | J375 | 40.00 | 69.4 | 0.75 | PVC | 7.5 | 3336.64 | 3332.21 | 4.42 | 1.17 | 35.06 | 33.33 | 33.33 |
| T381 | J375 | H-253 | 15.36 | 29.4 | 1.57 | PVC | 10 | 3332.21 | 3330.96 | 1.14 | 1.68 | 36.31 | 33.01 | 33.01 |
| T382 | J375 | J376 | 40.10 | 58.4 | 1.01 | PVC | 7.5 | 3332.21 | 3329.79 | 3.28 | 1.22 | 37.48 | 34.74 | 34.74 |
| T383 | J376 | H-254 | 16.69 | 29.4 | 1.71 | PVC | 10 | 3329.79 | 3327.53 | 1.14 | 1.68 | 39.74 | 35.29 | 35.29 |
| T384 | J376 | J377 | 39.85 | 44.4 | 1.74 | PVC | 7.5 | 3329.79 | 3325.81 | 2.14 | 1.38 | 41.46 | 36.98 | 36.98 |
| T385 | J377 | H-255 | 18.94 | 29.4 | 1.94 | PVC | 10 | 3325.81 | 3323.83 | 1.14 | 1.68 | 43.44 | 37.02 | 37.02 |
| T386 | J377 | J142 | 8.27 | 29.4 | 0.67 | PVC | 10 | 3325.81 | 3324.84 | 1.00 | 1.47 | 42.43 | 37.28 | 37.28 |
| T387 | J142 | J378 | 46.51 | 29.4 | 3.77 | PVC | 10 | 3324.84 | 3318.32 | 1.00 | 1.47 | 48.95 | 40.03 | 40.03 |
| T388 | J378 | H-38 | 15.24 | 29.4 | 1.24 | PVC | 10 | 3318.32 | 3316.41 | 1.00 | 1.47 | 50.86 | 40.70 | 40.70 |
| T389 | J387 | J168 | 40.21 | 69.4 | 0.49 | PVC | 7.5 | 3319.24 | 3325.65 | -3.48 | 0.92 | 41.35 | 39.31 | 40.02 |
| T390 | J388 | J387 | 40.24 | 58.4 | 0.68 | PVC | 7.5 | 3315.00 | 3319.24 | -2.61 | 0.97 | 47.76 | 45.72 | 45.93 |
| T391 | J389 | J388 | 41.88 | 44.4 | 1.27 | PVC | 7.5 | 3311.99 | 3315.00 | -1.74 | 1.12 | 52.00 | 49.50 | 49.50 |
| T392 | J390 | J389 | 41.63 | 29.4 | 2.64 | PVC | 10 | 3306.92 | 3311.99 | -0.87 | 1.28 | 55.01 | 51.24 | 51.24 |
| T393 | J169 | J390 | 42.34 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3304.92 | 3306.92 | 0.00 | 0.00 | 60.08 | 53.67 | 53.67 |
| T394 | J168 | H-256 | 15.12 | 29.4 | 0.96 | PVC | 7.5 | 3325.65 | 3325.21 | 0.87 | 1.28 | 41.79 | 39.50 | 39.50 |
| T395 | J387 | H-257 | 15.36 | 29.4 | 0.97 | PVC | 7.5 | 3319.24 | 3319.06 | 0.87 | 1.28 | 47.94 | 45.14 | 45.14 |
| T396 | J388 | H-258 | 16.69 | 29.4 | 1.06 | PVC | 7.5 | 3315.00 | 3316.34 | 0.87 | 1.28 | 50.66 | 47.10 | 47.10 |
| T397 | J389 | H-259 | 18.94 | 29.4 | 1.20 | PVC | 10 | 3311.99 | 3312.75 | 0.87 | 1.28 | 54.25 | 49.28 | 49.28 |
| T398 | J390 | H-260 | 12.13 | 29.4 | 0.77 | PVC | 10 | 3306.92 | 3307.92 | 0.87 | 1.28 | 59.08 | 51.90 | 51.90 |

**Anexo 15:** Planteamiento Hidráulico del Turno VI de la Red Chuspiyoc

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | DIAM. Tub. mm | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Veloc (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | Max | Min | F(x) Turno |
| T1 | J2 | J4 | 1137.08 | 237.6 | 1.70 | PVC | 5 | 3382.33 | 3378.92 | 28.89 | 0.65 | 2.00 | 1.64 | 1.71 |
| T4 | J4 | J5 | 263.82 | 237.6 | 0.33 | PVC | 5 | 3378.92 | 3378.13 | 26.04 | 0.59 | 2.46 | 2.01 | 2.18 |
| T5 | J5 | J6 | 80.47 | 237.6 | 0.10 | PVC | 5 | 3378.13 | 3377.89 | 26.04 | 0.59 | 2.60 | 2.18 | 2.32 |
| T6 | J6 | J7 | 221.37 | 237.6 | 0.23 | PVC | 5 | 3377.89 | 3377.23 | 23.66 | 0.53 | 2.99 | 2.60 | 2.75 |
| T7 | J7 | J8 | 410.87 | 237.6 | 0.38 | PVC | 5 | 3377.23 | 3376.00 | 22.00 | 0.50 | 3.71 | 3.23 | 3.60 |
| T8 | J8 | J9 | 614.59 | 237.6 | 0.56 | PVC | 5 | 3376.00 | 3374.16 | 22.00 | 0.50 | 4.88 | 4.17 | 4.88 |
| T9 | J9 | J10 | 284.32 | 237.6 | 0.26 | PVC | 5 | 3374.16 | 3373.31 | 22.00 | 0.50 | 5.47 | 4.64 | 5.47 |
| T10 | J10 | J11 | 266.75 | 237.6 | 0.24 | PVC | 5 | 3373.31 | 3373.39 | 22.00 | 0.50 | 5.14 | 4.20 | 5.14 |
| T11 | J11 | J12 | 24.80 | 237.6 | 0.02 | PVC | 5 | 3373.39 | 3373.23 | 22.00 | 0.50 | 5.28 | 4.33 | 5.28 |
| T12 | J12 | J13 | 305.85 | 237.6 | 0.28 | PVC | 5 | 3373.23 | 3367.85 | 22.00 | 0.50 | 10.38 | 9.43 | 10.38 |
| T13 | J14 | R1 | 15.37 | 237.6 | 0.01 | PVC | 5 | 3367.75 | 3366.54 | 22.00 | 0.50 | 1.79 | 1.66 | 1.69 |
| T14 | R1 | J16 | 198.02 | 190.2 | 1.23 | PVC | 5 | 3366.54 | 3362.06 | 35.21 | 1.24 | 5.28 | 4.82 | 4.94 |
| T43 | J4 | H-5 | 104.65 | 58.4 | 2.05 | PVC | 7.5 | 3378.92 | 3316.46 | 2.85 | 1.06 | 64.46 | 62.12 | 62.12 |
| T44 | H-5 | VP1 | 24.51 | 58.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3316.46 | 3309.98 | 0.00 | 0.00 | 70.94 | 68.60 | 68.60 |
| T45 | H-5 | H-6 | 49.12 | 29.4 | 3.64 | PVC | 10 | 3316.46 | 3316.32 | 0.95 | 1.40 | 64.60 | 58.62 | 58.62 |
| T46 | H-5 | H-7 | 34.37 | 29.4 | 2.55 | PVC | 10 | 3316.46 | 3316.93 | 0.95 | 1.40 | 63.99 | 59.10 | 59.10 |
| T55 | J6 | H-15 | 96.73 | 69.4 | 0.60 | PVC | 7.5 | 3377.89 | 3351.45 | 2.38 | 0.63 | 29.04 | 28.15 | 28.15 |
| T56 | H-15 | H-16 | 62.76 | 44.4 | 1.64 | PVC | 7.5 | 3351.45 | 3335.08 | 1.60 | 1.03 | 45.41 | 42.89 | 42.89 |
| T57 | H-16 | H-17 | 57.71 | 29.4 | 3.15 | PVC | 10 | 3335.08 | 3334.65 | 0.80 | 1.18 | 45.85 | 40.17 | 40.17 |
| T58 | J7 | VG1 | 12.17 | 58.4 | 0.09 | PVC | 7.5 | 3377.23 | 3375.36 | 1.66 | 0.62 | 4.86 | 4.47 | 4.52 |
| T82 | J80 | J363 | 23.16 | 152 | 0.16 | PVC | 7.5 | 3340.13 | 3336.76 | 20.53 | 1.13 | 30.59 | 27.99 | 27.99 |
| T83 | J363 | J81 | 7.88 | 102 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3336.76 | 3335.88 | 18.27 | 2.24 | 31.47 | 28.57 | 28.57 |
| T84 | J81 | J82 | 10.91 | 102 | 0.42 | PVC | 7.5 | 3335.88 | 3334.82 | 18.27 | 2.24 | 32.52 | 29.21 | 29.21 |
| T85 | J82 | J364 | 17.23 | 102 | 0.39 | PVC | 7.5 | 3334.82 | 3333.47 | 13.77 | 1.69 | 33.88 | 30.17 | 30.17 |
| T86 | J364 | J83 | 12.19 | 102 | 0.18 | PVC | 7.5 | 3333.47 | 3332.12 | 10.67 | 1.31 | 35.23 | 31.35 | 31.35 |
| T87 | J83 | J84 | 12.59 | 102 | 0.18 | PVC | 7.5 | 3332.12 | 3331.10 | 10.67 | 1.31 | 36.25 | 32.18 | 32.18 |
| T88 | J84 | J85 | 10.42 | 102 | 0.08 | PVC | 7.5 | 3331.10 | 3330.27 | 7.49 | 0.92 | 37.08 | 32.93 | 32.93 |
| T89 | J85 | J86 | 14.86 | 102 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3330.27 | 3329.07 | 1.20 | 0.15 | 38.28 | 34.13 | 34.13 |
| T90 | J86 | J365 | 14.24 | 102 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3329.07 | 3327.72 | 1.20 | 0.15 | 39.63 | 35.48 | 35.48 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | DIAM. Tub. mm | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Veloc (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | Max | Min | F(x) Turno |
| T91 | J365 | VP3 | 9.51 | 102 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3327.72 | 3327.17 | 0.00 | 0.00 | 40.18 | 36.03 | 36.03 |
| T92 | J78 | J88 | 51.70 | 85.6 | 0.74 | PVC | 5 | 3349.30 | 3342.17 | 6.65 | 1.16 | 25.18 | 22.80 | 22.80 |
| T93 | J88 | H-34 | 42.22 | 58.4 | 2.29 | PVC | 7.5 | 3342.17 | 3332.48 | 5.03 | 1.88 | 34.86 | 30.20 | 30.20 |
| T94 | H-34 | VP4 | 33.21 | 58.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3332.48 | 3325.72 | 0.00 | 0.00 | 41.63 | 36.97 | 36.97 |
| T95 | J88 | H-35 | 61.86 | 58.4 | 0.45 | PVC | 10 | 3342.17 | 3335.57 | 1.62 | 0.61 | 31.77 | 28.95 | 28.95 |
| T96 | H-34 | H-36 | 57.35 | 58.4 | 0.46 | PVC | 10 | 3332.48 | 3329.97 | 1.73 | 0.65 | 37.37 | 32.25 | 32.25 |
| T97 | H-34 | H-37 | 61.76 | 38.4 | 3.40 | PVC | 10 | 3332.48 | 3323.00 | 1.65 | 1.42 | 44.34 | 36.28 | 36.28 |
| T98 | J78 | H-38 | 15.36 | 58.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3349.30 | 3350.12 | 0.00 | 0.00 | 17.23 | 15.59 | 15.59 |
| T99 | H-38 | H-39 | 50.00 | 44.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3350.12 | 3349.99 | 0.00 | 0.00 | 17.36 | 15.72 | 15.72 |
| T100 | J79 | H-40 | 23.49 | 71.2 | 0.09 | PVC | 7.5 | 3345.40 | 3346.10 | 1.93 | 0.49 | 21.24 | 19.33 | 19.33 |
| T101 | H-40 | H-41 | 50.00 | 44.4 | 0.54 | PVC | 7.5 | 3346.10 | 3345.35 | 0.97 | 0.63 | 22.00 | 19.54 | 19.54 |
| T102 | J80 | H-42 | 11.27 | 102 | 0.03 | PVC | 7.5 | 3340.13 | 3339.26 | 3.99 | 0.49 | 28.09 | 25.62 | 25.62 |
| T103 | H-42 | H-43 | 18.00 | 83.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 3339.26 | 3337.58 | 3.57 | 0.65 | 29.77 | 27.21 | 27.21 |
| T104 | H-43 | H-44 | 18.00 | 83.4 | 0.08 | PVC | 7.5 | 3337.58 | 3335.72 | 3.14 | 0.58 | 31.62 | 28.99 | 28.99 |
| T105 | H-44 | H-45 | 18.00 | 69.4 | 0.14 | PVC | 7.5 | 3335.72 | 3333.71 | 2.70 | 0.71 | 33.64 | 30.86 | 30.86 |
| T106 | H-45 | H-46 | 18.00 | 69.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 3333.71 | 3331.54 | 2.25 | 0.59 | 35.81 | 32.92 | 32.92 |
| T107 | H-46 | H-47 | 18.00 | 58.4 | 0.16 | PVC | 7.5 | 3331.54 | 3328.73 | 1.80 | 0.67 | 38.61 | 35.58 | 35.58 |
| T108 | H-47 | H-48 | 18.00 | 44.4 | 0.35 | PVC | 7.5 | 3328.73 | 3325.57 | 1.35 | 0.87 | 41.78 | 38.39 | 38.39 |
| T109 | H-48 | H-49 | 18.00 | 29.4 | 1.21 | PVC | 7.5 | 3325.57 | 3322.72 | 0.90 | 1.33 | 44.62 | 40.03 | 40.03 |
| T110 | H-49 | H-50 | 18.00 | 29.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3322.72 | 3318.87 | 0.45 | 0.66 | 48.48 | 43.53 | 43.53 |
| T111 | H-50 | J107 | 20.89 | 29.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3318.87 | 3314.84 | 0.00 | 0.00 | 52.51 | 47.55 | 47.55 |
| T112 | J82 | H-52 | 11.37 | 102 | 0.04 | PVC | 7.5 | 3334.82 | 3333.64 | 4.50 | 0.55 | 33.70 | 30.36 | 30.36 |
| T113 | H-52 | H-53 | 18.00 | 83.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 3333.64 | 3331.62 | 4.05 | 0.74 | 35.72 | 32.25 | 32.25 |
| T114 | H-53 | H-54 | 18.00 | 83.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 3331.62 | 3329.58 | 3.60 | 0.66 | 37.77 | 34.20 | 34.20 |
| T115 | H-54 | H-55 | 18.00 | 83.4 | 0.08 | PVC | 7.5 | 3329.58 | 3328.25 | 3.15 | 0.58 | 39.10 | 35.46 | 35.46 |
| T116 | H-55 | H-56 | 18.00 | 69.4 | 0.14 | PVC | 7.5 | 3328.25 | 3327.09 | 2.70 | 0.71 | 40.26 | 36.48 | 36.48 |
| T117 | H-56 | H-57 | 18.00 | 69.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 3327.09 | 3325.82 | 2.25 | 0.59 | 41.53 | 37.64 | 37.64 |
| T118 | H-57 | H-58 | 18.00 | 44.4 | 0.58 | PVC | 7.5 | 3325.82 | 3325.00 | 1.80 | 1.16 | 42.35 | 37.89 | 37.89 |
| T119 | H-58 | H-59 | 18.00 | 44.4 | 0.35 | PVC | 7.5 | 3325.00 | 3323.39 | 1.35 | 0.87 | 43.96 | 39.15 | 39.15 |
| T120 | H-59 | H-60 | 18.00 | 29.4 | 1.21 | PVC | 7.5 | 3323.39 | 3321.35 | 0.90 | 1.33 | 46.00 | 39.98 | 39.98 |
| T121 | H-60 | H-61 | 18.00 | 29.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3321.35 | 3315.37 | 0.45 | 0.66 | 51.97 | 45.59 | 45.59 |

| ID PIPES | TRAMO | | Long (m) | DIAM. Tub. mm | Hf (m) | Material | Clase | COTAS | | CAUDAL L/s | Veloc (m/s) | Presión (mca) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | INICIAL | FINAL | | | Max | Min | F(x) Turno |
| T122 | J84 | H-68 | 18.74 | 83.4 | 0.08 | PVC | 7.5 | 3331.10 | 3328.98 | 3.18 | 0.58 | 38.37 | 34.22 | 34.22 |
| T123 | H-68 | H-69 | 18.00 | 83.4 | 0.06 | PVC | 7.5 | 3328.98 | 3327.20 | 2.73 | 0.50 | 40.14 | 35.94 | 35.94 |
| T124 | H-69 | H-70 | 18.00 | 69.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 3327.20 | 3325.46 | 2.28 | 0.60 | 41.89 | 37.58 | 37.58 |
| T125 | H-70 | H-71 | 18.00 | 58.4 | 0.16 | PVC | 7.5 | 3325.46 | 3323.91 | 1.83 | 0.68 | 43.43 | 38.96 | 38.96 |
| T126 | H-71 | H-72 | 18.00 | 58.4 | 0.10 | PVC | 7.5 | 3323.91 | 3323.13 | 1.38 | 0.52 | 44.22 | 39.65 | 39.65 |
| T127 | H-72 | H-73 | 18.00 | 44.4 | 0.18 | PVC | 7.5 | 3323.13 | 3322.77 | 0.93 | 0.60 | 44.58 | 39.83 | 39.83 |
| T128 | H-73 | H-74 | 18.00 | 29.4 | 0.40 | PVC | 7.5 | 3322.77 | 3321.19 | 0.48 | 0.71 | 46.16 | 41.01 | 41.01 |
| T129 | H-74 | H-75 | 18.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3321.19 | 3320.01 | 0.00 | 0.00 | 47.33 | 42.19 | 42.19 |
| T130 | J85 | H-76 | 170.03 | 83.4 | 0.71 | PVC | 7.5 | 3330.27 | 3317.85 | 3.10 | 0.57 | 49.50 | 44.65 | 44.65 |
| T131 | H-76 | H-77 | 18.00 | 69.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 3317.85 | 3316.65 | 2.48 | 0.66 | 50.70 | 45.73 | 45.73 |
| T132 | H-77 | H-78 | 18.00 | 58.4 | 0.17 | PVC | 7.5 | 3316.65 | 3315.01 | 1.86 | 0.69 | 52.34 | 47.20 | 47.20 |
| T133 | H-78 | H-79 | 18.00 | 44.4 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3315.01 | 3315.01 | 1.24 | 0.80 | 52.34 | 46.91 | 46.91 |
| T134 | H-79 | H-80 | 18.00 | 29.4 | 0.63 | PVC | 7.5 | 3315.01 | 3315.01 | 0.62 | 0.91 | 52.34 | 46.28 | 46.28 |
| T135 | H-80 | VP5 | 20.95 | 29.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3315.01 | 3315.00 | 0.00 | 0 | 52.34 | 46.28 | 46.28 |
| T401 | J362 | H-51 | 9.69 | 58.4 | 0.11 | PVC | 7.5 | 3341.60 | 3341.60 | 2.11 | 0.787744 | 25.75 | 23.32 | 23.32 |
| T402 | H-51 | H-62 | 36.00 | 58.4 | 0.20 | PVC | 7.5 | 3341.60 | 3341.38 | 1.40 | 0.52 | 25.97 | 23.34 | 23.34 |
| T403 | H-62 | H-63 | 36.00 | 29.4 | 1.55 | PVC | 10 | 3341.38 | 3340.25 | 0.70 | 1.03 | 27.10 | 22.92 | 22.92 |
| T404 | J363 | H-64 | 9.71 | 58.4 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3336.76 | 3337.46 | 2.25 | 0.84 | 29.89 | 27.16 | 27.16 |
| T405 | H-64 | H-65 | 36.00 | 58.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3337.46 | 3338.23 | 1.49 | 0.56 | 29.12 | 26.17 | 26.17 |
| T406 | H-65 | H-66 | 36.00 | 29.4 | 1.73 | PVC | 10 | 3338.23 | 3336.66 | 0.74 | 1.10 | 30.69 | 26.00 | 26.00 |
| T407 | J364 | H-67 | 9.72 | 58.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3333.47 | 3333.97 | 3.11 | 1.16 | 33.38 | 29.45 | 29.45 |
| T408 | H-67 | H-81 | 36.00 | 58.4 | 0.49 | PVC | 7.5 | 3333.97 | 3334.80 | 2.31 | 0.86 | 32.55 | 28.13 | 28.13 |
| T409 | H-81 | H-82 | 36.00 | 44.4 | 0.88 | PVC | 7.5 | 3334.80 | 3334.69 | 1.54 | 0.99 | 32.66 | 27.36 | 27.36 |
| T410 | H-82 | H-244 | 36.00 | 29.4 | 1.86 | PVC | 10 | 3334.69 | 3332.08 | 0.77 | 1.14 | 35.27 | 28.12 | 28.12 |
| T411 | J85 | H-245 | 7.63 | 58.4 | 0.18 | PVC | 7.5 | 3330.27 | 3330.90 | 3.19 | 1.19 | 36.45 | 32.12 | 32.12 |
| T412 | H-245 | H-246 | 36.00 | 58.4 | 0.52 | PVC | 7.5 | 3330.90 | 3331.43 | 2.39 | 0.89 | 35.92 | 31.07 | 31.07 |
| T413 | H-246 | H-247 | 36.00 | 44.4 | 0.93 | PVC | 7.5 | 3331.43 | 3331.48 | 1.59 | 1.03 | 35.87 | 30.10 | 30.10 |
| T414 | H-247 | H-248 | 36.00 | 29.4 | 1.91 | PVC | 10 | 3331.48 | 3330.62 | 0.79 | 1.16 | 36.73 | 29.05 | 29.05 |
| T415 | J365 | H-249 | 26.35 | 44.4 | 0.41 | PVC | 7.5 | 3327.72 | 3328.07 | 1.20 | 0.78 | 39.28 | 34.71 | 34.71 |
| T416 | H-249 | H-250 | 36.00 | 44.4 | 0.28 | PVC | 7.5 | 3328.07 | 3326.41 | 0.80 | 0.52 | 40.94 | 36.10 | 36.10 |
| T417 | H-250 | H-251 | 36.00 | 29.4 | 0.58 | PVC | 10 | 3326.41 | 3326.24 | 0.40 | 0.59 | 41.11 | 35.68 | 35.68 |

# SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION LIMEÑA

# SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION CHUSPIYOC

**SISTEMA DE RIEGO LIMEÑA - TURNO 1**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T348 | J320 | H-220 | 64.17 | 104.6 | 0.53 | PVC | 5 | 3259.70 | 3233.42 | 8.36 | 0.97 | 42.11 |
| T351 | J334 | H-221 | 64.15 | 58.4 | 2.31 | PVC | 7.5 | 3228.87 | 3224.51 | 4.00 | 1.49 | 46.43 |
| T354 | H-220 | H-222 | 38.79 | 29.4 | 0.63 | PVC | 7.5 | 3233.42 | 3232.58 | 0.40 | 0.59 | 42.32 |
| T355 | J333 | H-223 | 5.08 | 29.4 | 0.08 | PVC | 10 | 3232.83 | 3233.48 | 0.40 | 0.59 | 41.67 |
| T356 | J334 | H-224 | 28.80 | 44.4 | 0.73 | PVC | 7.5 | 3228.87 | 3229.68 | 1.58 | 1.02 | 42.83 |
| T357 | J334 | H-225 | 30.84 | 44.4 | 0.79 | PVC | 7.5 | 3228.87 | 3227.29 | 1.58 | 1.02 | 45.18 |
| T358 | H-221 | H-226 | 27.50 | 44.4 | 0.2 | PVC | 7.5 | 3224.51 | 3225.42 | 0.80 | 0.52 | 45.31 |
| T359 | H-221 | H-227 | 27.50 | 44.4 | 0.2 | PVC | 7.5 | 3224.51 | 3222.72 | 0.80 | 0.52 | 48.01 |
| T360 | J336 | H-228 | 26.09 | 44.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3220.93 | 3222.82 | 0.80 | 0.52 | 47.85 |
| T361 | J336 | H-229 | 26.91 | 29.4 | 1.47 | PVC | 10 | 3229.93 | 3220.80 | 0.80 | 1.16 | 48.41 |

**SISTEMA DE RIEGO LIMEÑA - TURNO 2**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T339 | J322 | H-219 | 21.21 | 152 | 0.00 | PVC | 5 | 3244.49 | 3241.25 | 0.00 | 0.00 | 36.36 |
| T362 | J321 | H-230 | 90.11 | 102 | 0.66 | PVC | 7.5 | 3250.87 | 3227.40 | 7.30 | 0.89 | 49.55 |
| T363 | H-230 | H-231 | 60.00 | 58.4 | 1.23 | PVC | 7.5 | 3227.40 | 3227.34 | 2.92 | 1.09 | 48.38 |
| T364 | H-231 | H-232 | 60.00 | 44.4 | 1.33 | PVC | 7.5 | 3227.34 | 3226.37 | 1.46 | 0.94 | 48.02 |
| T373 | H-230 | H-241 | 46.72 | 83.4 | 0.17 | PVC | 7.5 | 3227.40 | 3227.24 | 2.92 | 0.53 | 49.54 |
| T374 | H-240 | H-239 | 60.00 | 44.4 | 1.33 | PVC | 7.5 | 3227.06 | 3226.30 | 1.46 | 0.94 | 47.92 |
| T375 | H-241 | H-240 | 60.00 | 58.4 | 1.23 | PVC | 7.5 | 3227.24 | 3227.06 | 2.92 | 1.09 | 48.48 |

**SISTEMA DE RIEGO LIMEÑA - TURNO 3**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T362 | J321 | H-230 | 90.11 | 102 | 0.66 | PVC | 7.5 | 3250.87 | 3227.40 | 7.30 | 0.89 | 50.32 |
| T365 | H-230 | H-233 | 60.00 | 44.4 | 4.57 | PVC | 7.5 | 3227.40 | 3226.06 | 2.92 | 1.59 | 47.09 |
| T366 | H-233 | H-234 | 60.00 | 44.4 | 1.33 | PVC | 7.5 | 3226.06 | 3225.94 | 1.46 | 0.94 | 48.66 |
| T373 | H-230 | H-241 | 46.72 | 83.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3227.40 | 3227.24 | 4.38 | 0.80 | 50.12 |
| T376 | H-241 | H-242 | 60.00 | 44.4 | 4.57 | PVC | 7.5 | 3227.24 | 3226.06 | 2.92 | 1.59 | 46.78 |
| T377 | H-242 | H-243 | 60.00 | 44.4 | 1.33 | PVC | 7.5 | 3226.06 | 3225.94 | 1.46 | 0.94 | 48.52 |

**SISTEMA DE RIEGO LIMEÑA - TURNO 4**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T368 | J351 | H-235 | 25.00 | 58.4 | 1.27 | PVC | 7.5 | 3228.82 | 3229.42 | 4.85 | 1.81 | 48.74 |
| T369 | H-235 | H-236 | 53.14 | 58.4 | 1.38 | PVC | 7.5 | 3229.42 | 3233.75 | 3.24 | 1.21 | 43.10 |
| T370 | H-237 | H-236 | 50.20 | 58.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3224.78 | 3233.75 | -1.62 | 0.60 | 43.10 |
| T371 | J351 | H-238 | 25.00 | 44.4 | 0.67 | PVC | 7.5 | 3228.82 | 3228.04 | 1.62 | 1.05 | 50.72 |
| T372 | VP9 | H-238 | 14.50 | 44.4 | 0.00 | PVC | 7.5 | 3227.51 | 3228.04 | 0.00 | 0.00 | 50.72 |

**SISTEMA DE RIEGO CHUSPIYOC - TURNO 1**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T39 | J38 | H-4 | 60.35 | 148.4 | 0.53 | PVC | 7.5 | 3226.84 | 3224.96 | 22.10 | 1.28 | 45.65 |
| T305 | J38 | H-198 | 34.37 | 58.4 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3226.84 | 3228.62 | 1.80 | 0.67 | 42.22 |
| T306 | H-198 | H-199 | 46.06 | 44.4 | 0.44 | PVC | 7.5 | 3228.62 | 3228.75 | 0.90 | 0.58 | 41.66 |
| T307 | J38 | H-200 | 21.53 | 83.4 | 0.40 | PVC | 7.5 | 3226.84 | 3225.84 | 7.20 | 1.32 | 44.91 |
| T308 | H-200 | H-201 | 46.88 | 83.4 | 0.59 | PVC | 7.5 | 3225.84 | 3223.69 | 5.80 | 1.06 | 46.46 |
| T309 | H-201 | H-202 | 46.94 | 58.4 | 2.00 | PVC | 7.5 | 3223.69 | 3221.51 | 4.40 | 1.64 | 46.64 |
| T310 | H-202 | H-203 | 67.01 | 58.4 | 0.70 | PVC | 7.5 | 3221.51 | 3221.16 | 2.00 | 0.75 | 46.29 |
| T311 | H-203 | H-204 | 58.34 | 44.4 | 0.66 | PVC | 7.5 | 3221.16 | 3222.00 | 1.00 | 0.65 | 44.79 |
| T312 | H-202 | H-205 | 24.06 | 29.4 | 1.95 | PVC | 10 | 3221.51 | 3220.42 | 1.00 | 1.47 | 45.78 |
| T314 | J39 | H-206 | 27.97 | 44.4 | 0.26 | PVC | 7.5 | 3224.96 | 3226.52 | 0.90 | 0.58 | 43.83 |
| T315 | J40 | H-207 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.95 | 3.30 | 1.23 | 48.15 |
| T316 | H-207 | H-208 | 60.00 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.95 | 3225.17 | 1.65 | 0.62 | 43.48 |
| T317 | J40 | H-209 | 29.81 | 58.4 | 0.76 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 49.10 |
| T318 | H-209 | H-210 | 57.65 | 58.4 | 0.43 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.88 | 1.65 | 0.62 | 47.79 |
| T319 | J41 | H-211 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 48.89 |
| T320 | H-211 | H-212 | 60.00 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3223.13 | 1.65 | 0.62 | 45.32 |
| T321 | J41 | H-213 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 48.89 |
| T322 | H-213 | H-214 | 59.91 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3221.04 | 1.65 | 0.62 | 47.40 |
| T323 | J42 | H-215 | 30.00 | 58.4 | 0.77 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 48.52 |
| T324 | H-215 | H-216 | 60.00 | 58.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 1.65 | 0.62 | 48.08 |
| T325 | J42 | H-217 | 32.88 | 58.4 | 0.84 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3220.00 | 3.30 | 1.23 | 48.45 |
| T326 | H-217 | H-218 | 57.59 | 58.4 | 0.43 | PVC | 7.5 | 3220.00 | 3221.06 | 1.65 | 0.62 | 46.97 |

**SISTEMA DE RIEGO CHUSPIYOC - TURNO 2**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T30 | J31 | H-3 | 43.42 | 148.4 | 0.39 | PVC | 7.5 | 3284.17 | 3276.49 | 22.40 | 1.30 | 49.61 |
| T63 | J162 | H-21 | 83.00 | 29.4 | 4.94 | PVC | 10 | 3317.05 | 3298.00 | 0.83 | 1.22 | 72.12 |
| T66 | J164 | H-23 | 43.10 | 29.4 | 1.63 | PVC | 10 | 3310.12 | 3296.67 | 0.65 | 0.96 | 73.21 |
| T73 | J12 | H-29 | 279.39 | 69.4 | 6.83 | PVC | 7.5 | 3273.23 | 3225.59 | 5.12 | 1.35 | 44.74 |
| T74 | H-29 | H-30 | 54.45 | 58.4 | 0.88 | PVC | 7.5 | 3225.99 | 3224.08 | 2.56 | 0.96 | 45.76 |
| T229 | J231 | H-145 | 32.71 | 22.9 | 7.18 | PVC | 10 | 3264.55 | 3258.14 | 0.58 | 2.14 | 48.72 |
| T231 | J227 | H-146 | 12.56 | 44.4 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3265.19 | 3265.01 | 1.53 | 0.99 | 3.80 |
| T232 | J228 | H-147 | 16.77 | 44.4 | 0.38 | PVC | 7.5 | 3263.92 | 3262.44 | 1.53 | 0.99 | 32.29 |
| T233 | J229 | H-148 | 16.14 | 29.4 | 1.31 | PVC | 10 | 3281.94 | 3279.10 | 1.00 | 1.47 | 40.73 |
| T234 | J229 | H-149 | 31.53 | 29.4 | 5.44 | PVC | 10 | 3281.94 | 3275.55 | 1.53 | 2.25 | 37.22 |
| T235 | J230 | H-150 | 18.49 | 29.4 | 1.50 | PVC | 10 | 3272.52 | 3270.89 | 1.00 | 1.47 | 48.50 |
| T236 | J230 | H-151 | 30.18 | 29.4 | 1.95 | PVC | 10 | 3272.52 | 3267.89 | 0.68 | 1.00 | 49.04 |
| T237 | J231 | H-152 | 16.86 | 29.4 | 1.37 | PVC | 10 | 3264.55 | 3263.49 | 1.00 | 1.47 | 49.19 |
| T238 | J231 | H-153 | 35.07 | 29.4 | 2.77 | PVC | 10 | 3264.55 | 3262.64 | 0.68 | 1.00 | 49.13 |
| T239 | J23 | H-154 | 27.90 | 44.4 | 2.23 | PVC | 7.5 | 3285.10 | 3288.68 | 3.00 | 1.94 | 38.40 |
| T240 | H-154 | H-155 | 50.95 | 29.4 | 4.13 | PVC | 10 | 3288.68 | 3272.59 | 1.00 | 1.47 | 48.37 |
| T241 | H-154 | H-156 | 48.12 | 44.4 | 0.56 | PVC | 7.5 | 3288.68 | 3280.46 | 1.00 | 0.65 | 44.06 |
| T242 | J31 | H-157 | 29.99 | 22.9 | 8.02 | PVC | 10 | 3284.17 | 3273.86 | 1.00 | 2.43 | 44.81 |
| T243 | J33 | H-158 | 2.82 | 44.4 | 0.06 | PVC | 7.5 | 3252.88 | 3252.53 | 1.40 | 0.90 | 41.97 |
| T244 | H-158 | H-159 | 60.00 | 58.4 | 0.73 | PVC | 7.5 | 3252.53 | 3252.43 | 0.70 | 0.60 | 41.34 |
| T245 | J34 | H-160 | 27.65 | 44.4 | 1.07 | PVC | 7.5 | 3245.29 | 3245.09 | 2.00 | 1.29 | 48.07 |
| T246 | H-160 | H-161 | 50.00 | 44.4 | 0.57 | PVC | 7.5 | 3245.09 | 3245.93 | 1.00 | 0.65 | 46.65 |
| T247 | J35 | H-162 | 26.60 | 44.4 | 2.38 | PVC | 7.5 | 3236.98 | 3238.90 | 3.20 | 2.07 | 52.65 |
| T248 | H-162 | H-163 | 50.72 | 44.4 | 2.33 | PVC | 7.5 | 3238.90 | 3240.62 | 2.20 | 1.42 | 48.60 |
| T249 | H-163 | H-164 | 51.45 | 44.4 | 0.81 | PVC | 7.5 | 3240.62 | 3241.05 | 1.20 | 0.78 | 47.37 |
| T250 | H-164 | H-165 | 50.06 | 58.4 | 0.46 | PVC | 7.5 | 3241.05 | 3238.24 | 0.60 | 0.52 | 48.71 |
| T252 | J254 | H-166 | 15.62 | 102 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3228.05 | 3228.23 | 7.91 | 0.96 | 44.83 |
| T253 | H-166 | H-167 | 21.00 | 102 | 0.17 | PVC | 7.5 | 3228.23 | 3228.53 | 4.65 | 0.57 | 44.46 |
| T255 | J254 | H-168 | 5.38 | 59.4 | 0.04 | PVC | 10 | 3228.05 | 3228.00 | 6.99 | 0.90 | 45.14 |
| T256 | H-167 | H-173 | 21.17 | 59.4 | 0.15 | PVC | 7.5 | 3228.53 | 3227.57 | 4.25 | 0.78 | 45.27 |
| T257 | H-168 | H-169 | 21.00 | 83.4 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3228.00 | 3227.90 | 3.81 | 0.70 | 45.12 |
| T258 | H-168 | H-171 | 21.17 | 59.4 | 0.17 | PVC | 7.5 | 3228.00 | 3227.00 | 2.78 | 0.74 | 45.97 |
| T259 | H-169 | H-170 | 21.00 | 44.4 | 0.25 | PVC | 7.5 | 3227.90 | 3227.79 | 1.03 | 0.66 | 44.97 |
| T260 | H-169 | H-176 | 21.17 | 59.4 | 0.13 | PVC | 7.5 | 3227.90 | 3226.87 | 2.38 | 0.63 | 46.02 |
| T261 | H-170 | H-177 | 21.17 | 44.4 | 0.11 | PVC | 7.5 | 3227.79 | 3226.78 | 0.63 | 0.41 | 45.88 |
| T262 | H-171 | H-172 | 21.00 | 29.4 | 0.09 | PVC | 10 | 3227.00 | 3227.26 | 0.18 | 0.26 | 45.62 |
| T263 | H-171 | H-178 | 19.79 | 44.4 | 0.55 | PVC | 7.5 | 3227.00 | 3226.08 | 1.65 | 1.07 | 46.35 |
| T265 | H-172 | H-179 | 19.79 | 44.4 | 0.29 | PVC | 7.5 | 3227.26 | 3226.37 | 1.15 | 0.74 | 46.22 |
| T266 | H-173 | H-174 | 21.00 | 83.4 | 0.15 | PVC | 7.5 | 3227.57 | 3227.38 | 4.20 | 0.77 | 44.80 |
| T267 | H-173 | H-180 | 19.79 | 44.4 | 0.24 | PVC | 7.5 | 3227.57 | 3226.69 | 1.04 | 0.67 | 45.90 |
| T273 | H-176 | H-183 | 19.79 | 44.4 | 0.50 | PVC | 7.5 | 3226.87 | 3225.91 | 1.57 | 1.01 | 46.48 |
| T274 | H-177 | H-184 | 19.79 | 44.4 | 0.31 | PVC | 7.5 | 3226.78 | 3225.81 | 1.19 | 0.77 | 46.54 |
| T276 | H-178 | H-185 | 20.00 | 44.4 | 0.31 | PVC | 7.5 | 3226.08 | 3225.16 | 1.19 | 0.77 | 46.96 |
| T278 | H-179 | H-186 | 20.00 | 29.4 | 0.44 | PVC | 10 | 3226.37 | 3225.47 | 0.47 | 0.70 | 46.69 |
| T279 | H-180 | H-181 | 21.00 | 29.4 | 0.08 | PVC | 10 | 3226.69 | 3226.98 | 0.17 | 0.25 | 45.54 |
| T280 | H-180 | H-187 | 21.00 | 29.4 | 0.43 | PVC | 10 | 3226.69 | 3225.81 | 0.47 | 0.69 | 46.36 |
| T281 | H-181 | H-182 | 21.00 | 29.4 | 0.10 | PVC | 10 | 3226.98 | 3227.21 | 0.20 | 0.29 | 45.20 |
| T286 | H-183 | H-190 | 20.00 | 44.4 | 0.30 | PVC | 7.5 | 3225.91 | 3224.94 | 1.17 | 0.76 | 47.15 |
| T287 | H-184 | H-191 | 20.00 | 44.4 | 0.28 | PVC | 7.5 | 3225.81 | 3224.86 | 1.12 | 0.73 | 47.21 |
| T289 | H-185 | H-192 | 21.76 | 29.4 | 1.21 | PVC | 10 | 3225.16 | 3224.17 | 0.81 | 1.19 | 46.73 |
| T291 | H-187 | H-188 | 21.00 | 29.4 | 0.00 | PVC | 10 | 3225.31 | 3226.05 | 0.03 | 0.04 | 46.11 |
| T292 | H-188 | H-189 | 21.00 | 29.4 | 0.01 | PVC | 10 | 3226.05 | 3226.40 | 0.05 | 0.07 | 45.76 |
| T295 | H-190 | H-193 | 21.76 | 29.4 | 1.18 | PVC | 10 | 3224.94 | 3223.91 | 0.80 | 1.18 | 47.00 |
| T296 | H-191 | H-194 | 21.76 | 29.4 | 1.17 | PVC | 10 | 3224.86 | 3223.73 | 0.79 | 1.17 | 47.17 |
| T298 | H-192 | H-195 | 20.99 | 29.4 | 0.34 | PVC | 10 | 3224.17 | 3223.24 | 0.40 | 0.59 | 47.33 |
| T300 | H-193 | H-196 | 20.99 | 29.4 | 0.34 | PVC | 10 | 3223.91 | 3222.93 | 0.40 | 0.59 | 47.63 |
| T301 | H-194 | H-197 | 20.99 | 29.4 | 0.34 | PVC | 10 | 3223.73 | 3222.72 | 0.40 | 0.59 | 47.85 |
| T378 | J264 | H-266 | 21.00 | 58.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3228.10 | 3228.10 | 2.00 | 0.75 | 44.17 |
| T399 | J74 | H-261 | 36.00 | 44.4 | 0.63 | PVC | 7.5 | 3324.08 | 3321.64 | 1.28 | 0.83 | 47.57 |
| T400 | J73 | H-262 | 36.00 | 44.4 | 0.63 | PVC | 7.5 | 3325.99 | 3323.04 | 1.28 | 0.83 | 47.05 |

**SISTEMA DE RIEGO CHUSPIYOC - TURNO 3**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T69 | H-25 | H-26 | 37.56 | 29.4 | 2.14 | PVC | 10 | 3337.00 | 3323.36 | 0.82 | 1.21 | 50.08 |
| T70 | H-25 | H-27 | 58.52 | 29.4 | 3.34 | PVC | 10 | 3337.00 | 3325.40 | 0.82 | 1.21 | 44.83 |
| T71 | H-25 | H-28 | 185.28 | 29.4 | 12.47 | PVC | 10 | 3337.00 | 3304.51 | 0.90 | 1.33 | 56.80 |
| T75 | H-30 | H-31 | 82.25 | 44.4 | 4.74 | PVC | 7.5 | 3324.08 | 3315.00 | 2.50 | 1.61 | 55.51 |
| T76 | H-31 | H-32 | 51.48 | 44.4 | 1.34 | PVC | 7.5 | 3315.00 | 3305.43 | 1.60 | 1.03 | 63.74 |
| T77 | H-32 | H-33 | 32.32 | 29.4 | 1.77 | PVC | 10 | 3305.43 | 3306.03 | 0.80 | 1.18 | 61.38 |
| T150 | J146 | H-86 | 50.95 | 44.4 | 0.66 | PVC | 7.5 | 3338.08 | 3328.83 | 1.08 | 0.70 | 34.97 |
| T152 | J384 | H-87 | 42.93 | 69.4 | 0.23 | PVC | 7.5 | 3334.95 | 3331.62 | 2.16 | 0.57 | 31.98 |
| T153 | H-87 | H-263 | 36.00 | 44.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3331.62 | 3329.96 | 1.08 | 0.70 | 33.37 |
| T154 | J384 | H-264 | 14.05 | 44.4 | 0.16 | PVC | 7.5 | 3334.95 | 3332.59 | 1.00 | 0.65 | 31.27 |
| T155 | J147 | H-88 | 52.44 | 58.4 | 0.71 | PVC | 7.5 | 3312.12 | 3308.02 | 2.32 | 0.87 | 42.22 |
| T156 | H-88 | H-89 | 49.55 | 44.4 | 0.73 | PVC | 7.5 | 3308.02 | 3309.95 | 1.16 | 0.75 | 39.57 |
| T157 | J148 | H-90 | 22.84 | 29.4 | 3.87 | PVC | 10 | 3300.14 | 3298.91 | 1.47 | 2.17 | 42.98 |
| T158 | J149 | H-91 | 26.50 | 29.4 | 0.43 | PVC | 10 | 3299.70 | 3297.74 | 0.40 | 0.59 | 44.55 |
| T159 | J150 | H-92 | 21.21 | 43.4 | 0.81 | PVC | 10 | 3296.71 | 3295.09 | 1.86 | 1.26 | 44.93 |
| T160 | H-92 | H-93 | 34.81 | 43.4 | 0.39 | PVC | 10 | 3295.09 | 3296.68 | 0.93 | 0.83 | 42.95 |
| T161 | J151 | H-94 | 27.14 | 29.4 | 2.20 | PVC | 10 | 3295.68 | 3292.91 | 1.00 | 1.47 | 42.31 |
| T162 | J152 | H-95 | 25.63 | 38 | 1.89 | PVC | 10 | 3293.88 | 3293.97 | 1.88 | 1.67 | 44.25 |
| T163 | J153 | H-96 | 20.75 | 29.4 | 4.10 | PVC | 10 | 3273.22 | 3268.70 | 1.65 | 2.43 | 45.78 |
| T178 | J21 | H-107 | 42.06 | 58.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3344.64 | 3343.76 | 1.75 | 0.65 | 21.15 |
| T179 | H-107 | H-108 | 44.79 | 44.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3343.76 | 3333.97 | 0.95 | 0.69 | 30.47 |
| T190 | H-1 | H-119 | 68.19 | 44.4 | 2.16 | PVC | 7.5 | 3341.95 | 3340.30 | 1.77 | 1.15 | 22.56 |
| T191 | H-119 | H-120 | 45.03 | 29.4 | 3.34 | PVC | 7.5 | 3340.30 | 3326.43 | 0.95 | 1.40 | 33.10 |
| T212 | J25 | H-135 | 47.63 | 83.4 | 3.35 | PVC | 7.5 | 3332.97 | 3324.75 | 15.03 | 2.75 | 36.29 |
| T213 | H-135 | H-136 | 55.09 | 83.4 | 3.61 | PVC | 7.5 | 3324.75 | 3315.49 | 14.45 | 2.65 | 41.94 |
| T214 | H-136 | H-137 | 62.71 | 58.4 | 4.58 | PVC | 7.5 | 3315.49 | 3297.51 | 5.88 | 2.20 | 55.34 |
| T215 | H-137 | H-138 | 63.73 | 22.9 | 11.98 | PVC | 10 | 3297.51 | 3272.63 | 0.82 | 1.99 | 68.24 |
| T217 | H-136 | H-139 | 62.79 | 58.4 | 6.10 | PVC | 7.5 | 3315.49 | 3309.63 | 6.96 | 2.60 | 42.71 |
| T218 | H-139 | H-140 | 33.42 | 58.4 | 1.94 | PVC | 7.5 | 3309.63 | 3301.77 | 5.22 | 1.95 | 47.63 |
| T219 | H-140 | H-141 | 43.20 | 43.4 | 5.02 | PVC | 10 | 3301.77 | 3279.40 | 3.48 | 2.35 | 52.98 |
| T220 | H-141 | H-142 | 52.89 | 29.4 | 11.49 | PVC | 10 | 3291.40 | 3277.89 | 1.74 | 2.56 | 60.00 |
| T222 | H-137 | H-143 | 36.52 | 44.4 | 3.78 | PVC | 7.5 | 3297.51 | 3295.84 | 3.47 | 2.24 | 53.22 |
| T223 | H-143 | H-144 | 41.05 | 38.4 | 2.83 | PVC | 7.5 | 3295.84 | 3293.44 | 1.87 | 1.61 | 52.80 |

**SISTEMA DE RIEGO CHUSPIYOC - TURNO 4**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T21 | H-1 | H-2 | 36.13 | 152 | 0.16 | PVC | 5 | 3341.95 | 3340.30 | 16.03 | 0.88 | 24.23 |
| T59 | J8 | H-16 | 84.53 | 58.4 | 0.47 | PVC | 7.5 | 3376.00 | 3337.23 | 1.40 | 0.52 | 41.67 |
| T60 | H-16 | H-19 | 41.86 | 29.4 | 2.83 | PVC | 10 | 3337.23 | 3332.71 | 0.80 | 1.33 | 43.36 |
| T61 | J9 | H-20 | 123.91 | 44.4 | 8.06 | PVC | 7.5 | 3374.16 | 3324.19 | 2.70 | 1.74 | 46.33 |
| T65 | J64 | H-22 | 55.92 | 29.4 | 7.22 | PVC | 10 | 3310.12 | 3307.36 | 1.30 | 1.91 | 43.66 |
| T67 | J10 | H-24 | 88.42 | 58.4 | 0.79 | PVC | 7.5 | 3373.31 | 3351.59 | 1.81 | 0.66 | 25.91 |
| T68 | H-24 | H-25 | 56.12 | 44.4 | 0.57 | PVC | 7.5 | 3351.58 | 3337.00 | 0.94 | 0.69 | 39.91 |
| T174 | H-103 | H-104 | 44.37 | 69.4 | 1.98 | PVC | 7.5 | 3321.66 | 3313.03 | 7.16 | 1.90 | 43.91 |
| T175 | H-104 | H-105 | 53.83 | 58.4 | 3.01 | PVC | 7.5 | 3313.03 | 3309.08 | 5.12 | 1.91 | 44.84 |
| T176 | H-105 | H-106 | 46.90 | 44.4 | 2.82 | PVC | 7.5 | 3309.08 | 3305.68 | 2.56 | 1.65 | 45.42 |
| T182 | H-110 | H-111 | 49.41 | 104.6 | 0.39 | PVC | 5 | 3328.47 | 3327.71 | 8.16 | 0.95 | 34.64 |
| T183 | H-111 | H-112 | 53.08 | 83.4 | 0.88 | PVC | 7.5 | 3327.77 | 3321.42 | 6.72 | 1.23 | 40.12 |
| T184 | H-112 | H-113 | 49.13 | 58.4 | 2.90 | PVC | 7.5 | 3321.42 | 3313.50 | 5.28 | 1.97 | 45.13 |
| T185 | H-113 | H-114 | 53.16 | 57 | 2.02 | PVC | 10 | 3313.50 | 3302.90 | 3.87 | 1.52 | 53.70 |
| T186 | H-114 | H-115 | 80.15 | 58.4 | 9.00 | PVC | 7.5 | 3302.90 | 3286.41 | 2.46 | 2.12 | 61.20 |
| T187 | H-115 | H-116 | 50.00 | 29.4 | 2.88 | PVC | 10 | 3286.41 | 3280.96 | 0.82 | 1.21 | 63.79 |
| T189 | H-115 | H-118 | 50.00 | 29.4 | 2.86 | PVC | 10 | 3286.41 | 3280.64 | 0.82 | 1.21 | 64.11 |
| T192 | J24 | H-121 | 19.02 | 55.6 | 0.14 | PVC | 5 | 3339.09 | 3338.67 | 4.59 | 0.80 | 25.59 |
| T194 | J186 | H-122 | 54.28 | 44.4 | 0.70 | PVC | 7.5 | 3336.75 | 3326.31 | 1.07 | 0.69 | 36.70 |
| T196 | J186 | H-123 | 55.33 | 44.4 | 3.13 | PVC | 7.5 | 3336.75 | 3329.16 | 2.46 | 1.59 | 31.41 |
| T197 | H-123 | H-124 | 36.01 | 44.4 | 1.25 | PVC | 7.5 | 3329.16 | 3318.38 | 1.88 | 1.21 | 40.94 |
| T198 | J25 | H-125 | 46.62 | 104.6 | 0.57 | PVC | 5 | 3332.97 | 3327.88 | 10.40 | 1.21 | 35.76 |
| T199 | H-125 | H-126 | 46.73 | 102 | 0.49 | PVC | 7.5 | 3327.88 | 3318.77 | 8.96 | 1.10 | 44.38 |
| T200 | H-126 | H-127 | 52.08 | 69.4 | 2.54 | PVC | 7.5 | 3318.77 | 3313.20 | 7.52 | 1.99 | 47.41 |
| T201 | H-127 | H-128 | 49.61 | 69.4 | 1.67 | PVC | 7.5 | 3313.20 | 3305.92 | 6.11 | 1.62 | 53.02 |
| T205 | J207 | H-129 | 53.08 | 43.4 | 1.72 | PVC | 10 | 3295.23 | 3294.27 | 1.70 | 1.15 | 59.14 |
| T206 | H-129 | H-130 | 49.79 | 29.4 | 3.03 | PVC | 10 | 3294.27 | 3290.04 | 0.85 | 1.25 | 60.35 |
| T208 | J205 | H-131 | 18.30 | 44.4 | 0.10 | PVC | 10 | 3300.57 | 3300.01 | 0.65 | 0.42 | 56.34 |
| T209 | J206 | H-132 | 19.01 | 29.4 | 1.16 | PVC | 10 | 3298.23 | 3295.51 | 0.85 | 1.25 | 59.11 |
| T210 | J207 | H-133 | 18.85 | 29.4 | 1.15 | PVC | 10 | 3295.23 | 3293.70 | 0.85 | 1.25 | 60.29 |
| T211 | J207 | H-134 | 15.27 | 29.4 | 0.58 | PVC | 10 | 3295.23 | 3295.47 | 0.65 | 0.96 | 59.08 |

**SISTEMA DE RIEGO CHUSPIYOC - TURNO 5**

| ID PIPES | TRAMO DE | TRAMO A | Long (m) | Diametro mm | Perdida de Carga-Hf (m) | Material | Clase | COTAS INICIAL | COTAS FINAL | Caudal L/s | Veloc (m/s) | Presion (mca) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T20 | J21 | H-1 | 51.60 | 152 | 0.05 | PVC | 5 | 3344.64 | 3341.95 | 6.99 | 0.39 | 24.45 |
| T47 | J5 | H-8 | 111.62 | 71.2 | 4.93 | PVC | 5 | 3378.13 | 3340.24 | 7.62 | 1.91 | 34.97 |
| T48 | H-8 | H-9 | 50.99 | 58.4 | 4.28 | PVC | 7.5 | 3340.24 | 3327.91 | 6.42 | 2.40 | 43.02 |
| T49 | H-9 | H-10 | 62.94 | 44.4 | 4.47 | PVC | 7.5 | 3327.91 | 3313.94 | 2.91 | 1.81 | 52.52 |
| T50 | H-10 | H-11 | 62.97 | 29.4 | 7.06 | PVC | 10 | 3313.94 | 3300.68 | 1.20 | 1.77 | 58.73 |
| T52 | H-8 | H-12 | 43.19 | 29.4 | 2.36 | PVC | 10 | 3340.24 | 3324.41 | 0.80 | 1.18 | 48.44 |
| T53 | H-9 | H-13 | 70.83 | 44.4 | 5.03 | PVC | 7.5 | 3327.91 | 3317.11 | 2.91 | 1.81 | 48.79 |
| T54 | H-13 | H-14 | 75.69 | 29.4 | 8.48 | PVC | 10 | 3317.11 | 3303.81 | 1.20 | 1.77 | 53.81 |
| T138 | J141 | H-83 | 15.12 | 69.4 | 0.12 | PVC | 7.5 | 3346.85 | 3346.53 | 2.74 | 0.73 | 20.02 |
| T139 | H-93 | H-84 | 48.35 | 44.4 | 0.45 | PVC | 7.5 | 3346.53 | 3343.93 | 0.90 | 0.58 | 22.15 |
| T140 | H-93 | H-85 | 52.93 | 44.4 | 0.58 | PVC | 7.5 | 3346.53 | 3339.91 | 0.98 | 0.64 | 26.96 |
| T167 | J166 | H-97 | 10.15 | 43.4 | 0.24 | PVC | 10 | 3344.71 | 3345.97 | 1.42 | 0.96 | 19.98 |
| T168 | J167 | H-98 | 22.66 | 29.4 | 4.19 | PVC | 10 | 3337.30 | 3336.63 | 1.59 | 2.34 | 25.07 |
| T169 | J20 | H-99 | 18.91 | 104.6 | 0.16 | PVC | 5 | 3345.30 | 3344.85 | 8.61 | 1.00 | 21.39 |
| T170 | H-99 | H-100 | 46.77 | 85.6 | 0.75 | PVC | 5 | 3344.85 | 3340.23 | 7.08 | 1.23 | 25.26 |
| T171 | H-100 | H-101 | 50.57 | 85.6 | 0.50 | PVC | 5 | 3340.23 | 3335.35 | 5.42 | 0.94 | 29.64 |
| T172 | H-101 | H-102 | 41.01 | 69.4 | 0.22 | PVC | 7.5 | 3335.35 | 3329.10 | 3.62 | 0.86 | 35.68 |
| T173 | H-102 | H-103 | 40.98 | 58.4 | 0.36 | PVC | 7.5 | 3329.10 | 3321.66 | 1.81 | 0.68 | 42.74 |
| T180 | H-1 | H-109 | 39.88 | 85.6 | 0.39 | PVC | 5 | 3341.95 | 3338.18 | 5.96 | 0.98 | 27.73 |
| T181 | H-109 | H-110 | 45.31 | 69.4 | 0