

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO
PARA LAS ÁREAS VERDES DEL TEMPLO SANTOS DE LOS
ÚLTIMOS DÍAS - AREQUIPA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

RONALD DIEGO YALLE ARCE

LIMA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO
PARA LAS ÁREAS VERDES DEL TEMPLO SANTOS DE LOS
ÚLTIMOS DÍAS-AREQUIPA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. RONALD DIEGO YALLE ARCE

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUÍÑIGO
Presidente

Dr. DAVID RICARDO ASCENCIOS TEMPLO
Asesor

Mg. Sc. JUVENAL VIVIANO GARCÍA ARMAS
Miembro

Ing. ANTONIO CELESTINO ENCISO GUTIÉRREZ
Miembro

Mg. Sc. KAREM BELEN MEZA CAPCHA
Co-Asesor

LIMA – PERU

2021

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su comprensión, esfuerzo y apoyo incondicional.

A mi asesor Dr. David Ricardo Ascencios por compartir su tiempo, conocimientos, consejos y compromiso en la elaboración de esta tesis.

A la empresa Hidroriego Ingenieros SAC por la información brindada.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivo principal	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.1.1. Ayuntamiento de Barcelona, España - parques y jardines	3
2.1.2. Ayuntamiento de Logroño, España –parques y jardines	4
2.1.3. Universidad Nacional Agraria La Molina- áreas verdes	4
2.2. PAISAJISMO URBANO	4
2.2.1. Zonas verdes urbanas.....	5
2.2.2. Ecosistema urbano y áreas verdes	5
2.2.3. Diseño paisajístico	6
2.2.4. Criterios para la selección de especies	6
2.3. NECESIDADES HÍDRICAS DE LAS PLANTAS.....	8
2.3.1. Evapotranspiración de referencia (ET _o).....	9
2.3.2. Coeficiente del paisaje (KL).....	9
2.3.3. Evapotranspiración del paisaje (ETL)	11
2.4. PARÁMETROS DE RIEGO	12
2.4.1. Lámina neta	12
2.4.2. Eficiencia de aplicación (E _a).....	13
2.4.3. Lámina bruta.....	13
2.4.4. Programación del riego.....	13
2.5. SISTEMA DE RIEGO EN ÁREAS VERDES.....	14
2.5.1. Componentes del sistema de riego	14
2.6. PARÁMETROS HIDRÁULICOS	14
2.6.1. Presión y caudal.....	14
2.6.2. Rugosidad relativa en tuberías.....	15
2.6.3. Velocidad de flujo en conductos cerrados.....	15
2.6.4. Pérdida de carga en tuberías	16
2.6.5. Pérdida de carga en accesorios	17
2.6.6. Diámetro de tuberías.....	17

2.6.7.	Proceso de presurización	18
2.6.8.	Simulación hidráulica mediante el software WaterCAD	20
2.7.	AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO	20
2.7.1.	Componentes de la automatización	21
2.7.2.	Tipos de automatización	21
2.8.	AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE UN CONTROLADOR MONOCABLE Y DECODIFICADORES.....	25
2.8.1.	Fuente de energía.....	25
2.8.2.	Programación del riego mediante el controlador.....	25
2.8.3.	Controlador ESP-LXD	26
2.8.4.	Ruta monocable (dos hilos)-conexión estrella.....	28
2.8.5.	Electroválvulas serie PGA modelos 100, 150 Y 200	29
2.8.6.	Decodificadores	30
2.8.7.	Sensores	33
2.9.	SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL	35
2.9.1.	La telemetría	35
2.9.2.	Internet de las cosas	35
2.9.3.	Comunicación mediante el internet	36
2.9.4.	Computación en la nube	38
2.10.	TELECONTROL DEL RIEGO MEDIANTE EL SISTEMA IQ.....	39
2.10.1.	Principales funcionalidades del sistema	39
2.10.2.	Cartucho de comunicaciones de red IQ (IQ-NCC)	40
2.10.3.	Tipos de controladores de satélites IQ.....	41
2.10.4.	Componentes del cartucho de comunicaciones de red IQ (IQ-NCC)	42
2.10.5.	Software configurador de NCC	42
2.10.6.	Controles e indicadores del NCC en el controlador	42
III.	METODOLOGÍA	43
3.1.	UBICACIÓN Y EXTENSION DEL ÁREA DE ESTUDIO	43
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	44
3.2.1.	Materiales	44
3.2.2.	Equipos	44
3.3.	METODOLOGÍA.....	45
3.3.1.	Diseño Paisajístico.....	46
3.3.2.	Diseño agronómico.....	47
3.3.3.	Diseño hidráulico.....	49
3.3.4.	Automatización del sistema de riego.....	54

3.3.5. Telecontrol del riego.....	60
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1. INFORMACIÓN GENERAL	63
4.1.1. Fuente de agua	63
4.1.2. Calidad de agua	63
4.2. NECESIDADES HÍDRICAS DE LAS PLANTAS.....	65
4.2.1. Evapotranspiración de referencia	65
4.2.2. Coeficiente del paisajismo (KL).....	65
4.2.3. Evapotranspiración del paisajismo (ETL).....	66
4.3. DISEÑO PAISAJÍSTICO.....	66
4.3.1. Vegetación empleada.....	66
4.3.2 Zonificación de áreas verdes	72
4.3.2. Plano paisajístico	74
4.4. DEMANDA Y OFERTA DE AGUA	75
4.4.1. Demanda de agua.....	75
4.4.2. Oferta de agua.....	77
4.5. BALANCE HÍDRICO.....	77
4.6. DISEÑO AGRONÓMICO	78
4.6.1. Turnos de riego.....	78
4.6.2. Parámetros de operación.....	81
4.6.3. Precipitación efectiva (Pe).....	84
4.6.4. Hidrozona 1-Riego por aspersion	84
4.6.5. Hidrozona 2 - Riego por goteo	91
4.6.6. Hidrozona 3 - Riego por goteo	95
4.7. DISEÑO HIDRAÚLICO.....	96
4.7.1. Sub unidad de riego	96
4.7.2. Red de conducción.....	102
4.7.3. Cabezal de riego	104
4.7.4. Requerimiento de presión y selección de la bomba	106
4.7.5. Simulación del turno de riego critico	110
4.7.6. Costo energético	113
4.8. SELECCIÓN DEL TIPO DE AUTOMATIAZCIÓN.....	115
4.8.1. Selección del controlador	119
4.9. ENERGIZACIÓN DEL SISTEMA.....	120
4.9.1. Relé de arranque para bomba	120
4.9.2. Conexión de fuente de energía para el controlador	121

4.10.	SENSORES SELECCIONADOS PARA EL SISTEMA DE RIEGO	122
4.10.1.	Sensor de caudal	122
4.10.2.	Sensor de humedad.....	123
4.10.3.	Sensor de lluvia	124
4.11.	DECODIFICADORES SELECCIONADOS	125
4.12.	PROGRAMACIÓN DEL RIEGO MEDIANTE EL CONTROLADOR.....	127
4.12.1.	Configuración de funciones fundamentales	127
4.12.2.	Configuración de programas	130
4.12.3.	Asignación y gestión de caudal a la estación	131
4.12.4.	Comunicación del controlador con los receptores.....	132
4.12.5.	Funcionamiento a nivel de controlador	132
4.13.	TELECONTROL DE RIEGO	132
4.13.1.	Cartucho de comunicaciones de red IQ-NCC-WF.....	132
4.13.2.	Configuración del NCC en el controlador de riego.....	133
4.13.3.	Configuración del software IQ-NCC-WF en el ordenador central.....	134
4.13.4.	Configuración del control de riego en la plataforma IQ.....	136
4.13.5.	Aplicativo móvil.....	142
4.13.6.	Funcionamiento y comunicación del sistema IQ4 Cloud.....	144
4.14.	COMPARATIVOS.....	145
4.14.1.	Automatización vs el sistema manual	145
4.14.2.	Automatización con controlador vs telecontrol.....	149
4.15.	GUÍA DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.....	150
4.15.1.	Operación del sistema de riego.....	151
V.	CONCLUSIONES.....	154
VI.	RECOMENDACIONES.....	155
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	156
VIII.	ANEXOS.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos del factor especie	10
Tabla 2: Rangos de factor de densidad	11
Tabla 3: Rangos del factor microclima	11
Tabla 4: Agua retenida por diferentes suelos	12
Tabla 5: Eficiencia de aplicación según método de riego y grado de manejo.....	13
Tabla 6: Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales	15
Tabla 7: Velocidad media más económica en tuberías según Richter	16
Tabla 8: Diámetros de tuberías a presión NTP 399.002 en pulgadas.....	17
Tabla 9: Diámetros de tuberías a presión NTP ISO 4422 UF en milímetros	18
Tabla 10: Modelo de decodificadores de campo	31
Tabla 11: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	63
Tabla 12: Suelos salinos según su conductividad eléctrica	64
Tabla 13: Datos hidrometeorológicos - Estación Pampilla	64
Tabla 14: Evapotranspiración de referencia mensual.....	65
Tabla 15: Coeficiente del paisajismo (KL)	65
Tabla 16: Evapotranspiración del paisaje por tipo de vegetación	66
Tabla 17: Lista de especies árboles seleccionados	67
Tabla 18: Lista de arbustos seleccionados.....	69
Tabla 19: Lista de herbáceas seleccionados	71
Tabla 20: Lista de tapizantes seleccionados	72
Tabla 21: Zonificación de las áreas verdes por hidrozonas.....	72
Tabla 22: Demanda de agua del césped bajo riego por aspersión	75
Tabla 23: Demanda de agua de la vegetación tipo arbustiva bajo riego por goteo	76
Tabla 24: Demanda total de agua	76
Tabla 25: Oferta de agua	77
Tabla 26: Balance hídrico mensual	78
Tabla 27: Hidrozonas para el sistema de riego.....	80
Tabla 28: Parámetros de operación para la programación del riego	81
Tabla 29: Toberas R-VAN 14, para rociadores de la serie 1800.....	86
Tabla 30: Rendimiento de toberas de la serie 3504.....	87
Tabla 31: Parámetros de operación Tobera N° 2.....	88

Tabla 32: Lámina neta, lámina bruta y frecuencia de riego	89
Tabla 33: Turnos de riego.....	90
Tabla 34: Resultados del diseño agronómico - hidrozona 1.....	91
Tabla 35: Lámina neta y lámina bruta	93
Tabla 36: Turnos de riego.....	94
Tabla 37: Resultados del diseño agronómico - hidrozona 2.....	94
Tabla 38: Resultados diseño agronómico - hidrozona 3.....	95
Tabla 39: caudales de los emisores por válvula	96
Tabla 40: Cálculo de pérdida de carga de la subunidad de riego-válvula 36	98
Tabla 41: Cálculo de la pérdida de carga de la sub unidad de riego- válvula 49	98
Tabla 42: Presiones requeridas en las sub unidades de riego	99
Tabla 43: Inventario de tuberías de las subunidades de riego	100
Tabla 44: Pérdidas de presión de válvulas serie PGA	101
Tabla 45: Cuantificación de la tubería principal	103
Tabla 46: Presiones turnos de riego.....	107
Tabla 47: Diámetros de la red de riego.....	110
Tabla 48: Operación de la bomba para los 17 turnos de riego	113
Tabla 49: Costo energético de bombeo por turnos y por día de operación	114
Tabla 50: Costo energético de bombeo mensual	114
Tabla 51: costo de potencia activa por mes	115
Tabla 52: Costo energético mensual y anual para la bomba con VDF.....	115
Tabla 53: Comparativo general de las tres opciones propuestas	116
Tabla 54: Rango de funcionamiento sugerido del sensor de caudal.....	123
Tabla 55: Intensidad de señal del sensor al interfaz de usuario.....	125
Tabla 56: Modelo de decodificadores	126
Tabla 57: Tiempos de operación por día para los 17 turnos.....	146
Tabla 58: Consumos mensuales de agua	147
Tabla 59: Costos de agua mensual y anual del riego automatizado y manual	148
Tabla 60: Comparativo simulado de automatización con LXD y sistema IQ	149
Tabla 61:Frecuencia de mantenimiento de los componentes del sistema de riego	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de plantas en función de la escala	8
Figura 2: Configuración básica de un variador de frecuencia	19
Figura 3: Componentes de la automatización.....	21
Figura 4: Conexión del cable a la electroválvula	22
Figura 5: Accionamiento mediante mando de operación hidráulico	23
Figura 6: Control del piloto de tres vías	24
Figura 7: Controlador de riego	26
Figura 8: Interacción controlador, decodificador y electroválvula.....	27
Figura 9: Ajustes SEEF/SELF.....	28
Figura 10: Diseño de patrón de estrella de ruta de dos cables.....	29
Figura 11: Vista transversal de la válvula PGA	30
Figura 12: Decodificador FD-101	31
Figura 13: Decodificador de sensor de flujo y meteorológico	32
Figura 14: Decodificador LSP-1 contra descargas eléctricas.....	32
Figura 15: Interfaz del sensor de humedad SMRT-Y.....	33
Figura 16: Sensor de lluvia.....	34
Figura 17: Sensor de Caudal.....	34
Figura 18: La internet de las cosas nació entre el 2008 y 2009	36
Figura 19: Modelo de protocolo TCP/IP	38
Figura 20: Cartucho de comunicaciones de red IQ	41
Figura 21: Satélite directo y sus variantes para la comunicación con la PC	41
Figura 22: Ubicación geográfica del área de estudio	43
Figura 23: Diagrama de flujo de la metodología seguida.....	45
Figura 24: Definición de los parámetros de la bomba.....	51
Figura 25: Flujograma de procesos para la automatización del riego	54
Figura 26: Plano sectorizado y ubicación de elementos para la automatización.....	58
Figura 27: Flujograma de procesos para el telecontrol del riego.	60
Figura 28: Zonificación de la vegetación	73
Figura 29: Plano paisajístico.....	74
Figura 30: Balance hídrico mensual	78
Figura 31: Turnos de riego	79

Figura 32: Precipitación efectiva para fines de operación.....	84
Figura 33: Comportamiento de la tobera R-VAN 14 para un giro de 360°	86
Figura 34: Comportamiento de la tobera N°2 mediante el rotor 3504	88
Figura 35: Rendimiento manguera auto compensada XFD.....	92
Figura 36: Rendimiento de los goteros Xeri -bug	92
Figura 37: Válvula serie PGA mas PRS dial.....	101
Figura 38: Red de tubería principal	103
Figura 39: Válvula de aire trifuncional.....	104
Figura 40: Máximo caudal por elemento filtrante	105
Figura 41: Cabezal de riego.....	106
Figura 42: Curva de la bomba CRNE-32-3 para operación con retrolavado	108
Figura 43: Curva característica de la bomba para operación de turnos de riego.....	109
Figura 44: Punto de operación crítico para sistema por goteo	110
Figura 45: Simulación del turno 12 bajo riego por aspersión	111
Figura 46: Punto de operación del turno 9	112
Figura 47: Punto de operación del turno 17	112
Figura 48: Módulo del decodificador y de la expansión de estaciones.....	119
Figura 49: Módulo relé para control de bomba	120
Figura 50: Parte posterior del controlador LXD.....	121
Figura 51: Alimentación de energía y puesta a tierra.....	121
Figura 52: Protección contra descarga LSP-1 en la ruta monocable.....	122
Figura 53: Sensor de humedad con interfaz de usuario de Rain Bird	124
Figura 54: Conexión entre la interfaz del programador y el controlador LXD.....	125
Figura 55: Decodificador FD-101	125
Figura 56: Conexión FD-101 con el solenoide de la electroválvula	126
Figura 57: Dial del controlador de riego	127
Figura 58: Asistente de configuración.....	127
Figura 59: Tipo de válvula.....	128
Figura 60: Conexión y configuración de la VM.....	128
Figura 61: Dirección del sensor de humedad y tiempo de estabilización	129
Figura 62: Configuración de estaciones (válvulas)	129
Figura 63: Configuración del sensor de caudal	129
Figura 64: Configuración del controlador- activación del programa B.....	130
Figura 65: Hora de inicio de riego y tiempo de riego para la válvula 2	130

Figura 66: Asignación de caudales de las válvulas	131
Figura 67: Configuración para agrupación de turnos	131
Figura 68: Acoplamiento del cartucho NCC-WF.....	132
Figura 69: Configuración del NCC en el controlador de riego.	133
Figura 70: Controlador satélite directo	133
Figura 71: Ventana de configuración	134
Figura 72: Datos proporcionados por el ISP	135
Figura 73: Datos obtenidos a través del CMD del ordenador	135
Figura 74: Configuración del IQ-NCC-WF en el ordenador.....	136
Figura 75: Acceso al IQ4.....	137
Figura 76: Preferencia de perfil	137
Figura 77: Configuración de usuarios	138
Figura 78: Configuración de sitio.....	139
Figura 79: Configuración del controlador	139
Figura 80: Configuración manual del programa	140
Figura 81: Configuración manual del sensor de caudal	141
Figura 82: Configuración manual de la válvula maestra.....	141
Figura 83: Configuración manual de estaciones	142
Figura 84: Sincronización automática y auto recuperación de registros	143
Figura 85: Control de caudal con FloWatch.....	144
Figura 86: Comunicación del IQ Cloud.	145
Figura 87: Comparativo de tiempos de operación de los turnos por día	146
Figura 88: Comparativo de consumos mensuales de agua	148
Figura 89: Comparativo en base al tiempo por modificaciones	150

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Evapotranspiración mediante el <i>software Cropwat 8</i> - Estación la Pampilla...	161
Anexo 2: Especificaciones técnicas de los emisores para aspersión y goteo	162
Anexo 3: Especificaciones técnicas de equipos hidráulicos.....	169
Anexo 4: Topología de la red de tuberías del sistema de riego	171
Anexo 5: Cálculo de pérdida de carga para los turnos de riego	172
Anexo 6: Elementos e indicadores para la automatización	190
Anexo 7: Instalación y configuración del cartucho de comunicación de red IQ-WF	194
Anexo 8: Estructura tarifaria del consumo de energía y agua.....	196
Anexo 9: Plano del diseño paisajístico	198
Anexo 10: Plano del sistema de riego	199

RESUMEN

Con la automatización y telecontrol del riego en el Templo de los Santos de los Últimos Días se busca implementar la tecnología actual en el riego de áreas verdes, también conocida como Internet de las Cosas (IoT), con el fin de optimizar aún más los consumos, tiempos de operación, reducir costos, y obtener mayor autonomía en comparación con los sistemas existentes en el ámbito del riego las áreas verdes urbanas. Este sistema consiste en programar, controlar y monitorear el riego en tiempo real desde una plataforma denominada IQ por Rain Bird. Al ser un servicio basado en la nube, permitirá a los usuarios a través de una cuenta gratuita gestionar el riego desde cualquier lugar y mediante cualquier dispositivo conectado a Internet. La comunicación entre el ordenador central y el controlador LXD estará cubierta por la red WLAN proporcionada por un router del ISP. Esta comunicación es posible gracias al cartucho de comunicaciones de red (NCC-WF) instalado y configurado en el controlador convirtiéndolo en un satélite directo visible a los demás dispositivos. El sistema de riego incluye sensores de caudal, humedad y lluvia con el fin de mejorar el control en el consumo de agua. Además, fue importante para la automatización en su fase previa partir del diseño paisajístico, el cual estuvo orientado al uso estético-utilitario y al requerimiento hídrico similar de 45 especies zonificados en tres hidrozonas; de esta manera junto a la planificación del riego, se logró un diseño paisajístico eficiente en el consumo del agua. Posteriormente se realizó el diseño agronómico, del que se obtuvieron las necesidades de agua y los parámetros de operación para la programación del riego por aspersión y goteo; seguido del diseño hidráulico, que garantizó las presiones y caudales en el sistema a través del análisis de la red mediante el *software* WaterCAD y la selección de la bomba modelo CRNE-32-3 de 7 HP con variador de frecuencia de la marca Grundfos, en respuesta a los diferentes puntos de operación de ambos tipos de riego. En síntesis, la automatización y telecontrol gestionará el riego de forma eficiente y permitirá dar respuestas rápidas ante requerimientos, imprevistos y/o modificaciones que se presenten.

Palabras clave: Automatización del riego, reducción de consumos, telecontrol, áreas verdes, eficiencia.

ABSTRACT

With the automation and remote control of irrigation in the Temple of the Latter Day Saints, we seek to implement current technology in the irrigation of green areas, also known as the Internet of Things (IoT), in order to further optimize consumption, operation times, reduce costs, and obtain greater autonomy compared to existing systems in the field of irrigation of urban green areas. This system consists of programming, controlling and monitoring irrigation in real time from a platform called IQ by Rain Bird. Being a cloud-based service, it will allow users through a free account to manage irrigation from anywhere and through any device connected to the Internet. Communication between the central computer and the LXD controller will be covered by the WLAN network provided by an ISP router. This communication is made possible by the network communications cartridge (NCC-WF) installed and configured in the controller making it a direct satellite visible to the other devices. The irrigation system includes flow, humidity and rain sensors in order to improve control of water consumption. In addition, it was important for the automation in its previous phase to start from the landscape design, which was oriented to the aesthetic-utilitarian use and the similar water requirement of 45 species zoned in three hydrozones; in this way, together with the irrigation planning, an efficient landscape design in water consumption was achieved. Subsequently, the agronomic design was carried out, from which the water needs and operating parameters for programming sprinkler and drip irrigation were obtained; followed by the hydraulic design, which guaranteed the pressures and flow rates in the system through the analysis of the network using WaterCAD software and the selection of the 7 HP pump model CRNE-32-3 with frequency variator of the Grundfos brand, in response to the different operating points of both types of irrigation. In summary, the automation and remote control will manage irrigation efficiently and will allow quick responses to requirements, unforeseen events and/or modifications that may arise.

Keywords: Irrigation automation, consumption reduction, remote control, green areas, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes urbanas son importantes para el desarrollo urbano sostenible y la mejora de la calidad de vida de las personas; más aún en el contexto actual de pandemia por COVID-19, siendo designados por la OMS como espacios imprescindibles por los beneficios que reportan en el bienestar físico y emocional de las personas, además de otros beneficios como la de reducir la contaminación atmosférica, generar oxígeno, regular la temperatura urbana y dar una mejor imagen del entorno (Montero, 2014). Sin embargo, ante la falta de cultura del uso de agua (uso desmedido) y la falta de inversión en la tecnificación y mantenimiento del riego de áreas verdes urbanas sobre todo en zonas donde la escasez de agua es un problema diario, se generan grandes pérdidas de agua y se incurren en mayores costos económicos por el inadecuado mantenimiento. Es en este ámbito que el riego de áreas verdes debe ser llevado a cabo de la forma más eficiente posible, evitando un consumo excesivo de agua, para la conservación de la vegetación y su mantenimiento en condiciones estéticas aceptables (Rodríguez *et al.* 2012). El templo SUD presenta un sistema de riego presurizado operado de forma manual, con este nivel de implementación también se generan excesos en consumos de agua, en cantidad de personal, y en tiempo de operación reflejándose en altos costos en el tiempo.

La automatización y el telecontrol del riego para las áreas verdes se plantea como una alternativa de solución a este problema, pues se trata de un sistema enfocado a la autonomía, al ahorro de tiempo y reducción de consumos. Permite controlar el riego a distancia desde una plataforma alojada en la nube, por medio de un celular u otro dispositivo inteligente con conexión a internet en base a la programación del riego y las condiciones climáticas (García, 2018). En ese contexto, la presente investigación propone la automatización y control de forma remota del riego de 1.3 hectáreas de áreas verdes en el Templo Santos de los Últimos Días en el distrito de Cayma-Arequipa.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo principal

Automatizar y telecontrolar el sistema de riego para las áreas verdes en el Templo Santos de los Últimos Días con sede en la ciudad de Arequipa.

1.1.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el diseño paisajístico de las áreas verdes del proyecto.
- Desarrollar el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por goteo y aspersión.
- Determinar el tipo de automatización (accionamiento) más adecuado considerando como criterio ventajas técnicas y económicas.
- Establecer el telecontrol del riego en las áreas verdes del proyecto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta las ventajas y los beneficios que aporta la automatización y el telecontrol al riego de áreas verdes, son muchas las ciudades de todo el mundo que se han sumado al riego inteligente, convirtiéndose en las denominadas *Smart Cities* (ciudades inteligentes). En nuestro país el sector que más está invirtiendo en riego inteligente es la agricultura, existiendo muchos más proyectos enfocados a este campo. Sin embargo, sea en el sector urbano o agrícola y siendo cada una diferente en su manera de implementación, todas tienen en común la sensorización y el envío de información al centro de control, desde donde se toman las decisiones (García, 2018).

2.1.1. Ayuntamiento de Barcelona, España - parques y jardines

Sin duda, si hay alguna ciudad española implicada en el riego inteligente, esa es Barcelona, pues lleva desde 2014 mejorando el sistema de riego inteligente de la ciudad.

El Ayuntamiento de Barcelona junto con la empresa Logitec han impulsado e implantado un sistema pionero de telegestión del riego, con sensores que controlan de forma remota y automatizada la cantidad de agua necesaria para las plantas de los parques. Para poner en marcha el sistema fue necesario un trabajo previo de inventariado de las especies de cada parque y sus necesidades de agua, la revisión de los sistemas de riego y la instalación de sensores de agua y humedad, soterrados y distribuidos por diferentes puntos de las áreas verdes. Con los datos de los sensores que recogieron información de humedad, salinidad, temperatura, viento y otros aspectos, se regula automáticamente la cantidad de agua a través de un programa que se puede gestionar desde ordenadores y tabletas (Iagua, 2014).

Además, usaron la plataforma abierta *Wonderware* para asegurar la conectividad entre todos los sistemas existentes y futuros, así mismo permitir la visualización de los análisis de la información obtenida en tiempo real. Para 290 ha de áreas verdes en su primera fase, se rebajó hasta un 25 % la factura municipal del agua. Esto permitió un ahorro económico anual de cerca de 425 000 euros (Iagua, 2014).

2.1.2. Ayuntamiento de Logroño, España –parques y jardines

En Logroño se aplica un sistema de gestión inteligente del riego de los parques y jardines de la ciudad, que permite ahorrar consumo de agua y energía eléctrica. En una primera fase se aplicó en once parques de la ciudad, que suponen algo más de la mitad de las zonas verdes y, posteriormente, se trasladó al resto de parques y jardines del centro de la ciudad. Los parques de la primera fase fueron: Valdegastea, Las Gaunas, Río La Calzada, La Guindalera, La Cava, Fardachón, Parque de San Miguel, El Campillo, Parque de la Ribera, las dos fases del Parque del Iregua y Parque de Los Lirios (Iagua, 2015).

La segunda fase se puso en marcha unos años más tarde, en 2016. En esta se extendió el riego inteligente a jardines y parques del centro de la ciudad, además de las medianas de cada calle. Según el ayuntamiento, para las 150 ha de áreas verdes, este nuevo sistema permitió ahorrar más de 300 000 m³ de agua y unos 750 000 kwh en electricidad que se traducen en un ahorro anual de 750 000 euros; además de reducir las emisiones de CO₂ (Paz, 2018).

2.1.3. Universidad Nacional Agraria La Molina- áreas verdes

Las áreas verdes de la UNALM conformado por el césped americano y árboles, presenta un sistema de riego inteligente bajo el soporte técnico de Rain Bird. El proceso evolutivo del riego de las 15.2 ha de áreas verdes de tipo de uso utilitario y paisajístico pasó de un riego por gravedad con una eficiencia de aplicación del 40%, lámina anual neta de 1082 mm/ha y lámina bruta de 2075 mm/ha a un riego por aspersión automatizado y telecontrolado en horas de la noche con conocimiento del requerimiento de las plantas, mostrando una eficiencia de aplicación del 75%, una lámina anual neta de 734 mm/ha y una lámina bruta de 998 mm/ha, reduciendo pérdidas de tiempo en la operación y un ahorro anual de agua del 51.9% (Ascencios, 2021).

2.2. PAISAJISMO URBANO

Según Orellana (2011), el paisaje urbano está compuesto por diferentes presentaciones y espacios conformados por elementos creados por el hombre (edificios, casas, monumentos, etc.) y elementos naturales elegidos por él (áreas verdes, árboles, arbustos, flores, cataratas, fuentes, etc.). El equilibrio estético y funcional entre elementos naturales y artificiales contribuye a elevar la calidad de vida de los pobladores y por lo tanto hacerla más placentera.

2.2.1. Zonas verdes urbanas

Las zonas verdes urbanas, son espacios abiertos que cumplen, para la mayor parte de los ciudadanos un importante servicio ornamental y paisajístico: son agradables a la vista, dan sensación de frescura, permiten el ocio y el esparcimiento. Sin embargo, suelen pasar desapercibidas otras funciones esenciales de las áreas verdes y es que, estos espacios, representan un papel fundamental en la biodiversidad del medio ambiente urbano: sirven de hábitat para la flora y fauna, mejoran el microclima, regulan y aminoran el ruido, mejoran la calidad del aire, disminuyen la contaminación atmosférica. Además, son considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como imprescindibles por los beneficios que reportan en el bienestar físico y emocional de las personas (Montero, 2014).

2.2.2. Ecosistema urbano y áreas verdes

Los ecosistemas urbanos se caracterizan por la presencia de componentes naturales y construidos, cuyas interacciones están influenciadas por procesos naturales (clima, procesos geomorfológicos) pero principalmente por la cultura, la organización social y el comportamiento individual de los habitantes. Estos ecosistemas han sido descritos como un complejo de tres subsistemas: natural, construido y social (Barbosa, Celis, De la Barrera y Reyes, 2018).

La intervención humana es activa, cuando se refiere a la selección y exclusión de especies en un ecosistema urbano así, a diferencia de las áreas naturales, en donde la abundancia y distribución de las especies es determinada por las características geográficas y ecológicas del hábitat tales como la disponibilidad de nutrientes, refugio, o microclima, en los ambientes urbanos las decisiones humanas son predominantes por sobre los factores naturales. Por esta razón, en las ciudades se registra una gran cantidad de plantas ornamentales que no podrían sobrevivir sin una mantención que permita superar las limitaciones ambientales (Barbosa *et al.*, 2018).

Las nuevas tendencias del paisajismo abordan la concepción de los espacios libres a través de una visión más amplia, en la que se incorporan criterios ecológicos. Proyectar con criterios ecológicos consiste en generar estructuras funcionales capaces de desarrollar procesos y estrategias que se den de forma habitual atendiendo a la sostenibilidad de los espacios de intervención, sin renunciar a un formalismo o una estética, el proyecto se

convierte en algo más complejo, con un valor añadido que se irá implementando con el paso del tiempo (Ávila, 2011).

2.2.3. Diseño paisajístico

El diseño del paisaje es una prolongación de la planificación de la obra dentro del proceso de su estructuración. Puede entenderse como el proceso mediante el cual se proyectan ámbitos paisajísticos otorgándoles características concretas de materialidad, forma y función. La planificación del paisaje ofrece un conjunto de técnicas, prácticas e inteligencias que interviene en el tratamiento del paisaje con un enfoque sistemático con el objeto de acomodar ciertos usos del suelo al territorio apropiado, utilizando herramientas de esencia proyectual, funcional, ambiental y estética. Dentro de la planificación del paisaje se debe realizar el análisis, evaluación y síntesis (Alcorta *et al.*, 2014).

a. Análisis

Se evalúa el terreno, se recolecta información sobre el diseño, se toma en cuenta el clima, topografía, plantas existentes, construcciones del entorno, caminos, determinación de la vegetación, propósito del cliente y qué uso le piensa dar.

b. Evaluación

Se ordenan las prioridades, transmitiendo qué es lo más importante en ese momento y qué puede quedar para después. Se selecciona y se usa la información obtenida en el análisis buscando la sostenibilidad del proyecto.

c. Síntesis

Con la recolección de toda la información, la planificación y los objetivos claros, se inicia el proceso de diseño paisajístico.

2.2.4. Criterios para la selección de especies

La selección de árboles y plantas para un sitio determinado es una de las decisiones más importantes para asegurar beneficios a largo plazo, belleza y satisfacción. En especial, hay que cuidar la adaptación de las especies con el sitio donde se vaya a plantar de acuerdo a sus características ambientales específicas que determina el tipo de plantas que prosperarán (CONAFOVI, 2005).

La mejor opción de especies a seleccionar siempre será la flora nativa ya que está totalmente adaptada a las temperaturas, precipitaciones, tipos de suelo de la región que se trate, resistencia a las plagas y enfermedades. Es importante saber que existen tres estratos principales de plantas en la naturaleza: arbóreo, arbustivo y herbáceo dentro de los herbáceos encontramos a los tapizantes (CONAFOVI, 2005).

De acuerdo con lo planteado en párrafos anteriores, las plantas crecen en forma diferente en cada región, por lo que hay que considerar diferentes aspectos en su selección. Es recomendable considerar dos aspectos, los físicos y los requerimientos de diseño (CONAFOVI, 2005).

a. Aspectos físicos

- Clima: las características de altura rigen mucho el tamaño de las áreas verdes, en zonas tropicales deberán ser más espaciosas que en zonas áridas.
- Luz: algunas especies no pueden sobrevivir en un lugar sombreado o bien se deforman, ya que sus ramas crecen muy largas y espigadas, además de que pierden sus hojas.
- Superficie y espacios disponibles para el crecimiento:
 - Desarrollo vertical: del tallo y la raíz de un árbol adulto para asegurar que llegue a su madurez sin toparse con obstáculos aéreos ni subterráneos durante su crecimiento. Por ejemplo, no es recomendable sembrar árboles de gran envergadura debajo de los cableados eléctricos ni telefónicos.
 - Extensión: del espacio disponible para el crecimiento.
- Suelo:
 - Capacidad de retención: de agua y drenaje.
 - Compactación: en caso de ser muy densa, el crecimiento del árbol se ve reducido en forma severa debido a una oxigenación deficiente en la zona de las raíces.

b. Requerimientos de diseño

La vegetación tiene diversas funciones en el diseño de áreas verdes y puede contribuir a mejorar el entorno, entre ellas destacan las siguientes:

- Eficiencia en el uso de agua: selección y agrupación de especies con requerimientos hídricos similares conocido como hidrozonas.
- Regulación de humedad y temperatura: la vegetación regula la humedad y la temperatura de una forma constante. Inyecta grandes cantidades de agua a la atmósfera

mediante la evapotranspiración. Cuando esta agua está en contacto con el viento su función refrescante puede significar varios grados debajo de la temperatura registrada en ese punto.

- Su función específica en el paisaje: tamaño y tipo de estrato que es conveniente introducir dependiendo de cada espacio urbano.
- Escala espacial: el diseño de las áreas verdes del espacio urbano es regido por la distancia de observación del área verde de tal manera que, a poca distancia, se piensa únicamente en arbustos y conforme la distancia de observación sea mayor entonces se proponen árboles cada vez más grandes de tal manera que no se pierda la escala espacial (Figura 1)
- Asoleamiento: la vegetación y su sombra desempeñan un papel importante en el control del asoleamiento. Hay que recordar la dirección del sol para sembrar plantas bajas cuando los rayos solares lleguen a ellas.
- Contaminación: las plantas ayudan de sobremanera con los contaminantes atmosféricos, su principal contribución es capturar el CO₂ y generar O₂.

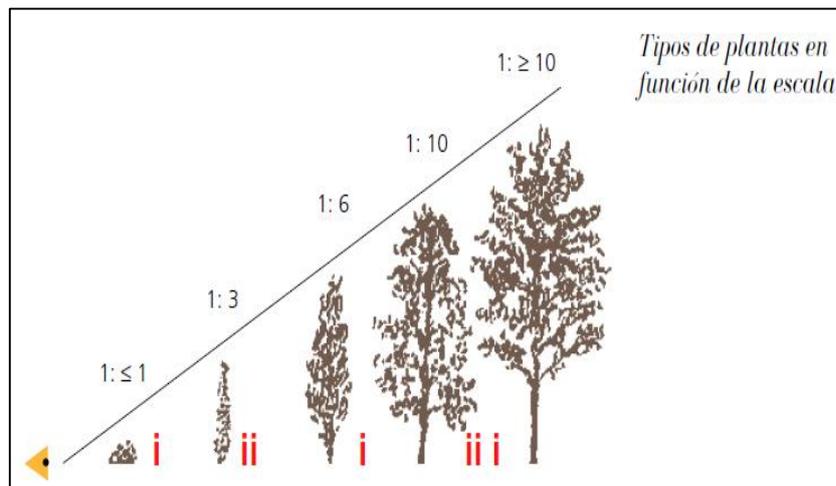


Figura 1: Tipos de plantas en función de la escala

FUENTE: Guía de diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales (2005)

2.3. NECESIDADES HÍDRICAS DE LAS PLANTAS

En áreas verdes urbanas, las necesidades hídricas han sido determinadas para los diversos tipos de césped, sin embargo, para la mayoría de las especies de uso paisajístico aún no. El método establecido por la FAO permite estimar el agua para el cultivo. Este método de estimación es usado y adaptado para su aplicación a especies de uso paisajístico (Martín *et al.* 2010).

La cantidad total de agua perdida por transpiración de las plantas y evaporación del suelo da una estimación de la cantidad total de agua para ser reemplazada por el riego.

$$ETL = K_L \times E_{T_o}$$

Donde:

- E_{T_L} : Evapotranspiración del paisaje.
- K_L : Coeficiente de paisajismo.
- E_{T_o} : Evapotranspiración de referencia.

2.3.1. Evapotranspiración de referencia (E_{T_o})

La complejidad que presentan los métodos directos de estimación de la evapotranspiración real, ha llevado al desarrollo de una metodología basada en cálculos matemáticos. La ecuación de FAO Penman-Monteith, es una representación clara, precisa y simple de los factores físicos y fisiológicos que gobiernan el proceso de la evapotranspiración (FAO Riego y drenaje-56, 2006).

La evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{T_o}) es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia que ocurre sin restricciones de agua. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético con características específicas (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

2.3.2. Coeficiente del paisaje (K_L)

Martín *et al.* (2010) indica que, en paisajismo a diferencia de cultivos agrícolas, se emplea el coeficiente del paisaje (K_L) que se basa en una evaluación de las especies plantadas, la densidad de vegetación y microclimas existentes, que se utilizan para el cálculo de la evapotranspiración del paisaje en lugar del coeficiente del cultivo tradicional. Al asignar valores numéricos a cada factor, se determina mediante el producto de los mismos un valor para K_L .

Como su nombre lo indica, este coeficiente fue derivado específicamente para estimar de manera aproximada la pérdida de agua del paisaje.

$$K_L = K_c \times K_d \times K_m.$$

Dónde:

- K_L es el coeficiente del paisaje.
- K_c es el coeficiente del cultivo o especie.

- K_d es el coeficiente de densidad.
- K_m es el coeficiente de microclima.

a. Factor de especie (K_s)

Se utiliza para determinar las necesidades de agua según cada especie. El K_s tiene un valor constante, es decir, no depende del estado fenológico de la planta; mientras que los valores del K_c sí reflejan esta variación (WUCOLS 2000).

El K_s reflejado en WUCOLS proviene del consenso obtenido por diferentes grupos de especialistas. En la Tabla 1 se listan las categorías y rangos del K_s .

Tabla 1: Rangos del factor especie

Categoría	Rango K_s
Muy bajo consumo de agua	<0.1
Bajo consumo de agua	0.1-0.3
Moderado consumo de agua	0.4-0.6
Alto consumo de agua	0.7-0.9

FUENTE: WUCOLS (2000)

Asignación de factores:

- Para las plantaciones mono específicas: Cuando se produce una sola especie en la zona de riego, se utiliza el K_s asignado según la categoría WUCOLS.
- Para plantaciones pluriespecíficas: Cuando las especies tienen necesidades de agua similares, la selección del K_s es sencillo, pues solo tiene que seleccionar la categoría a la cual se asignan todas las especies y elegir el valor apropiado. Sin embargo, cuando las necesidades de agua de las especies no son similares; las especies con mayor consumo determina el K_s .

b. Factor de densidad (K_d)

El factor de densidad se utiliza en la fórmula del coeficiente del paisaje para explicar las diferencias en la densidad de la vegetación entre las plantaciones de las áreas verdes. La densidad de la vegetación se utiliza aquí para referirse a la superficie foliar colectiva de todas las plantas del área verde. Las diferencias en la densidad de la vegetación, o de área foliar, conducen a diferencias en la pérdida de agua (WUCOLS, 2000). En Tabla 2 se muestran la categoría y rango del K_d .

Tabla 2: Rangos de factor de densidad

Categoría	Rango	Descripción
Bajo	0.5 - 0.9	Plantaciones en crecimiento (inmaduras) o que no llegan a cubrir toda el área.
Medio	1	Determinada por una plantación predominante (tapizantes) y árboles con una cubierta de copas entre 70% y 100%.
Alto	1.1 - 1.3	Cuando se presentan los tres tipos de vegetación (árboles, arbustos y cubresuelos) se encuentran en cantidades sustanciales.

FUENTE: WUCOLS (2000)

c. Factor microclima (Kmc)

Los microclimas de cada área verde deben tenerse en cuenta en las estimaciones de la pérdida de agua de la planta. Los diferentes microclimas se dan por las características típicas de los paisajes urbanos (como edificios y pavimentos), la influencia de la temperatura, la velocidad del viento, la intensidad de la luz y la humedad. Para tener en cuenta estas diferencias, se utiliza el factor de microclima (Kmc) (WUCOLS, 2000). En la Tabla 3 se presentan las categorías y rangos del Kmc.

Tabla 3: Rangos del factor microclima

Categoría	Rango	Descripción
Bajo	0.5 - 0.9	Los sitios que están en sombra o protegidos del viento típico de la zona.
Medio	1	Equivalente a un entorno de campo abierto y sin vientos extraordinarios o atípicos
Alto	1.1 - 1.4	Plantaciones expuestas a vientos atípicos, ubicadas en medio de autopistas o estacionamientos sin sombra, que reciban luz reflejada de superficies reflectantes

FUENTE: WUCOLS (2000)

2.3.3. Evapotranspiración del paisaje (ETL)

Las necesidades de agua de las especies de uso paisajístico pueden ser estimadas utilizando la fórmula de evapotranspiración del paisaje:

$$ETL = K_L \times E_{To}$$

La fórmula de ETL, calcula la cantidad de agua necesaria para la salud, apariencia y crecimiento de la especie, no la cantidad máxima que se puede perder a través de la evapotranspiración (WUCOLS 2000).

2.4. PARÁMETROS DE RIEGO

Tarjuelo (2005), indica que para la obtención de los parámetros de riego con fines de diseño es necesaria una información agrotécnica que incluye:

- CC= contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (% en peso).
- PM= Contenido de humedad del suelo en el punto de marchitamiento (% en peso).
- Da= Densidad aparente (gr/cm³).
- Z= Profundidad radicular efectiva (cm).
- DT= descenso tolerable, déficit permisible de manejo o nivel de agotamiento permisible del agua en el suelo para producir un mejor balance económico (%).
- Ea=Eficiencia de aplicación estimada (%).
- A=Área total a regar (ha).
- Trd=tiempo disponible de riego al día (hr).
- Fr=Frecuencia de riego (días).

2.4.1. Lámina neta

Matheus (2011), indica que la lámina neta viene dada en función de las características físicas del suelo, que determinan su capacidad de almacenamiento hasta la profundidad radicular de las plantas. Para el cálculo de la lámina se requiere de los datos de capacidad de campo y punto de marchitez indicados en la Tabla 4.

Tabla 4: Agua retenida por diferentes suelos

Textura del suelo	Cc (%)	Pm (%)	Agua útil (%)
Arcilloso	48	19	29
Arcilloso - Limoso	45	18	27
Franco - Arcilloso	41	17	24
Franco - Limoso	38	16	22
Limoso	36	15	21
Franco	31	13	18
Limo - Arenoso	27	11	16
Arenoso - Limoso	18	8	10
Franco - Arenoso	16	7	9
Arenoso - Franco	14	6	8
Arenoso	12	5	7

FUENTE: Matheus (2011)

Se determina de la siguiente manera:

$$Ln = \frac{(CC - PM)}{100} \times h \times n \times 10$$

Siendo: CC la capacidad de campo del suelo (%), PM el Punto de marchitez (%), h la profundidad de raíz (cm) y n el coeficiente de agotamiento (%).

2.4.2. Eficiencia de aplicación (Ea)

Dependiendo del método de riego, se pueden producir grandes o pequeñas pérdidas durante la aplicación del agua al suelo. La Ea se define como la relación de la lámina neta (Ln) respecto de lámina bruta (Lb) e indica el porcentaje de agua aprovechado por el cultivo (FAO riego y drenaje-56, 2006) (Ver Tabla 5).

$$Ea = \frac{Ln}{Lb} \times 100$$

Tabla 5: Eficiencia de aplicación según método de riego y grado de manejo

Método de riego	Manejo bueno (%)	Manejo pobre (%)
Surcos	50 - 75	30 - 50
Melgas	50 - 85	30 - 50
Aspersión	60 - 85	40 - 60
Goteo	60 - 85	50 - 60

FUENTE: FAO riego y drenaje-56 (2006)

2.4.3. Lámina bruta

Es la lámina de agua a reponer en cada riego, considerando el manejo del agua en el suelo, la lámina neta (Ln) y la eficiencia de aplicación (Ea).

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

2.4.4. Programación del riego

La programación del riego se realiza luego de calcular los parámetros agronómicos, permite definir como regar, que zonas regar, a qué hora regar y dotar de la cantidad de agua necesaria a la vegetación formando parte del automatismo con la finalidad del ahorro de agua y energía. Esta programación es realmente importante analizarla y verificarla en campo para mantener

un correcto funcionamiento del sistema, pues de lo contrario, puede ser que algunas áreas del proyecto estén con bajas presiones afectando la uniformidad en la aplicación del agua (Rodríguez *et al.*, 2012).

2.5. SISTEMA DE RIEGO EN ÁREAS VERDES

En paisajismo el principal objetivo no es la obtención de rendimientos, sino la supervivencia de la vegetación y su mantenimiento en unas condiciones estéticas aceptables, se hace necesaria la adopción de medidas que permitan reducir un excesivo consumo de agua, hacia cantidades que permitan asegurar el mantenimiento de las plantas en buen estado. Entre estas medidas cabe destacar la adopción, siempre que sea posible, de sistemas de riego con una mayor eficiencia de aplicación; la adecuada determinación de las necesidades hídricas de las plantas que componen el jardín; la realización de los riegos al atardecer o durante la noche con la mayor periodicidad posible entre ellos; la práctica del riego deficitario consistente en la aplicación de cantidades inferiores a las necesarias, pero suficientes para la supervivencia de la vegetación; y el diseño de jardines eficientes en el uso del agua (Rodríguez *et al.*, 2012).

2.5.1. Componentes del sistema de riego

- Fuente de abastecimiento
- Cabezal de riego (tablero, controlador, bombeo y filtrado)
- Centro de control (ordenador central/Tablet)
- Red de conducción (incluye válvulas de aire, de control y purgas)
- Subunidades de riego (red de distribución, electroválvulas de riego, emisores)

2.6. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Las instalaciones de riego deben diseñarse bajo ciertos parámetros para presentar un funcionamiento hidráulico adecuado en función a sus propios requerimientos.

2.6.1. Presión y caudal

Es importante conocer la presión en diversos puntos de la instalación. En particular debe conocerse, a la entrada de la instalación (toma de riego o punto de abastecimiento), la presión estática o presión máxima que tiene la red cuando no hay consumo, la cual es necesaria para determinar la presión de trabajo de la tubería principal; también debe conocerse la presión

dinámica que es la que normalmente se va a tener en la red cuando funcione la instalación de riego. El dato de la presión dinámica sirve para verificar que la presión existente es suficiente para realizar el riego correctamente o por el contrario se necesita de un sistema de bombeo que eleve el agua hasta la presión requerida. El caudal de diseño es caudal máximo del sistema de riego, el mismo que condiciona el cálculo de las tuberías de conducción o principales, los componentes del cabezal de riego y la selección del equipo de bombeo. El caudal del turno de riego es la suma de los caudales por válvulas que conforman dicho turno (Rodríguez *et al.*, 2012).

2.6.2. Rugosidad relativa en tuberías

Los valores típicos del coeficiente de rugosidad (C) usados en el diseño de la red pueden variar por la antigüedad de las tuberías, estas tienden a ser más rugosas, por lo tanto, el coeficiente disminuye. En la Tabla 6, se muestran los diferentes valores del coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen Williams (Saldarriaga, 1998).

Tabla 6: Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales

Material	C
PVC	150
Acero	140
Asbesto cemento	135
Hormigón vibrado	130
Plástico Corrugado 125	125
Polietileno	120

FUENTE: Saldarriaga (1998)

2.6.3. Velocidad de flujo en conductos cerrados

Un criterio para el diseño de tubería, es especificar la velocidad más económica en el tubo, de acuerdo con los datos de Richter (Sotelo 1997) que se indican en la Tabla 7.

Tabla 7: Velocidad media más económica en tuberías según Richter

Tipo de tubería	Velocidad media (m/s)	
	Mínima	Máxima
Tuberías de succión en bombas centrifugas, de acuerdo con la carga de succión, longitud, temperatura del agua (<70 °C)	0.5	1
Tubería de descarga en bombas	1.5	2
Tuberías principales	1	2
Tuberías laterales	0.3	0.9
Tuberías muy largas	1.5	3

FUENTE: Sotelo (1997)

2.6.4. Pérdida de carga en tuberías

La pérdida por fricción se define como la pérdida de energía producto de la resistencia que la cañería opone al paso del agua. La fórmula general tiene la siguiente expresión:

$$H_f = J \times L$$

Dónde: H_f es la pérdida de energía o carga producto de la fricción (m), J es la pérdida de carga por cada metro lineal de tubería (m/m) y L es la longitud de la cañería de conducción (m).

a. Fórmula de Hazen Williams

Según Saldarriaga (1998), el coeficiente de Hazen-Williams (C) es más una medida de la rugosidad relativa que de la rugosidad absoluta. El coeficiente “ C ” no es una característica física del tubo, como lo es la rugosidad absoluta (K), es una característica del tubo y del fluido. Por esta razón, el uso de la ecuación de Hazen-Williams tiene que estar limitado a ciertas características del fluido y del flujo. Los límites, establecidos son los siguientes:

- El fluido debe ser agua a temperaturas normales.
- El diámetro debe ser superior o igual a 1 pulgada.
- La velocidad en las tuberías se debe limitar a 3 m/s.

La ecuación de Hazen-William tiene la siguiente expresión:

$$H_f = 10.67 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}}$$

Dónde: H_f es la pérdida de carga (m), Q es el caudal (m³/s), C es el coeficiente de rugosidad (adimensional), D es el diámetro (m) y L es longitud de tubería (m).

2.6.5. Pérdida de carga en accesorios

La pérdida de carga por fricción en accesorios ocurre en tramos cortos, e hidráulicamente se consideran que ocurren en un punto y usualmente son conocidas como pérdidas menores. Ocurren cuando hay un cambio en la sección cruzada de la trayectoria del flujo o cuando la trayectoria del flujo se encuentre obstruido como sucede en las válvulas. El carácter del flujo de los accesorios es bastante complicado (CONAGUA, 2002).

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_i = K_i \times \frac{V^{1.852}}{2g}$$

Dónde: H_i es pérdida menor de carga hidráulica por accesorio (m), K_i es un factor de resistencia que depende del accidente u obstrucción en el flujo, V es la velocidad media en el tramo de la tubería donde se presenta la pérdida menor (m/s), g es la aceleración de la gravedad (m/s²).

2.6.6. Diámetro de tuberías

Para Perú se utilizan los diámetros con la norma NTP (norma técnica peruana) 399.002, para tuberías PVC a presión con conexión espiga campana (SP) en pulgadas, y la ISO 4422 con conexión unión flexible (UF) en milímetros como se muestra en las Tablas 8 y 9 respectivamente (Nicoll Perú, 2020).

Tabla 8: Diámetros de tuberías a presión NTP 399.002 en pulgadas

Diámetro nominal Dn (pulg)	C5		C7.5		C10	
	Diámetro externo De (mm)	Diámetro interno Di (mm)	Diámetro externo De (mm)	Diámetro interno Di (mm)	Diámetro externo De (mm)	Diámetro interno Di (mm)
1/2	N.E	N.E	N.E	N.E	21	17.4
3/4	N.E	N.E	N.E	N.E	26.5	22.9
1	N.E	N.E	N.E	N.E	33	29.4
1 1/2	N.E	N.E	48	N.E	48	43.4
2	60	56.4	60	55.6	60	54.2
2 1/2	73	69.4	73	67.8	73	66
3	88.5	84.1	88.5	82.1	88.5	80.1
4	114	108.4	114	105.8	114	103.2

FUENTE: Nicoll Perú S. A (2020)

Tabla 9: Diámetros de tuberías a presión NTP ISO 4422 UF en milímetros

Dn (mm)	De (mm)	Di (mm)	e (mm)	Lt (m)	Lu (m)	Peso Mínimo (Kg)
CLASE 7.5 (Serie 13.3) SDR=27.6, Factor de seguridad F=2.5						
63	63.0	58.4	2.3	6	5.88	3.684
75	75.0	69.4	2.8	6	5.87	5.335
90	90.0	83.4	3.3	6	5.86	7.55
110	110.0	102.0	4.0	6	5.85	11.2
140	140.0	129.8	5.1	6	5.83	18.156
160	160.0	148.4	5.8	6	5.82	23.602
200	200.0	185.4	7.3	6	5.80	37.122
250	250.0	231.8	9.1	6	5.76	57.851

FUENTE: Nicoll Perú S. A (2020)

2.6.7. Proceso de presurización

El proceso de presurización consiste principalmente por el conjunto motor-bomba que tiene la finalidad de transformar la energía impulsora en energía cinética y posteriormente en energía a presión de un fluido incompresible (Martínez, 2010).

a. Motor eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina que transforma la energía eléctrica en mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Existe una serie de tipos de motores que se clasifican según su velocidad de giro, número de fases de alimentación, tipo de rotor, etc (Martínez, 2010).

b. Bomba centrífuga

Es una máquina rotodinámica que sirve para transformar energía; recibe energía mecánica que procede del motor eléctrico, y la convierte en energía cinética o de presión de un fluido; es decir, convierte la energía mecánica en energía hidráulica. El proceso es el siguiente: el impulsor o rodete formado por un juego de álabes rotatorios dentro de un alojamiento o carcasa, imparte energía al fluido por medio de la fuerza centrífuga aumentando su velocidad y transformándose en energía a presión (Martínez, 2010).

c. Variador de frecuencia (VDF)

Los variadores reducen la potencia de salida de una bomba mediante el control de velocidad

del motor, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria. Un VDF se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que este llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función a los requisitos del procedimiento en cuestión (Figura 2).

El principio básico de funcionamiento es transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable. Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna trifásica en corriente continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores de consigna (Martínez, 2010).

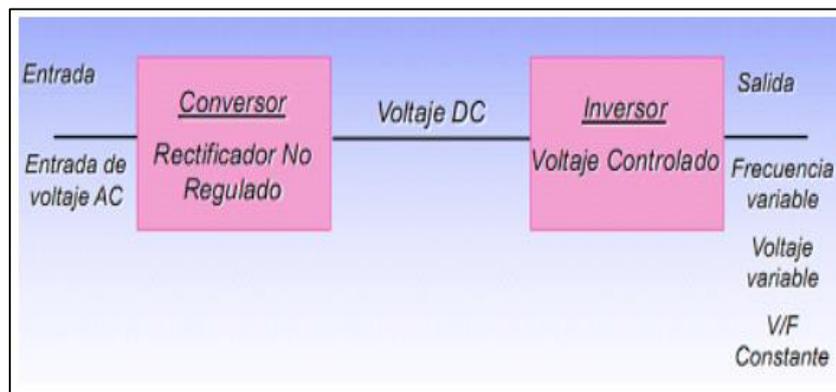


Figura 2: Configuración básica de un variador de frecuencia

FUENTE: Martínez (2010)

Dada la enorme flexibilidad que ofrecen los reguladores de velocidad, permiten hallar soluciones para obtener puntos de trabajo óptimos en todo tipo de procesos, pudiendo ser manejados por ordenador, PLC, señales digitales o de forma manual. Además de ofrecer procesos de arranque y frenados suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida del motor y las instalaciones. Como debe saberse, el uso de convertidores de frecuencia permite mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía (Martínez, 2010).

2.6.8. Simulación hidráulica mediante el software WaterCAD

De acuerdo a Bentley (2020), WaterCAD es un software comercial cuyo algoritmo de cálculo se basa en el método de Gradiente hidráulico para el analizar, diseñar, y optimizar los sistemas de distribución de agua. Permite realizar diferentes tipos de cálculos como el análisis hidráulico, calidad de agua, análisis contra incendio, análisis de costos de energía y otros. Además, posee herramientas complementarias como:

- Darwin Designer, optimización de diseño de sistemas basado en algoritmos genéticos, criterios económicos y restricciones hidráulicas.
- Darwin Calibrator, calibración hidráulica de redes basada en algoritmos genéticos y según correlación estadística con datos de campo.
- Darwin Scheduler, optimización energética para programación de ciclos de bombeos basado en algoritmos genéticos.
- Skelebrator, permite la simplificación inteligente de redes.
- SCADACONnect, conexión en tiempo real del modelo hidráulico con sistemas SCADA.

Para la elaboración del modelo hidráulico de la red de riego se requiere de información que será ingresada en el modelo WaterCAD. Esta información son los datos de topología, demanda de agua, elevaciones y los datos de operación de bombeo; además previamente será necesario la configuración de modelo definiendo el tipo de simulación, material de la tubería, temperatura del agua, coeficiente de rugosidad y el sistema de unidades. La información de salida del modelo mediante los algoritmos de solución del sistema serán los diámetros de las líneas de la red, presiones, velocidades, caudales y valores asociados en un momento determinado mediante el cálculo hidráulico (Bentley, 2020).

2.7. AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO

Según Vadillo (2012), la automatización es la aplicación de un conjunto de métodos y procedimientos que permiten la sustitución del operario en aquellas tareas físicas y mentales que han sido previamente programadas. Se puede decir entonces que con la automatización del riego se obtiene una mayor autonomía, se reduce los tiempos en la operación y posibilita gestionar el riego de forma eficiente.

2.7.1. Componentes de la automatización

a. Parte operativa

Son los elementos (bombas eléctricas, decodificadores, válvulas, sensores, entre otros) que reciben información y actúan de manera directa, haciendo que se mueva o realice una acción determinada.

b. Parte de mando (controlador, dispositivo inteligente, ordenador)

Es un autómatas programable que ordena o controla las tareas de la parte operativa, siendo capaz de comunicarse con todos los elementos de los que está formado el sistema automatizado.

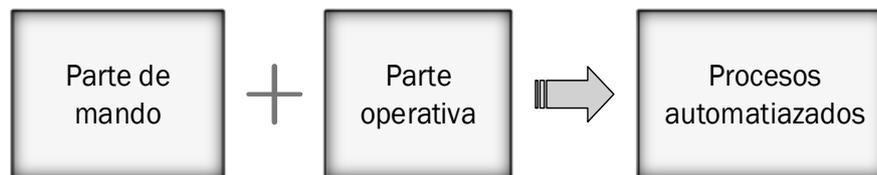


Figura 3: Componentes de la automatización

2.7.2. Tipos de automatización

a. Automatización mediante un controlador convencional y cableado eléctrico

El controlador abre y cierra cada una de las válvulas mediante los cables eléctricos. Así también este controlador se encarga del encendido de la bomba principal y del control de los sensores. Este tipo de automatización es lo que comúnmente encontramos en pequeños jardines (casas, parques pequeños, etc.); no es recomendable en proyectos grandes por la cantidad de cables que conllevaría instalar y la dificultad de realizar reparaciones sin dañar ningún cable (Rain Bird, 2015).

- Funcionamiento y conexión a la electroválvula

Los cables eléctricos parten desde el controlador y van junto a la red de tubería matriz hacia la ubicación de cada electroválvula, se tienden tantos cables como electroválvulas haya, adicionalmente se tiende otro cable denominado común que recorre todas las válvulas que permite cerrar el circuito eléctrico. Este tipo de cable es de un solo hilo cuyo calibre varía en función de la distancia evitando la caída del voltaje (24 voltios), es recubierto por una capa aislante para la seguridad del sistema. El empalme a las electroválvulas se realiza

uniendo un extremo libre del solenoide con el cable común y el otro extremo del solenoide con el cable específico a dicha electroválvula mediante los conectores estancos que poseen un gel especial a prueba de agua como se muestra en la Figura 4 (Rain Bird, 2015).

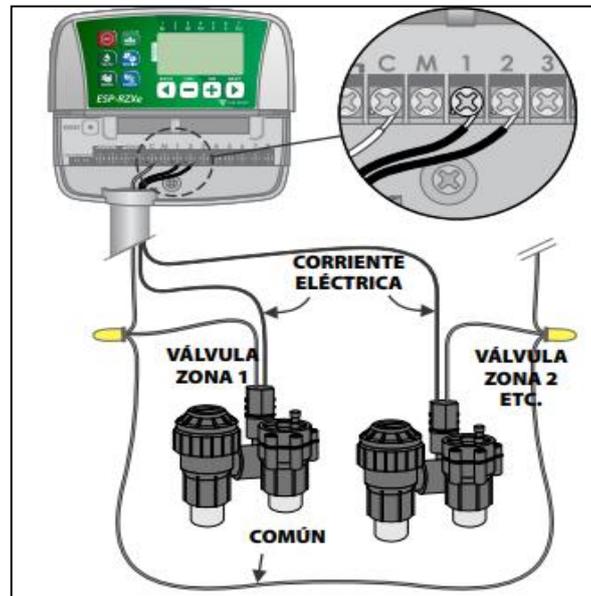


Figura 4: Conexión del cable a la electroválvula

FUENTE: Manual de funcionamiento del controlador RZXe,
Rain Bird (2015)

- Ventajas:
 - Opciones de programación de riego, por días de la semana, días impares, días pares o cíclicas.
 - Ahorro de agua y tiempo en su operación con respecto a los sistemas manuales.
 - Ideal en proyectos pequeños desde punto de vista técnico y económico.
 - Restauración de programas guardados.
 - Compatibles con módulos de extensión de control de válvulas en caso se amplíen las áreas a regar.
 - Menor costo de instalación con respecto a sistemas accionados mediante decodificadores.
- Desventajas:
 - En instalaciones con gran cantidad de electroválvulas implica gran cantidad de cables que elevan el costo, lo hacen menos eficiente y más compleja la instalación, es poco

recomendable en proyectos grandes.

- Se torna tedioso ante ampliaciones de área verdes por la dificultad comunicar las válvulas adicionales con el controlador.
- Mayor costo de instalación con respecto a los sistemas manuales.
- Sistema poco eficiente en mantenimientos y reparaciones.
- Corte de energía eléctrica.

b. Automatización mediante un controlador y mando hidráulico a distancia (microtubos)

El controlador acciona las válvulas hidráulicas mediante la presión de agua a través de microtubos. También se encarga del encendido de la bomba y el control de los sensores. Este tipo de accionamiento directo está orientado para proyectos pequeños (Martínez, 2010).

- Funcionamiento

El controlador se comunica mediante cables eléctricos con los solenoides asignados a cada válvula; este transforma la energía eléctrica en energía hidráulica, permitiendo accionar la apertura y cierre de las válvulas hidráulicas mediante la presión de agua a través de los microtubos que salen de los solenoides respectivos hasta la ubicación de dichas válvulas en campo (Ver Figura 5).



Figura 5: Accionamiento mediante mando de operación hidráulico

FUENTE: Fundo California - Pisco, tomada el 08/09/19

Las válvulas son con regulador de presión hidráulico de tres vías abierta, cerrada y Auto. La conexión se realiza en la opción AUTO. La válvula de 3 vías es un piloto selector activado por la presión de la tubería que admite el ingreso del fluido en la cámara de control para cerrar la válvula principal, libera el fluido de la cámara de control para abrir la válvula principal o bloquea el volumen en la cámara de control para mantener la válvula principal estrangulada en una posición de regulación fija (Dorot, 2019) (Ver Figura 6).

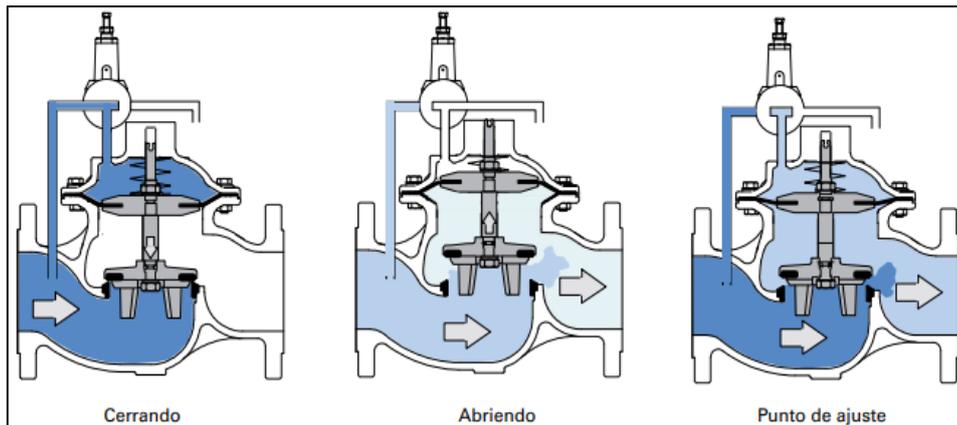


Figura 6: Control del piloto de tres vías

FUENTE: Catálogo Dorot de válvulas piloto

- Ventajas:
 - Menor costo de instalación por hectárea.
 - Facilidad en la operación del sistema.
 - Sistema orientado al sector agrícola.
 - Accionamiento hidráulico para evitar sobre costos en cableado y equipos eléctricos.
 - Sistema automatizado desde un centro de mando.
 - Menor personal para la operatividad.

- Desventajas:
 - Mayor tiempo en el accionamiento de las válvulas con respecto a accionamiento eléctrico.
 - Disminuye la presión hidráulica a distancias mayores a 400 metros y por condiciones topográficas.
 - Constante mantenimiento al existir la probabilidad de que se pique o se rompa el microtubo, impidiendo el control a distancia de las válvulas hidráulicas, además de

generar dificultad para encontrar la falla.

- Suelos pedregosos generan aplastamiento y cortes al microtubo al ir enterradas. No es ideal para todo tipo de suelo.

2.8. AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE UN CONTROLADOR MONOCABLE Y DECODIFICADORES

2.8.1. Fuente de energía

En el automatismo la fuente de energía lo constituye la energía eléctrica aplicada en sus distintas formas, como las tensiones continuas o alternas de baja y alta potencia en función del tipo de dispositivo o equipo a mover (Sarmiento, 2009).

Según Territorio Verde (2013), los ductos eléctricos en jardines deben ser instalados a una profundidad de 45 cm, entre dos capas de arena, o bien ir protegidos con concreto pobre o ladrillos. Por otra parte, los valores máximos de tensión a los que puede quedar sometido el cuerpo humano sin ningún riesgo son 50 V en lugares secos y 24 V en lugares húmedos o mojados en general. Normalmente, los controladores de riego operan con una tensión de 24 VAC para hacer funcionar los decodificadores conectados a él y son alimentados desde un transformador que rebaja la tensión desde los 220 VAC de la red pública a la tensión requerida. Por lo tanto, el único tramo de la instalación en que se trabaja con tensiones peligrosas es el que va desde la red pública hasta el transformador.

Con respecto a la bomba recordemos que el controlador recibe una tensión de 220 VCA y entrega una tensión de 24 VAC y la bomba funciona con 220 o 380 VAC, se necesitará un relé de arranque que es energizado por el controlador, y este a su vez activa la bomba enviando electricidad (Territorio Verde, 2013).

2.8.2. Programación del riego mediante el controlador

La programación se realiza en el controlador de riego (Figura 7), a través de su interfaz se selecciona un programa de cuatro posibles, en este programa se ingresa los caudales por válvula en función a los turnos, se configura el tipo de válvula, el tiempo de riego, la hora de inicio, los días de riego, la válvula maestra, los sensores meteorológicos y otras funciones que dependerá del nivel de automatización. Los accionamientos automáticos de los turnos

se realizan mediante el controlador, si se desea modificar la programación se tendrá que recurrir nuevamente a su interfaz de usuario (Rain Bird, 2015).



Figura 7: Controlador de riego

FUENTE: Rain Bird (2015)

2.8.3. Controlador ESP-LXD

Un controlador ESP-LXD con decodificador, controla sistemas de riego de manera regulada en comparación al riego tradicional de operación manual. Las direcciones o códigos del decodificador deben ser programadas en el controlador y pueden representar una válvula de control para una zona de riego, un sensor de flujo, una válvula maestra o el relé de arranque de la bomba. A medida que los programas de riego se ejecutan, los comandos se comunican a los decodificadores en el campo. Esta comunicación se realiza por medio de un monocable de dos hilos de baja tensión a los numerosos decodificadores instalados en cada electroválvula a través de pulsos eléctricos, contralando de esta manera la apertura o cierre de las válvulas como se muestra en la Figura 8. Los decodificadores responden a una dirección de cinco dígitos. Este controlador permite gestionar 50 estaciones y, con la adición de los módulos de expansión, se puede ampliar hasta 200 estaciones (Rain Bird, 2015).

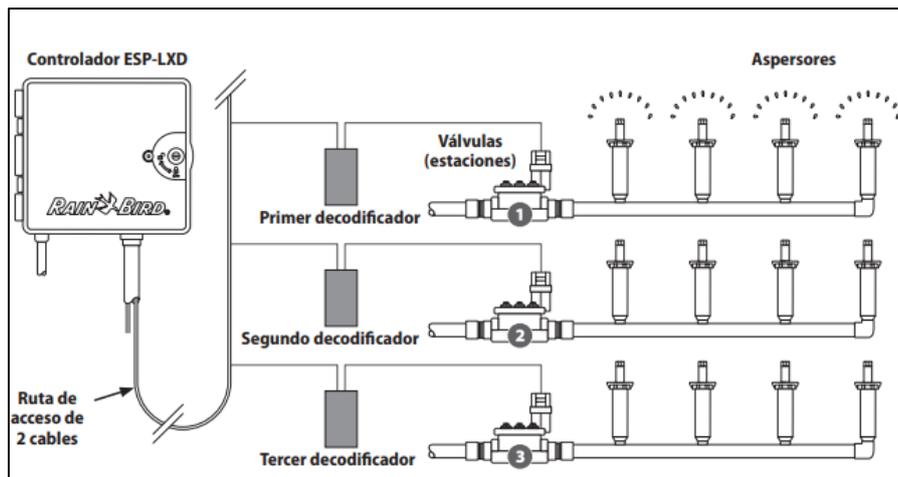


Figura 8: Interacción controlador, decodificador y electroválvula

FUENTE: Manual de controlador Rain Bird (2015)

a. Función control de flujo (Flow Manager)

Es una de las funciones de gestión de caudal más potentes del controlador ESP-LXD, permite asignar la presión y el volumen de agua disponible a varias estaciones a partir de sus requisitos hidráulicos. Una vez que se activa el Flow Manager, se debe ingresar manualmente el caudal de todas las estaciones y zonas de flujo (Flow zone). Esto permitirá a FlowManager asignar los caudales para los turnos de forma dinámica. (Rain Bird, 2015).

- Zona de Flujo: Es el área del proyecto donde fijamos un caudal límite. Puede ser por operación o por límite de diámetro de tubería (Rain Bird, 2015).

b. Función FlowWatch

Es otra opción para asignar caudales, compara las condiciones de caudal reales con las tasas de caudal que se espera adquirir o con las introducidas por el usuario y lleva a cabo una serie de acciones según sus ajustes y los datos que introduzca. Dado que se requiere conocer las condiciones actuales del caudal, sólo se puede utilizar cuando se dispone de sensores de caudal (Rain Bird, 2015).

Una vez asignado los caudales, los ajustes de SEEF y SELF permiten definir los parámetros de un caudal excesivo o deficiente y fijar el comportamiento del controlador cuando se detecten estas condiciones (Rain Bird, 2015).

- Ajustes y acciones de SEEF y SELF

SEEF es el acrónimo de Seek and Eliminate Excessive Flow (buscar y eliminar exceso de caudal), se encarga de cómo debe responder el controlador ante un caudal excesivo, como ocurriría en el caso de la rotura de una tubería principal. Por el contrario, SELF es el acrónimo de Seek and Eliminate Low Flow (buscar y eliminar caudal bajo) y se encarga de cómo debe que debe actuar el controlador en caso de caudal bajo, como en el fallo de una bomba, de un problema en el suministro de agua municipal o cuando una válvula falle y no se abra (Rain Bird, 2015).

En la Figura 9 se muestra cómo se configura las acciones SEEF/SELF dentro de FloWatch.



Figura 9: Ajustes SEEF/SELF

FUENTE: Guía de funcionamiento LXD (2015)

2.8.4. Ruta monocable (dos hilos)-conexión estrella

Un patrón de estrella permite ramificar cuanto sea necesario sin necesidad de tender el cable de vuelta al controlador, con lo cual se facilita la resolución de problemas que el sistema podría tener en caso de experimentar una falla o un corto en los cables. Se considera la ruta crítica para una configuración de tipo estrella, la distancia del decodificador más alejado al controlador ESP-LXD medida según la ruta monocable. La distancia máxima de la ruta fundamental es de 3km para el cable de calibre 14 AWG y de 4.23 km para el cable de calibre 12 AWG (Rain Bird, 2015).

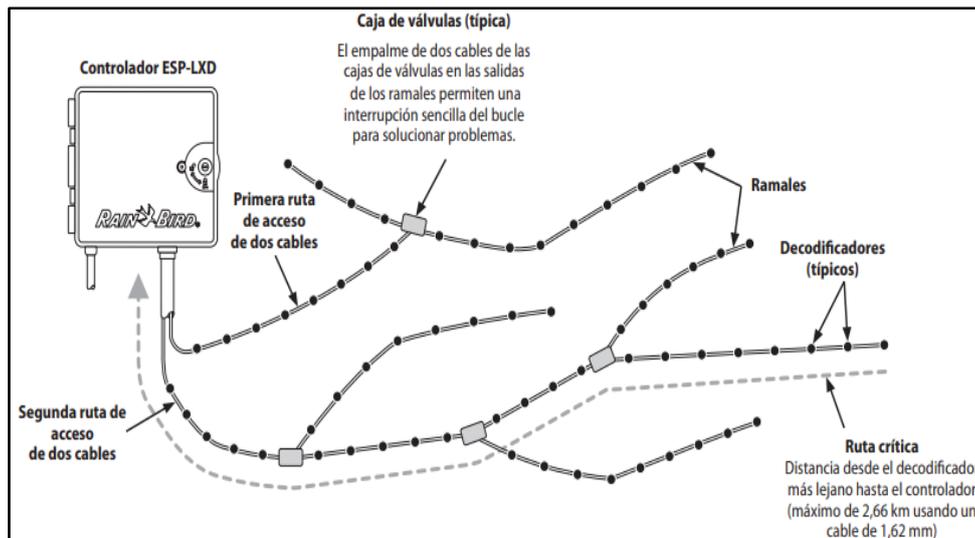


Figura 10: Diseño de patrón de estrella de ruta de dos cables

FUENTE: Manual de controlador LXD (2015)

2.8.5. Electroválvulas serie PGA modelos 100, 150 Y 200

Es te tipo de electroválvulas son de las más usadas en paisajismo por su versatilidad, fiabilidad y facilidad de instalación. Las válvulas (estaciones) se activan y desactivan de acuerdo a la programación del riego. El controlador envía señales al decodificador adecuado y acciona el solenoide de la válvula para abrir o cerrar. Cuando se programan otras estaciones, se envía otra señal al siguiente decodificador y el ciclo continúa. (Rain Bird, 2015).

a. Características técnicas:

- Construcción robusta y diseño eléctrico para un funcionamiento silencioso.
- Cierre lento para evitar el golpe de ariete y posteriores daños al sistema.
- Purga manual interna que acciona la válvula sin que el agua entre en la caja de válvulas.
- Solenoide con diseño de una pieza con émbolo cautivo y resorte para una reparación fácil.
- Puede utilizarse con el regulador de presión con PRS-D opcional instalado en campo para garantizar un rendimiento óptimo del aspersor.

b. Especificaciones:

- Presión: de 1.04 a 10.4 bares.
- Caudal sin PRS-D opcional: de 0.45 a 34.05 m³/h; de 7.8 a 568 l/m
- Caudal con PRS-D opcional: de 1.14 a 34.05 m³/h; de 19.2 a 568 l/m
- Temperatura del agua: Hasta 43° C (110° F)

- Solenoide: 24 VAC-50/60Hz
- Corriente de arranque: 0.41A (9.9VA) a 60Hz
- Corriente de régimen: 0.23A (5.5VA) a 60Hz
- Resistencia de bobina solenoide: 30-39 ohmios, nominal

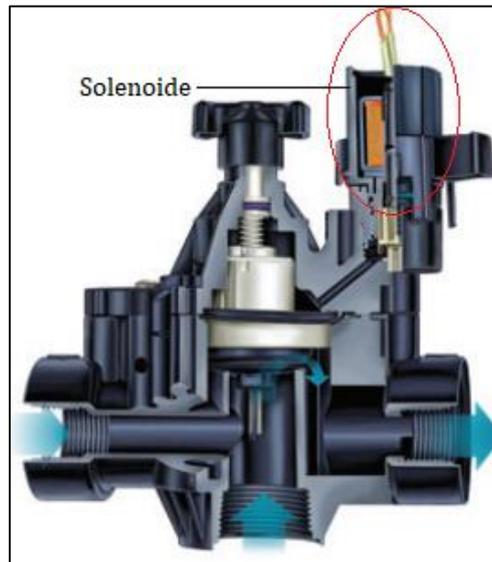


Figura 11: Vista transversal de la válvula PGA

FUENTE: Catálogo Rain Bird (2018)

2.8.6. Decodificadores

Un decodificador es un dispositivo que se conecta a la ruta de acceso de dos cables y realiza una tarea determinada, como abrir y cerrar una válvula. Algunos, como los decodificadores de sensor, se pueden utilizar para proporcionar información meteorológica o de caudal al controlador. Normalmente, un controlador tiene varios decodificadores conectados, cada uno de los cuales tiene conectadas una o más válvulas. La configuración de las válvulas en el controlador se denominan estaciones y se numeran secuencialmente. El controlador ESP-LXD se ha diseñado para que controle los decodificadores de forma que, una vez instalados y configurados, permita el control del riego (Rain Bird, 2015).

Tipos de decodificadores:

a. Decodificadores de campo (FD)

Se usan para abrir y cerrar válvulas. Son los decodificadores más comúnmente utilizados. En la Tabla 10 se muestra todos los modelos con sus respectivas características y en la Figura

12 se observa el decodificador FD-101 con una sola dirección de cinco dígitos que acciona una sola válvula.

Tabla 10: Modelo de decodificadores de campo

Modelos de decodificador	Numero de direcciones por decodificador	Número máximo de seleniodes por dirección	Máximo de direcciones funcionando simultáneamente
FD-101	1	1	1
FD-102	1	2	1
FD-202	2	2	2
FD-401*	4	1	4
FD-601*	6	1	4

FUENTE: Tomado de Manual decodificadores Rain Bird (2015)



Figura 12: Decodificador FD-101

FUENTE: Guía de decodificadores Rain Bird (2015)

b. Decodificadores de válvula maestra

Se utilizan para abrir y cerrar las válvulas maestras. Se admiten tanto las válvulas normalmente abiertas como las normalmente cerradas. El controlador ESP-LXD puede gestionar hasta cinco sensores de la válvula maestra (Rain Bird, 2015).

c. Decodificadores de sensor meteorológico (SD)

Se utilizan para proporcionar una interfaz entre el dispositivo meteorológico y el controlador. El controlador ESP-LXD admite hasta tres decodificadores de sensor meteorológico. Este decodificador también es usado para los sensores de flujo (Rain Bird, 2015).

d. Decodificador de sensor de flujo (SD)

Un decodificador del sensor SD-210 proporciona protección contra descargas para cada sensor instalado en la ruta de dos cables. El decodificador del sensor está previamente programado con una dirección única de cinco dígitos que se utiliza para asociarlo con un sensor de caudal o de clima (Rain Bird, 2015).



Figura 13: Decodificador de sensor de flujo y meteorológico

FUENTE: Guía de decodificadores Rain Bird (2015)

e. Protector contra descargas de rayos (LSP)

El controlador ESP-LXD y la ruta de dos cables se deben proteger de la sobrecarga y deben contar con una adecuada conexión a tierra. Esta función la realiza el protector contra descarga de rayos LSP-1. Hacer esto puede ayudar a evitar el daño al controlador y al sistema de irrigación y también reduce de manera significativa la resolución de problemas, el tiempo de reparación y el gasto (Rain Bird, 2015).



Figura 14: Decodificador LSP-1 contra descargas eléctricas

FUENTE: Guía de decodificadores Rain Bird (2015)

2.8.7. Sensores

a. Sensor de humedad SMRT-Y

El sensor SMRT-Y realiza medidas de la humedad del suelo en función del tiempo con tensiometría digital mediante un sensor enterrado en el suelo, para supervisar con precisión el agua en porcentaje del volumen de su terreno. La interfaz del usuario del SMRT-Y se conecta a su programador de riego existente. El SMRT-Y realiza mediciones de la humedad del terreno cada 10 minutos. Si el contenido de agua del terreno es superior al umbral establecido, el SMRT-Y cancelará el ciclo de riego al dejar de suministrar corriente a las electroválvulas. El suministro de corriente se restablecerá cuando el programador esté inactivo durante 30 minutos (Rain Bird, 2015) (Ver Figura 15).



Figura 15: Interfaz del sensor de humedad SMRT-Y

FUENTE: Guía SMRT-Y-Rain Bird (2015)

b. Sensor de lluvia/helada (WR2)

El sensor de lluvia inalámbrico detecta automáticamente las precipitaciones e interrumpe el riego durante períodos de lluvia o de baja temperatura, lo que permite ahorrar agua y aumentar la vida útil del sistema de riego. La lógica de programación permite cancelar el riego mediante la función de apagado rápido o cuando la cantidad de lluvia supere el nivel preestablecido. Es compatible con el controlador LXD (Rain Bird, 2015).



Figura 16: Sensor de lluvia

FUENTE: RainBird.es (2020)

c. Sensor de caudal Flow Smart (FS)

Los sensores envían datos de caudal al ordenador central y/o a los dispositivos de control como celulares para disponer de un monitoreo preciso del caudal. Dentro del controlador ESP-LXD, el sensor de caudal debe configurarse en el módulo Flow Watch, con un decodificador de sensor FS (Rain Bird, 2015) (Ver Figura 17).



Figura 17: Sensor de Caudal

FUENTE: RainBird.es (2020)

2.9. SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL

2.9.1. La telemetría

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información generada en la medición hacia el operador del sistema de telemetría. El envío se realiza típicamente mediante la comunicación inalámbrica y/o alámbrica; dependiendo de la tecnología disponible en el lugar, la factibilidad de acceso a redes, la magnitud de costos asociados al mantenimiento, entre otros (Martínez, 2010).

La comunicación inalámbrica se puede realizar mediante las siguientes alternativas:

- Línea telefónica
- Línea celular con estándares de comunicación (IDMA / CDMA / GSM)
- Red WLAN
- Radio Modem
- Satélite (TCP /IP)
- Cualquier otro con interface RS-232 (Estándar recomendado 232)

La comunicación alámbrica se puede realizar mediante:

- Redes de ordenadores
- Enlace de fibra óptica

2.9.2. Internet de las cosas

El Internet de las Cosas (IoT) consiste en que las cosas tengan conexión a Internet en cualquier momento y lugar. En un sentido más técnico, consiste en la integración de sensores y dispositivos dentro de objetos cotidianos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas para el intercambio de datos, de esta manera se puede monitorear y controlar diferentes dispositivos de forma remota con la menor intervención humana posible (Evans, 2011).

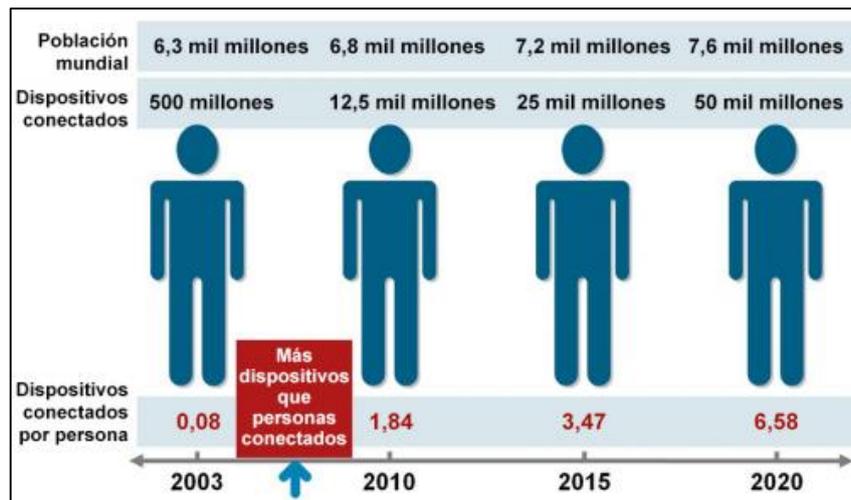


Figura 18: La internet de las cosas nació entre el 2008 y 2009

FUENTE: Cisco IBSG (2011).

Cisco IBSG prevé que habrá hasta 100 mil millones de dispositivos conectados a internet en el año 2025 con un impacto económico anual de \$ 3.9 mil millones a \$ 11 mil millones a través de diferentes modelos de negocios.

2.9.3. Comunicación mediante el internet

Lo fundamental de la comunicación de datos es resolver el problema de llevar la información de un punto A hacia un punto B sin errores, utilizando redes con la codificación correspondiente para su transmisión. Para esto utilizamos canales de comunicación que establecen la unión entre los puntos A y B. En dichos puntos estarán los equipos transmisores y receptores de datos y sus convertidores encargados de la codificación y decodificación. Los sistemas de comunicación no responden ni reaccionan ante el contenido de la información. El componente importante en el sistema de comunicación es el protocolo de comunicación. Un protocolo de red de comunicación de datos es un conjunto de reglas que conduce el intercambio ordenado de datos dentro de la red (Cisco, 2016).

a. Protocolo de comunicación TCP/IP

TCP/IP son las siglas de "Protocolo de control de transmisión / Protocolo de Internet," es el conjunto de reglas estandarizadas que permiten a los equipos comunicarse en una red como Internet. Se puede resumir como un protocolo de transmisión de paquetes (Fisher, 2020).

Cuando un ordenador quiere mandar a otro un fichero de datos, lo primero que hace es partirlo en trozos pequeños (alrededor de unos 4 Kb) y posteriormente enviar cada trozo por separado. Cada paquete de información contiene la dirección en la red donde ha de llegar, y también la dirección de remitente, por si hay que recibir respuesta. Los paquetes viajan por la red de forma independiente. Además, admite la eventualidad de que algún paquete de información se pierda por el camino por algún suceso indeseado. Si esto ocurre, siempre queda abierta la posibilidad de volver a solicitar el paquete perdido, y completar la información sin necesidad de volver a transferir todo el conjunto de datos (Fisher, 2020).

b. Capas del protocolo TCP/IP

Según Fisher (2020), el modelo se divide en cuatro capas diferenciadas. En la Figura 19 se muestra de forma esquemática las cuatro capas.

- Capa de enlace de datos, la capa de enlace de datos (también denominada capa de enlace, capa de interfaz de red o capa física) es la que maneja las partes físicas del envío y recepción de datos mediante el cable Ethernet, la red inalámbrica, la tarjeta de interfaz de red, el controlador del dispositivo en el equipo, etc.
- Capa de Internet, la capa de Internet (también denominada capa de red) controla el movimiento de los paquetes alrededor de la red.
- Capa de transporte, es la que proporciona una conexión de datos fiable entre dos dispositivos. Divide los datos en paquetes, hace manifiesto del recibo de los paquetes que admite del otro dispositivo y se asegura de que el otro dispositivo haga manifiesto de recibo de los paquetes que admite a su vez.
- Capa de aplicaciones, la capa de aplicaciones es el grupo de aplicaciones que requiere comunicación de red. Es con lo que el usuario suele interactuar, como el correo electrónico y la mensajería. Como la capa inferior gestiona los detalles de la comunicación, las aplicaciones no tienen que preocuparse por ello.

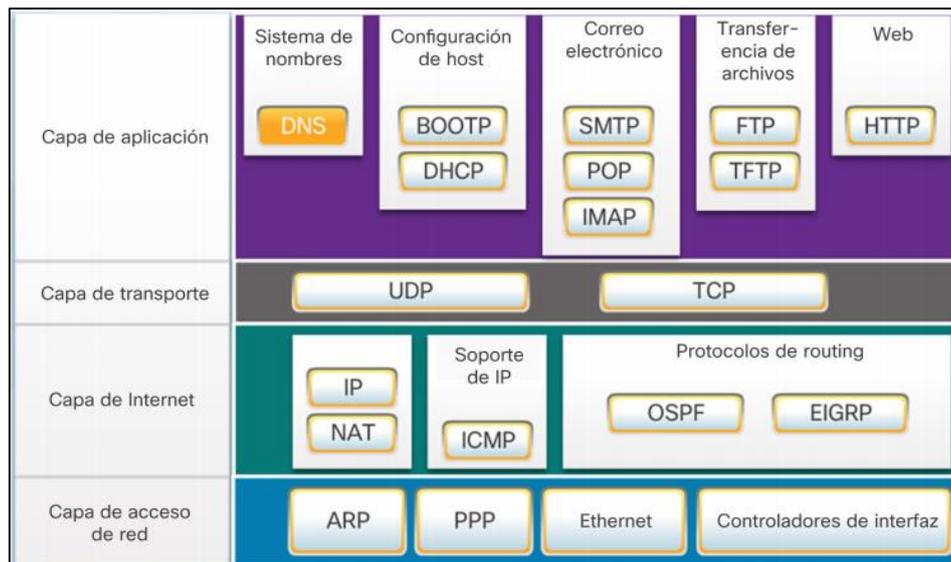


Figura 19: Modelo de protocolo TCP/IP

FUENTE: Cisco (2016)

c. Protocolos de seguridad de información

- El protocolo HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto) se basa en www (World Wide Web) permite la comunicación cliente-servidor a través de la transferencia de información por la red. Por ejemplo, cuando un usuario ingresa al navegador e ingresa en la URL una búsqueda, la URL transmite los mensajes por HTTP al servidor web que el usuario solicitó, luego, el servidor web responde y entrega los resultados de los criterios de búsqueda al usuario (Soto, 2020).
- El protocolo DNS (Sistema de nombres de dominio) mantiene un directorio de nombres de dominio traducidos a direcciones IP. El DNS rastrea al usuario para ubicar la dirección web en la dirección IP correspondiente. Por ejemplo, si un usuario ingresa la URL google.com, el servidor web no está leyendo el nombre google.com si no la dirección IP numérica que corresponde a google.com (208.65.155.84.) (Soto, 2020).

2.9.4. Computación en la nube

La computación en la nube es un modelo para permitir acceso conveniente a la red bajo demanda a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente configurados y liberados por el proveedor de servicios para luego dar acceso a los usuarios (NIST, 2009).

Se definen los tres modelos de servicio:

- Software en la Nube como un Servicio (SaaS), la capacidad proporcionada al consumidor para utilizar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan sobre la infraestructura de la nube (NIST, 2009).
- Plataforma en la Nube como un Servicio (PaaS), la capacidad proporcionada al cliente para distribuir sobre la infraestructura de la nube aplicaciones creadas o adquiridas por el consumidor utilizando lenguajes de programación y herramientas soportadas por el proveedor (NIST, 2009).
- Infraestructura en la Nube como un Servicio (IaaS), la capacidad proporcionada al consumidor para aprovisionar procesamiento, almacenamiento, redes, y otros recursos computacionales fundamentales (NIST, 2009).
- Existe una gran cantidad de proveedores de servicios de computación en la nube, tales como Amazon Web Services, Microsoft Azure, Oracle Cloud, Google Cloud Platform, Heroku, OpenShift, entre otros (Castro-Silva, 2016).

2.10. TELECONTROL DEL RIEGO MEDIANTE EL SISTEMA IQ

El sistema de control central IQ proporciona capacidad de comunicación remota para programar y supervisar varios controladores de satélites ESP-LXD desde un ordenador central o dispositivos móviles.

2.10.1. Principales funcionalidades del sistema

- Programación en segundos, minutos y horas, activación de estaciones en segundos.
- Controlar y actuar sobre posibles fugas.
- Conectar sensores climatológicos para parar el riego de forma automática en situaciones de lluvia, viento o heladas.
- Monitorización en tiempo real de la red de riego.
- Gestión de alarmas y eventos sobre el funcionamiento de la red.
- Registros e informes detallados.
- Sincronización automatizada o iniciada por satélite por el usuario
- Automatización del envío por correo electrónico de alarmas/advertencias e informes de tiempo de funcionamiento de estaciones.
- Programación bidireccional de satélites (los cambios realizados en el satélite se pueden ver y aceptar en el software IQ)

a. Ventajas:

- Reducción de los costos productivos: reducción de costos energéticos, consumo de agua, disminución de roturas, reducción de fugas y detección rápida de averías.
- Aumento de la productividad debido a la optimización de los desplazamientos del personal.
- Ahorro de tiempo y personal para la operatividad del sistema.
- Adecuada dosificación del riego.
- Ayuda en la toma de decisión, mantenimiento predictivo y preventivo.
- Mayor control sobre los parámetros de riego para el eficiente mantenimiento de las áreas verdes.

b. Desventajas:

- Mayor costo de instalación.
- Dependencia de la energía eléctrica.
- Cobertura e intensidad de señal por parte del proveedor del servicio de internet (ISP)
- Interferencias con la señal del servidor.

2.10.2. Cartucho de comunicaciones de red IQ (IQ-NCC)

Al instalar un cartucho de comunicaciones de red IQ, el controlador ESP-LXD existente se transforma en un controlador de satélites IQ, haciendo posible la comunicación entre la plataforma IQ (nube) con el controlador de riego.

Existen cinco tipos de cartuchos de comunicaciones de red disponibles para proporcionar comunicación con el ordenador central IQ. Para el proyecto se detalla el cartucho WiFi (red LAN inalámbrica).

- Cartucho de comunicaciones de red RS-232(estándar recomendado) (IQ-NCC-RS)
- Cartucho de comunicaciones de red telefónica (IQ-NCC-PH)
- Cartucho de comunicaciones de red Ethernet (IQ-NCC-EN)
- Cartucho de comunicaciones de red GPRS/móvil (IQ-NCC-GP)
- Cartucho de comunicaciones de red WiFi (IQ-NCC-WF)



Figura 20: Cartucho de comunicaciones de red IQ

FUENTE: Guía de usuario IQ-Rain Bird (2019).

2.10.3. Tipos de controladores de satélites IQ

Los controladores satélites IQ están configurados como satélite directo, servidor o cliente. Dado el tamaño de las áreas verdes del templo SUD solo se hace referencia al satélite directo.

a. Satélite directo

Se denomina satélite directo al instalar y configurar el NCC en el controlador de riego. Los satélites directos se comunican usando cualquiera de los cinco medios de comunicación con el ordenador central, en el cual se tiene instalado y configurado el software IQ como se muestra en la Figura 21. En las versiones más recientes, la comunicación es con la plataforma IQ alojada en la nube y gestionada a través del computador central o dispositivo móvil. Los satélites directos no se comunican con otros satélites a diferencia del tipo servidor o cliente (Rain Bird, 2015).

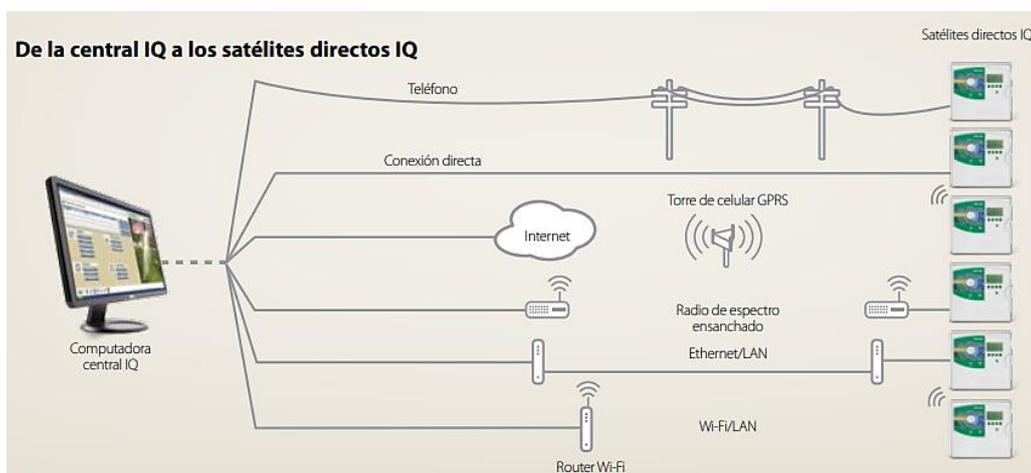


Figura 21: Satélite directo y sus variantes para la comunicación con la PC

FUENTE: Manual IQ de Rain Bird (2015)

2.10.4. Componentes del cartucho de comunicaciones de red IQ (IQ-NCC)

- Antena o cable de Puerto IQ: La antena o cable de Puerto IQ proporciona la comunicación con el ordenador central IQ.
- Módulo de conexión (CM): El módulo de conexión instalado en el controlador ESP-LXD permite la comunicación por cable a alta velocidad entre el satélite servidor y el satélite cliente en una IQNet. Se da en casos sean proyectos grandes o se gestionen varios sistemas de riego.
- Cable del puerto del módulo de conexión: El cable del puerto del módulo de conexión proporciona la conexión entre el IQ-NCC y el CM.
- Cable de módem de radio: Un módem de radio también se puede conectar al IQ-NCC para lograr una comunicación de radio inalámbrica.

2.10.5. Software configurador de NCC

Se instala fácilmente en la computadora central para la interacción con el controlador, en el caso de los dispositivos móviles el aplicativo acepta la configuración predeterminada realizada en ordenador central, permite el control integrado hasta cinco satélites (controladores), la capacidad satelital del IQ puede expandirse de manera simple y accesible para satisfacer sus requisitos del sistema de riego llegando a controlar hasta 200 válvulas por controlador (Rain Bird, 2015).

2.10.6. Controles e indicadores del NCC en el controlador

Esta sección proporciona las indicaciones LED y las opciones del menú del panel frontal que se pueden utilizar para comprobar si la instalación, el funcionamiento y la configuración del cartucho son correctos (Rain Bird, 2015).

- Botón de restablecimiento: El botón de restablecimiento del cartucho reinicia la programación interna y vuelve a habilitar las comunicaciones con el ordenador central IQ sin afectar los ajustes de configuración.
- Indicadores LED: Las tres luces LED al frente de cada cartucho indican el estado de cada puerto de comunicación en cualquiera de los controladores de satélite (Ver Anexo 6).

III. METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN Y EXTENSION DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Templo de los Santos de los Últimos Días se encuentra ubicada en el distrito de Cayma, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa a una elevación de 2433 m.s.n.m. Su ubicación geográfica es latitud sur $16^{\circ} 22' 30.39''$, longitud oeste $71^{\circ} 32' 19.36''$. EL área de estudio cuenta con 1.3 hectáreas de áreas verdes (Ver Figura 22).

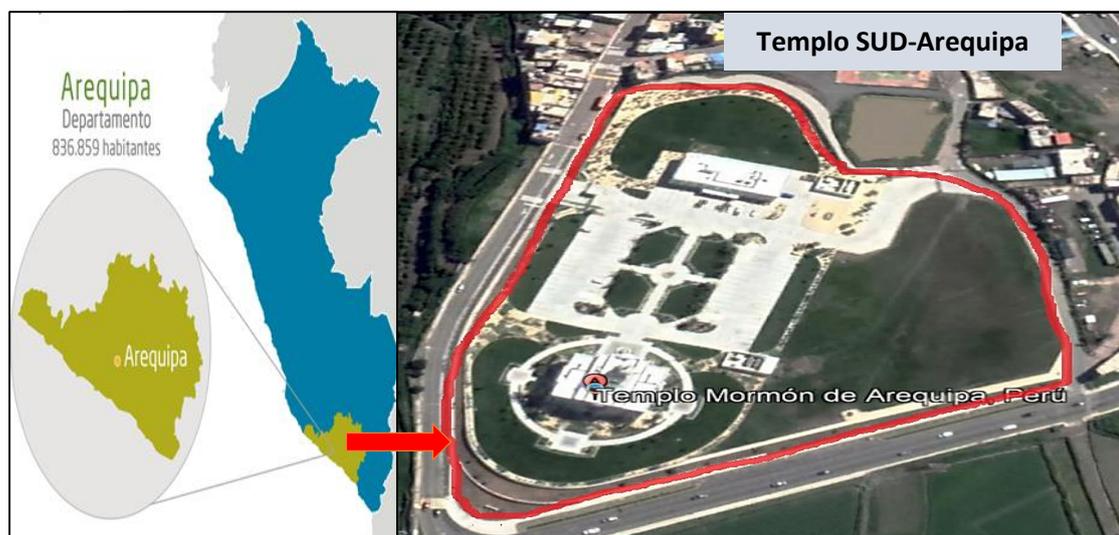


Figura 22: Ubicación geográfica del área de estudio

FUENTE: Google Earth (2019)

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos considerados para el desarrollo de la investigación son:

3.2.1. Materiales

- Plano topográfico.
- Plano arquitectónico de exteriores.
- Variables climáticas.
- Tipos de vegetación.
- Cantidad y calidad de agua.
- Características del suelo.
- Tesis, libros, manuales, fichas técnicas y catálogos.
- Cámara fotográfica.
- Materiales de oficina.
- Equipo de protección personal.

3.2.2. Equipos

- Computadora portátil.
- *Software* de dibujo *AutoCAD* civil 2018.
- *Software* de simulación hidráulica *WaterCAD* edición 10.0.
- *Software* para el cálculo de requerimientos de agua de cultivos *CROPWAT* 8.0.

3.3. METODOLOGÍA

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados, se realizó la siguiente metodología.

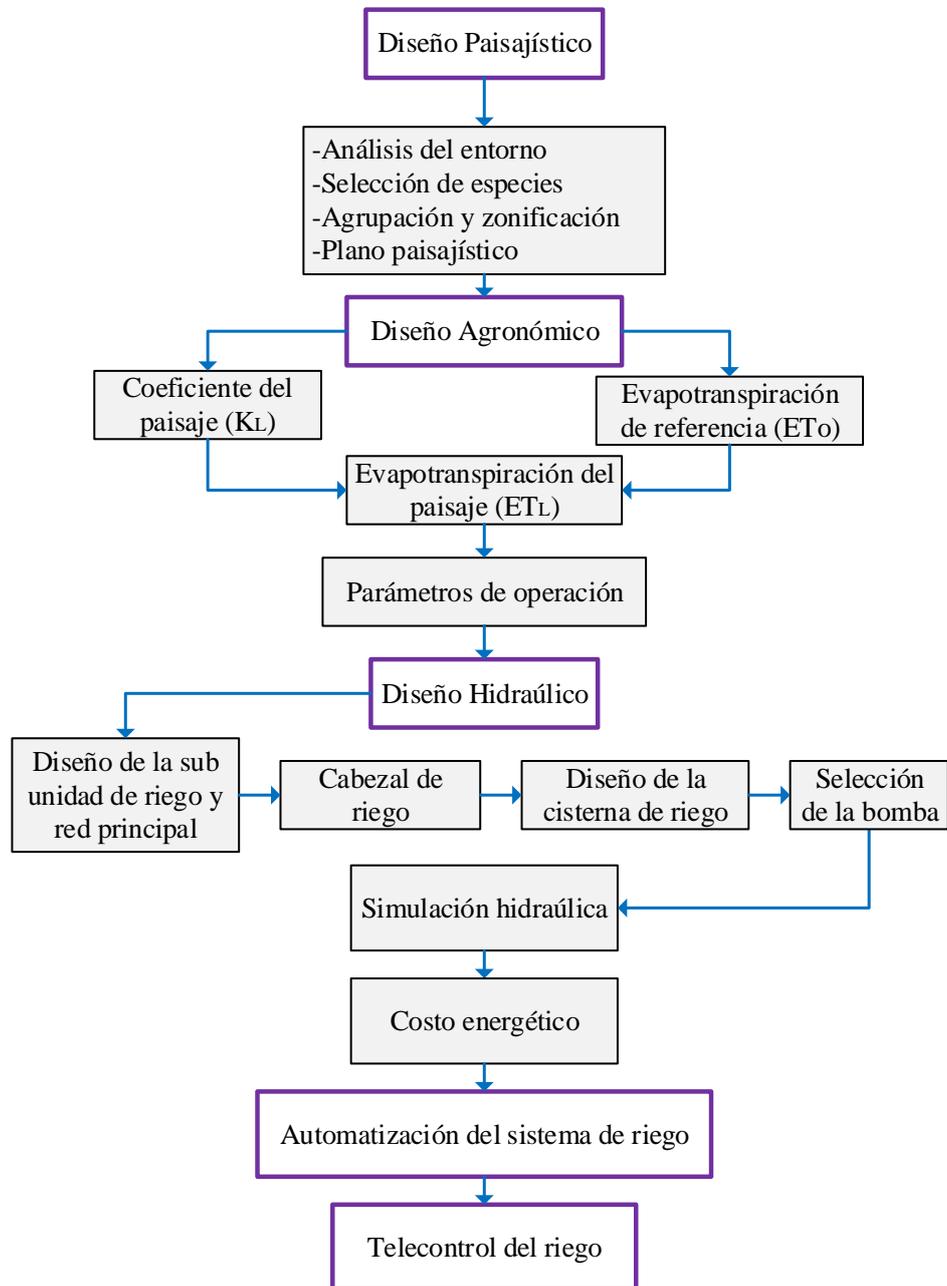


Figura 23: Diagrama de flujo de la metodología seguida

3.3.1. Diseño Paisajístico

El diseño paisajístico conllevó el análisis del entorno, la selección de especies y la zonificación de la vegetación (en función al tipo de uso requerido y al consumo hídrico). Por último, se plasmó todo lo realizado anteriormente mediante el plano paisajístico.

a. Análisis del entorno

Se realizó un análisis del entorno, identificando los puntos fuertes y débiles de las áreas destinadas para el paisajismo, se establecieron zonas óptimas para el descanso y recorridos principales en función al plano arquitectónico de exteriores. Este análisis fue complementado con la información básica obtenida (fuente de agua, tipo de suelo, clima, topografía, linderos).

b. Selección de especies

Se realizó la selección de especies bajo los criterios de tipo de uso (estético-utilitario para esparcimiento) y requerimiento hídrico similar. Se propuso el uso de cespitosas para climas templados, vegetación ornamental (arbóreas, arbustivas, herbáceas, tapizantes) de tipo exteriores en base al clima de Arequipa, plantas nativas, además de árboles con raíces pivotantes para evitar de antemano daños en el pavimento o problemas a las podadoras de césped, así como evitar romper o tapar tuberías. Para las plantas no nativas se sugirió una previa climatización y mejor acondicionamiento del suelo. También, se incluyó otros elementos inorgánicos como confitillo del lugar, piedra de canto rodado y otros. De esta manera se obtuvieron las especies y los elementos inorgánicos que conformaron el paisajismo.

A partir de los 5 tipos de vegetación seleccionados se determinó sus requerimientos hídricos respectivos, que se detallan más adelante en la parte agronómica. Con este diseño se buscó un equilibrio entre la impresión estética y un paisajismo eficiente en el consumo del agua. Según los tipos de especies mencionados y los diferentes requerimientos hídricos, se presentó un sistema de riego por aspersión y goteo, teniendo como prioridad el mantenimiento adecuado de las áreas verdes.

c. Agrupación zonificación de las especies

Al contar con diversidad de especies se tuvieron requerimientos hídricos variados, por lo que se planteó agrupar la vegetación en función de hidrozonas, por tanto, se tuvo tres tipos de hidrozonas, cada una conformada por especies con requerimientos similares, permitiendo realizar un diseño paisajístico eficiente en el consumo de agua entregando solo lo necesario a través de la programación del riego.

Se dispuso las especies en función: del tipo de uso, a la disposición del mobiliario del plano arquitectónico de exteriores y a las condiciones naturales del lugar, con mínimos movimientos de tierra a fin de reducir costos. En el diseño, las plantas se ubicaron de manera escalonada las más grandes hacia los extremos y las plantas más pequeñas hacia al interior, para dar una sensación de amplitud. Por último, antes del traslado de las especies se deberá realizar la preparación del terreno y mejoramiento del suelo.

d. Plano paisajístico

Se obtuvo el plano paisajístico como resultado de la integración de las hidrozonas, las condiciones naturales del terreno y el plano arquitectónico de exteriores.

3.3.2. Diseño agronómico

Con el fin de asignar un coeficiente de jardín (KL) para las áreas verdes del templo SUD, se estimó los coeficientes de especie, de densidad y microclima para los cinco tipos de vegetación seleccionados (arbóreos, arbustivos, herbáceos, tapizantes y cespitosas). Para lograrlo, se usó como base la guía “Clasificación del uso de Agua de las Especies Paisajísticas” (WUCOLS III) realizado por la universidad de California, el cual evalúa seis regiones que representan diferentes condiciones climáticas concluyendo en base a su experiencia en tablas de factor de especie, densidad y microclima. Con estas referencias y al clima del distrito de Cayma, se realizaron las estimaciones para las especies seleccionadas.

a. Determinación del coeficiente del paisaje (KL)

- Determinación del factor de especie (ks): Se determinó para cada uno de los cinco tipos de vegetación empleados, en base a la Tabla 1. Si todas las especies pertenecen a la misma categoría, los ks se promedian. Si no pertenecen a la misma categoría, se realiza un comparativo y se selecciona el mayor ks.
- Determinación del factor de densidad (kd): Se determinó para cada una de los cinco tipos

de vegetación empleados tomando como base la Tabla 2 y a la información obtenida del reconocimiento de las áreas verdes.

- Determinación del factor de microclima (km): Se determinó para cada una de los cinco tipos de vegetación empleados en base a la Tabla 3, para ello se valió de la información obtenida del reconocimiento de las áreas y de la condición climática; es decir del clima templado con vientos regulares y lluvias en los meses de diciembre a marzo.

b. Determinación de la evapotranspiración de referencia (Eto)

Se determinó la evapotranspiración de referencia (Eto) mensual con el método Penman-Monteith, haciendo uso de CROPWAT 8.0 y los registros de la estación meteorológica La Pampilla. Con fines de monitoreo del sistema de riego, la precipitación efectiva se obtuvo a partir de la estación meteorológica Arequipa del software CLIMWAT 2.0 por presentar data más confiable.

c. Determinación de evapotranspiración del paisaje (ETL)

Para los cinco tipos de vegetación, se calculó la ETL, en base al producto de la Eto y el KL. Para fines de diseño se seleccionó la ETL del tipo de vegetación con mayor consumo de agua, para satisfacer la reposición del agua y garantizar la demanda de las demás especies mediante el riego.

d. Determinación de los parámetros de operación

Las necesidades hídricas de las especies determinaron los distintos parámetros de operación necesarios para la programación del riego, a partir de la evapotranspiración del paisaje (ETL), la frecuencia de riego y de la precipitación efectiva (Pe) obtenida a través del modelo Cropwat 8.0; sin embargo, se diseñó para dar respuesta a las condiciones más críticas, por tanto, no se consideró la Pe. Se obtuvieron los parámetros de operación para las tres hidrozonas. A continuación, se presentan dichos parámetros.

- Lámina de riego bruta (Lb): Se obtuvo de la relación entre la lámina neta (Ln) y la eficiencia de aplicación (Ea) $\rightarrow Lb = Ln \text{ (mm)} / Ea \text{ (\%)}$
- Eficiencia de aplicación (Ea): Se consideró 90% para goteo y de 70% para aspersión.
- Precipitación horaria (Pp): Se usaron valores de acuerdo a las fichas técnicas de los emisores.
- Caudal de emisores: Se usaron valores de caudal acuerdo a las fichas técnicas de los emisores.

- Caudal de diseño (Qd): Se usó el caudal del turno más crítico, para el caso de aspersión y goteo respectivamente.
- Frecuencia de riego (Fr): Al tratarse de paisajismo enfocado en gran medida a lo visual se determinó un riego diario para mantener en condiciones estéticamente aceptable.
- Tiempo de riego (Tr): Se obtuvo de la relación entre lámina de riego (Lr) y la precipitación horaria (Pp) $\rightarrow Tr = Lr \text{ (mm)} / Pp \text{ (mm/hr)}$
- Turnos de riego (TR): Se obtuvo de la relación entre: Horas disponibles (hr) / Tiempo de riego (hr)

3.3.3. Diseño hidráulico

a. Diseño de las subunidades de riego y red principal (conducción)

- A partir del plano paisajístico y del diseño agronómico se realizó la selección y ubicación de los emisores en función a la forma del área y tipo de especie a regar, es decir de especies que requirieron riego por goteo o aspersión. Para la selección se tuvo en cuenta boquillas con caudales y precipitaciones similares, mientras que para la ubicación el radio de alcance y el traslape del cien por ciento de los emisores con el objetivo obtener una mayor uniformidad y evitar zonas amarillentas. Los diámetros de tubería de la subunidad se determinaron en función a la velocidad permisible de 1.3 m/s, a los diámetros comerciales y a la tolerancia de presiones. Finalmente se evaluó que las presiones de la subunidad no sobrepasen el 20% de la presión de trabajo del emisor que equivale a una variación de caudales del 10%.
- Con la agrupación de válvulas se determinó los turnos de riego y el número de válvulas por turno, el criterio fue juntar válvulas con velocidades de aplicación iguales o similares, además se buscó que los turnos por aspersión y goteo presenten caudales los más similares posibles con fines de tener un mejor desempeño por parte de la bomba. A partir de la distribución de las válvulas, se trazó la red de tuberías principal mediante el *software AutoCAD*; el archivo de la red se guardó en formato DXF para el posterior modelamiento hidráulico de los turnos. Los diámetros de la tubería principal también se calcularon en función a la velocidad permisible de 2m/s, a los diámetros comerciales y a la tolerancia de presiones.
- Teniendo en cuenta las cotas del lugar (desniveles), se calculó la pérdida de carga por fricción en los turnos con la fórmula de Hazen William (C=150).

- Las válvulas de aire se seleccionaron en función del diámetro de tubería y caudal de llenado, se ubicaron en los puntos con mayores cotas y cambios de dirección en la red de tubería principal (matriz). Permitieron prevenir el colapso de las tuberías por el efecto del vacío y/o la formación de bolsas de aire que impiden el flujo del agua provocando el golpe de ariete. También se incluyeron purgas, distribuidas estratégicamente para permitir la limpieza y el mantenimiento del sistema.

b. Cabezal de riego

El cabezal se diseñó en función al tamaño del proyecto, a las necesidades hidráulicas, al espacio disponible y a la calidad del agua, por lo tanto está conformada por los siguientes elementos: válvula de control tipo mariposa para el ingreso de agua, bomba vertical con VDF, una válvula de aire trifuncional, dos filtros de anillos, un retro lavado de filtros, un caudalímetro, una válvula de alivio de presión, una válvula de control tipo mariposa para la salida de agua y una cabina de control que contendrá el controlador de riego, el ordenador central y el tablero eléctrico.

c. Diseño de la cisterna de riego

Se diseñó la cisterna según la demanda requerida de las áreas verdes, el espacio disponible y su ubicación de la misma, de tal manera que se obtuvo una cisterna con capacidad volumétrica para dos días de riego. La cantidad de agua requerida para el sistema por aspersión se determinó del producto de su lámina a reponer y su área bajo riego, conformada únicamente por el césped americano. De manera similar se determinó la cantidad de agua requerida para el riego por goteo, en este caso se tomó la especie con mayor demanda de agua bajo este sistema, siendo esta la de tipo arbustiva. El abastecimiento será por medio de la red agua potable e ingresará por el lado opuesto a la succión de la bomba para evitar las burbujas de aire. El control del llenado de la cisterna estará a cargo de una boya y un electronivel que apagará la bomba cuando no haya agua y encenderá cuando la cisterna esté llena. La cisterna estará ubicada en el sótano del albergue junto al cabezal de riego.

d. Selección de bomba

A partir de los requerimientos de presión y caudal críticos, se seleccionó la bomba más adecuada para el sistema de riego. La estimación de la potencia se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia(Hp)} = \frac{\text{Caudal por turno} \left(\frac{l}{s}\right) \times \text{Presión(m)}}{75 \times \text{Ef motor (\%)} \times \text{Ef bomba(\%)}}$$

- La eficiencia del motor al igual que la eficiencia de la bomba se tomó según ficha técnica del fabricante.
- Se calculó el valor de la Altura neta positiva de aspiración disponible (NPSHd) en el sistema, siendo este mayor al NPSH requerido de la bomba, evitando así efectos de cavitación.

De acuerdo a la ficha técnica de fabricante, se seleccionó la bomba con variador de frecuencia (VDF) para poder cubrir los requerimientos de presión y caudal de los diferentes turnos bajo riego por aspersión y goteo.

Con la información de la curva de funcionamiento proporcionada por la ficha técnica del fabricante, se ingresaron los puntos de operación y la eficiencia de la bomba en el modelo creado en el software WaterCAD a través de la pestaña “Head” de la herramienta *Pump Definition*. Con ello se dibujó la curva de la bomba y la curva de resistencia del sistema. En la Figura 24 se muestra cómo se ingresaron los puntos de operación para el turno crítico 9.

	Flow (L/s)	Head (m)
1	4.44	57.00
2	6.90	53.80
3	7.10	49.50
4	8.89	42.00
5	9.60	39.00

Figura 24: Definición de los parámetros de la bomba

FUENTE: Tomado de *software WaterCAD*

e. Modelamiento hidráulico utilizando *software* WaterCAD versión 10.0

Se calibró el modelo estableciendo las unidades en el sistema internacional, el tipo de análisis de tiempo fue en periodo estático, se buscó la distribución de caudales y presiones de red en condiciones constantes. El método usado para la pérdida de carga fue de Hazen-Williams con coeficiente de fricción de 150, el tipo de líquido fue agua a 20 C°, el tipo de tubería fue PVC para conducción de agua fría; además de ingresar la información de entrada como demandas de emisores, elevaciones, características de operación de la bomba y la cisterna.

Los pasos seguidos para el modelamiento de la red de riego fueron los siguientes:

- Se Configuró el nuevo proyecto, nombre del modelo y unidades en el sistema internacional.
- Se Configuró el tipo de líquido, la ecuación de pérdidas de carga, el tipo de material y el tipo de análisis a emplear.
- Se creó el modelo a través de la herramienta *ModelBuilder* (constructor de modelos) que permitió importar la red diseñada en el *software* AutoCAD a través de la extensión DXF.
- Se ingresó la siguiente información:
 - En nodos: Se ingresaron la elevación a través de la herramienta *TRex*(topografía), estas varían desde 2428.38 m.s.n.m. correspondiente al sector D hasta 2435.89 m.s.n.m. correspondiente al sector A (ver Figura 26). De esta manera se asignaron las cotas a todos los componentes del sistema de riego. Por otro lado, también se ingresaron las demandas de los emisores a través de la herramienta *Demand Center* (centro de demandas).
 - En tuberías: Se ingresó la rugosidad de las tuberías de PVC, se empleó un factor de Hazen y Williams $C=150$. También se verificó el diámetro y la longitud.
- Para configurar la bomba se ingresó los caudales de operación, carga total, eficiencia de la bomba y del motor, mediante la herramienta *Pump Definitions* (Definición de bomba)
- Se ingresó datos de la cisterna y sus elevaciones.
- Se ingresó datos de las válvulas, se trabajó con la válvula reguladora de presión (PRV)
- Se creó los escenarios y se asignó las alternativas para los turnos de riego.
- Se verificó la topología del modelo y se corrió el software para el turno correspondiente.

Finalmente, el modelamiento permitió realizar la verificación y análisis de las variables hidráulicas como la presión en la válvula y en los emisores, caudales de los emisores, caudales de las válvulas y en tuberías, ajuste de diámetros de tuberías, velocidad de flujo y el comportamiento de la bomba.

f. Costo energético

Dadas las condiciones del Templo se estableció el tipo de tarifa MT3, en base al pliego tarifario de la empresa distribuidora de energía eléctrica en Arequipa SEAL S.A. bajo la regulación de Osinergmin.

- Costo de bombeo

$$CB = Pc \times t \times Cw$$

CB : Costo de bombeo, en S/

t : Tiempo de funcionamiento, en horas

Cw : Precio de electricidad por kW-h, fuera de hora punta es S/ 0.21 en hora punta y S/ 0.26

Pc : Potencia de bombeo consumida, en Kw. Se calculó por turno de riego.

- Costo de potencia

$$CP = P_{\text{máx}} \times (C_{\text{pg}} + C_{\text{pd}})$$

CP : Costo mensual de la potencia, en S/

P_{máx} : Máxima potencia mensual registrada.

C_{pg} : Costo de la potencia de generación, es dada por la máxima potencia activa registrada mensual en horas fuera de punta es de S/ 33.11

C_{pd} : Costo de la potencia de distribución, es el cargo por potencia por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta es de S/ 11.78

Finalmente se obtuvo:

$$\text{Costo por consumo energético (s./)} = CB + CP$$

3.3.4. Automatización del sistema de riego

Se presenta el siguiente procedimiento para llevar a cabo la automatización del riego.

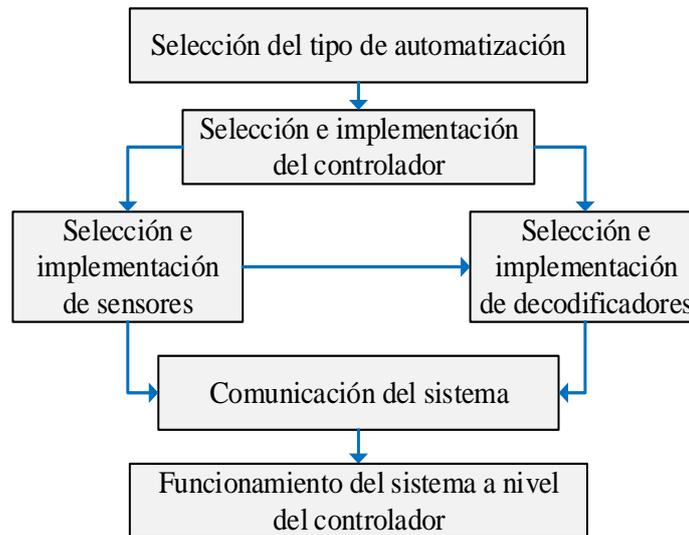


Figura 25: Flujograma de procesos para la automatización del riego

a. Selección del tipo de automatización

Para la selección del tipo de automatización se establecieron tres opciones:

- Automatización mediante un controlador y mando hidráulico a distancia (microtubos)
- Automatización mediante un controlador convencional y cableado eléctrico.
- Automatización mediante un controlador monocable y decodificadores.

La selección se realizó mediante un comparativo general de operatividad y costos. En la operatividad se evaluaron cantidad de personal, tiempo de operación y funcionamiento. En los costos se consideró la implementación y operación.

La finalidad fue seleccionar el sistema que mejor se adapte a las condiciones y requerimientos del templo SUD como la de permitir las ampliaciones de las áreas verdes sin dañar ciertos sectores de asfaltado por donde pasa la red de tuberías, ser gestionado de forma remota, presentar mayor autonomía y mayor fiabilidad en la implementación.

b. Selección e implementación del controlador

Para la selección del controlador se consideraron los siguientes criterios:

- Adaptabilidad a las condiciones del proyecto.
- Capacidad máxima de electroválvulas posibles a controlar.
- Ofrecer diversas opciones de comunicación para garantizar el funcionamiento de todos los actuadores en campo.
- La forma de accionamiento de las válvulas en campo, teniendo en cuenta las características del suelo y el tamaño del proyecto (cantidad de válvulas).
- Compatibilidad con sensores.
- Compatibilidad con tecnologías IoT.
- Capacidad del hardware para múltiples funciones e interfaz intuitiva para el usuario.
- Compatibilidad con fuentes de energía fijas y recargables.
- Grado de comercialización y fiabilidad, ante imprevistos permitir el reemplazo con facilidad por su stock (disponibilidad) en el mercado nacional.

Se implementará dentro del cuarto de bombas, la fuente de energía será eléctrica proveniente del sistema interconectado y tablero eléctrico. Asimismo, controlará el riego, además del encendido y apagado de la bomba según la programación.

c. Selección e implementación de sensores

- Sensor de caudal

Permitirá un monitoreo preciso previa configuración en el controlador. Se consideraron los siguientes criterios para su selección:

- Permitir el envío de datos de caudal al controlador de riego.
- Disponer de una lectura precisa de caudal.
- Rango de funcionamiento entre 4.5 m³/h – 68.1 m³/h
- Tener la función de protección contra descargas.
- Fiabilidad y precisión.
- Tiempo de respuesta.

El sensor se instalará en la tubería matriz, a la salida del cabezal de riego mediante un accesorio en forma de T acoplado al sensor (Ver Figura 17).

- Sensor de lluvia

El sensor de lluvia previa configuración en el controlador, permitirá suspender el riego cuando la lluvia supere la cantidad programada. La cancelación del riego será mediante su función de apagado en sincronización con el controlador de riego. Según lo manifestado para la selección del sensor se consideraron los siguientes criterios:

- Adaptabilidad al controlador de riego.
- Poseer su propia interfaz de usuario.
- Comunicación inalámbrica, dando mayor flexibilidad y facilidad para la ubicación del sensor; en vista de las condiciones desfavorables para hacerlo vía cableado.
- Tener la función de protección contra descargas.
- Fiabilidad y precisión
- Tiempo de respuesta
- Distancia de sensado

Al ser inalámbrico, el sensor se ubicará en la terraza del Albergue, eliminando el uso de cables para comunicarse con su interfaz de usuario en un rango de alcance de hasta 213 m; esta interfaz se instalará junto al controlador en el cabezal de riego ubicado en el sótano del Albergue.

- Sensor de humedad

Los sensores de humedad permitirán la interpretación de lecturas en función del umbral de humedad establecido. Si el contenido de agua del terreno es superior al umbral establecido, el sensor comunicará al controlador para realizar los ajustes en la programación, en caso no se realice ajustes cancelará el ciclo de riego al dejar de suministrar corriente a las electroválvulas.

Se consideraron los siguientes criterios para su selección:

- Adaptabilidad al controlador de riego.
- Tipo de conexión.
- Operación y facilidad de uso.
- Tiempo de respuesta.
- Fiabilidad y precisión.
- Distancia de sensado.

- Características del medio donde se va instalar el sensor.

El área se dividió en los siguientes sectores A, B, C y D para una mejor ubicación y descripción de los elementos en campo, los sensores de humedad se implementarán estratégicamente en los sectores A, B, C correspondientes a las válvulas 4, 23 y 45 respectivamente y de forma estratégica para no ser afectados por sombras ni tengan un mayor uso de las personas con el fin de no alterar las lecturas de humedad. Se enterrará el sensor a una profundidad de 15 cm aproximadamente.

En la Figura 26 se observa el plano sectorizado (A, B, C y D) y la ubicación de los sensores y demás elementos para la automatización y telecontrol.

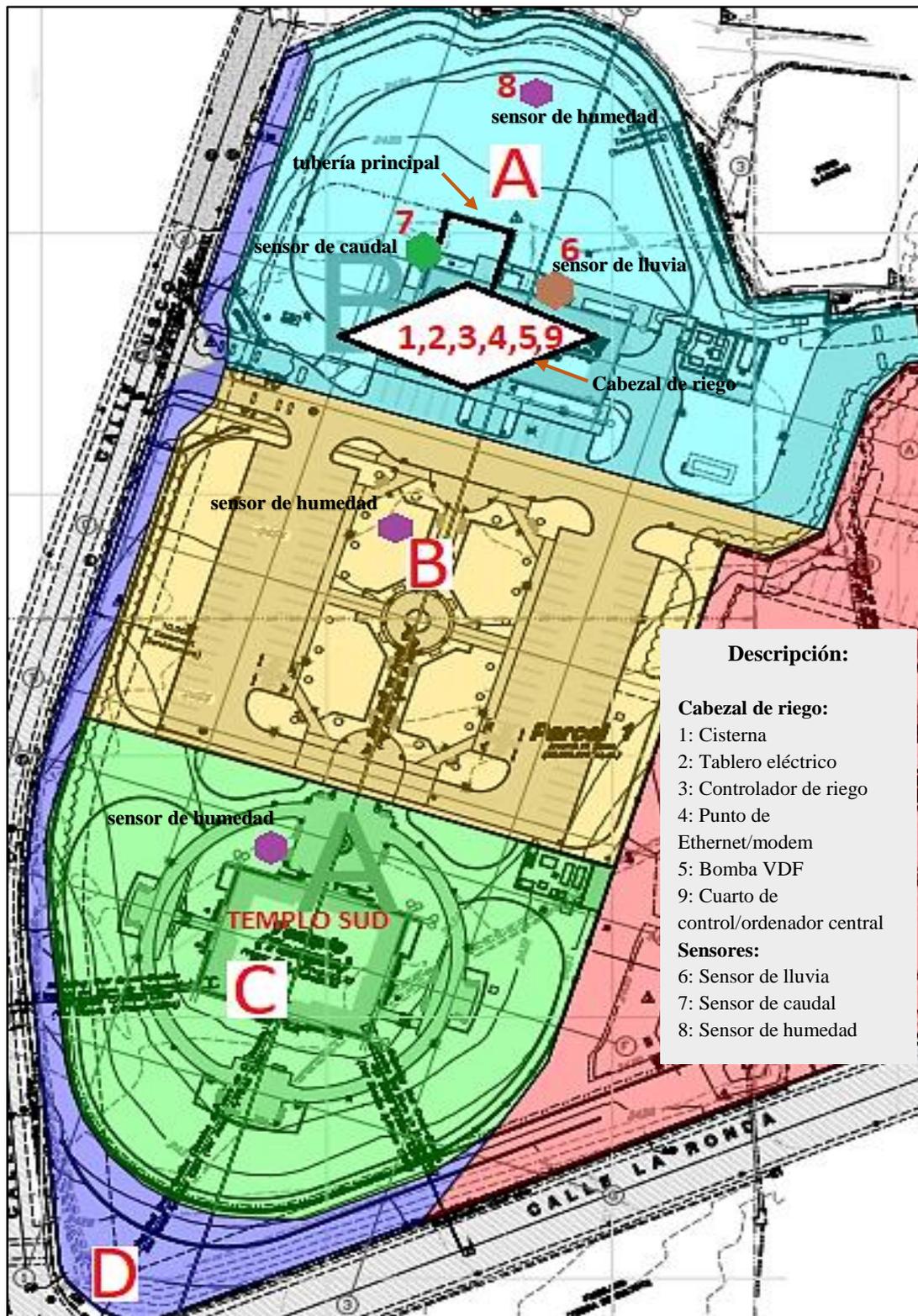


Figura 26: Plano sectorizado y ubicación de elementos para la automatización

d. Selección e implementación de los decodificadores

Se usaron decodificadores como dispositivos que activan el sistema de riego. Se siguieron los siguientes criterios para su selección:

- Permitir la comunicación del controlador con los actuadores (válvulas, bomba).
- Permitir ampliar las áreas a regar sin la necesidad de hacer una reinstalación.
- Eliminar los múltiples cables para el accionamiento de válvulas.

Bajo esta línea se seleccionaron decodificadores de campo, de sensores y de protección contra descargas eléctricas; dentro de los decodificadores de campo están aquellos que activan la bomba y las electroválvulas; los decodificadores de sensores se utilizan para proporcionar información meteorológica o de caudal al controlador; por último los decodificadores contra descargas protegen al controlador y a la ruta monocable con una adecuada conexión a tierra, además de reducir de manera significativa el tiempo de reparación y el gasto.

e. Programación del riego

La programación del riego se llevó a cabo en el controlador de la siguiente manera:

- Como primer paso, se configuró la hora y fecha, el tipo de válvula, los sensores y el registro de válvulas.
- Como segundo paso se configuró el programa de riego (en este apartado se seleccionó el tipo de programa), la hora de inicio del riego, la frecuencia del riego y el tiempo de riego por válvula.
- Como tercer paso se configuró la gestión y asignación de caudal de forma manual para las válvulas del proyecto.
- Como cuarto paso se configuró el caudal máximo por turno, el número máximo de estaciones en simultáneo y la prioridad del riego con ello el controlador asignó los turnos de riego.
- Finalmente, se hizo la verificación de las configuraciones hidráulicas y de continuidad eléctrica.

f. Comunicación del sistema

La comunicación del controlador con la bomba, electroválvulas y sensores para el funcionamiento del sistema dependerá del tipo de automatización. El control y monitoreo

del riego a este nivel será necesariamente desde el centro de mando ubicado en el cabezal de riego.

g. Funcionamiento del sistema a nivel de controlador

La automatización lo llevará a cabo el controlador de riego previa configuración de válvulas y sensores. Este controlador de acuerdo a su programación activará y desactivará la bomba, así como a las válvulas en campo. A este nivel al ser un sistema sin la implementación de gestión remota no tendrá respuesta inmediata ante imprevistos y se tendrá que disponer de un administrador de riego y personal en campo para realizar las modificaciones que sean necesarias.

3.3.5. Telecontrol del riego

Mediante el siguiente procedimiento se realizará el telecontrol del riego.

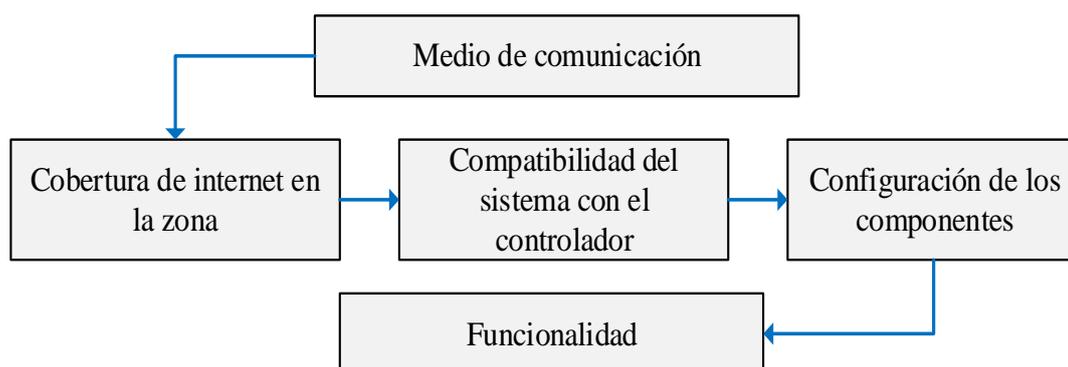


Figura 27: Flujograma de procesos para el telecontrol del riego

a. Medio de comunicación

La comunicación del sistema de telecontrol se realizará por medio de la red de internet, siendo este el medio más accesible y sencillo por su ubicación urbana del Templo SUD, permitiendo la comunicación con total fiabilidad. El controlador tendrá integrado un cartucho de comunicaciones de red (NCC), el cual permitirá la comunicación con el ordenador central y/o dispositivo móvil. Al ser un sistema basado en la nube el control y monitoreo del riego se efectuará desde cualquier punto con cobertura de internet.

Para su implementación se utilizará un modem-router cercano al controlador y al ordenador central para garantizar la conexión inalámbrica.

b. Cobertura de internet en la zona

Se garantiza la cobertura de internet por parte del proveedor de servicio de internet (ISP)- Movistar, debido a la ubicación urbana del Templo SUD en el distrito de Cayma, provincia de Arequipa.

c. Compatibilidad del sistema de telecontrol con el programador

Será necesario seleccionar un controlador que permita una comunicación adecuada con el sistema de telecontrol. Este sistema es de arquitectura abierta capaz de crecer o adaptarse según las necesidades del proyecto.

Para que dicha comunicación sea posible se tuvo que configurar en gabinete el ordenador central, la plataforma web y el controlador de riego garantizando de esta manera una correcta transmisión de datos.

d. Configuración de los componentes para el telecontrol

Los componentes a configurar en gabinete son los siguientes:

- Configuración del controlador

Se configuró de manera que la comunicación con el ordenador central y/o dispositivo móvil sea directa, sin la posibilidad de interconexión con otros controladores, básicamente por el tamaño de las áreas verdes y para garantizar la seguridad del sistema. Por otro lado, con la configuración, el controlador podrá ser visible y recibir los datos de la plataforma (nube).

- Configuración en el ordenador central

Del mismo modo se configuró el ordenador central para poder acceder a la plataforma y poder comunicarse con el controlador de riego. Los campos de ajustes se encontraron en blanco por ser la primera vez y se ingresaron una serie de parámetros de configuración proporcionados por el proveedor del sistema de internet (ISP-Movistar) a través de la interacción router y el centro de redes del ordenador.

- Configuración y programación del riego en la plataforma web

Con el fin de gestionar el riego de forma remota se ingresó toda la programación y

configuración realizada anteriormente en el controlador a la plataforma web. La configuración básica se realizó de forma manual como la hora y fecha, registro de perfil, nivel de usuario, datos del sitio (ubicación, zona horaria) y el tipo de controlador. La programación del riego y la configuración de sensores también se realizó de forma manual, sin embargo, se puede realizar de forma automática, esto dependerá del tipo de controlador.

e. Funcionalidad

Se buscó establecer un sistema sencillo y fiable, de fácil uso con una interfaz intuitiva, que permita efectuar el control y monitoreo del riego desde cualquier punto con cobertura de internet y en tiempo real.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INFORMACIÓN GENERAL

4.1.1. Fuente de agua

Según los planos proporcionados, la información básica recolectada y el requerimiento hídrico máximo de 70 m³ diarios, se determinó una cisterna de 120 m³ para dos días de reserva y como un factor de seguridad ante imprevistos. Será abastecida por la red de distribución de agua potable. La fuente de energía provendrá del tablero eléctrico para el control de llenado de la cisterna por el electronivel a través de un interruptor termomagnético.

4.1.2. Calidad de agua

Del estudio hidrogeoquímico proporcionado, la conductividad eléctrica del agua es de 950 µS/cm menor a 1500 µS/cm, por lo que la muestra corresponde a una calidad de agua potabilizada con desinfección, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría A1 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) como se aprecia en la Tabla 11. El pH fue de 7.79 valor que representa a aguas ligeramente alcalinas.

Tabla 11: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Físicos-Químicos				
Conductividad	µS/cm	1500	1600	**

Nota:

** Parámetro no aplica para esta subcategoría

4.1.3. Tipo de suelo

El terreno contiene buen porcentaje de arena y se comporta como un suelo de textura franco arenoso. El suelo presenta una conductividad eléctrica de 2.57 dS/cm por tanto presenta ligera salinidad de acuerdo a la Tabla 12.

Tabla 12: Suelos salinos según su conductividad eléctrica

Clasificación	CE en dS/m a 25°C
No salino	0-2
Ligeramente salino	2-4
Moderadamente salino	4-8
Fuertemente salino	8-16
Extremadamente salino	>16

FUENTE: Flores (1991)

4.1.4. Condiciones climáticas

Presenta, un clima templado cálido a 2300 m.s.n.m con temperatura media anual que oscila entre 9.9° C a 23.8 °C, siendo agosto el mes de condiciones más extremas con una temperatura máxima de 24.3° C y mínima de 7.6 ° C. Las precipitaciones se dan de diciembre a marzo; además, presenta constante insolación durante el año, con una desecación que es acentuada por los vientos del Sur a Este según la Tabla 13.

Tabla 13: Datos hidrometereológicos - Estación Pampilla

Mes	Temp min	Temp max	Insolación	Precipitación
	°C	°C	horas	mm
Enero	12.2	23.1	7.9	135.6
Febrero	12.0	22.5	7.6	149.8
Marzo	12.0	23.5	8.0	11.5
Abril	10.5	23.5	8.6	5
Mayo	8.7	24.1	9.5	1
Junio	8.4	24.1	9.4	0
Julio	7.7	23.7	9.5	0
Agosto	7.6	24.2	10.0	0
Setiembre	9.0	24.3	9.7	0
Octubre	9.4	24.1	10.0	2
Noviembre	10.4	24.3	9.7	7.9
Diciembre	11.0	24.3	9.6	29.5

FUENTE: SENAMHI (2020)

4.2. NECESIDADES HÍDRICAS DE LAS PLANTAS

4.2.1. Evapotranspiración de referencia

La ETo se calculó con el método Penman-Monteith a través del *software* Cropwat a partir de los datos climáticos obtenidos de la estación meteorológica la Pampilla para el periodo 2016-2020. En la Tabla 14 se muestra los resultados obtenidos, siendo 5.91 mm/d la máxima evapotranspiración, dato que permitió determinar la máxima demanda del sistema de riego.

Tabla 14: Evapotranspiración de referencia mensual

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo(mm/d)	4.63	4.29	4.29	4.02	4.16	4.30	4.47	5.15	5.51	5.91	5.83	5.63

4.2.2. Coeficiente del paisajismo (KL)

Los coeficientes de paisajismo para los cinco tipos de vegetación se determinaron utilizando los coeficientes de vegetación propuestos en la guía WUCOLS III (revisar tablas 1, 2 y 3) en base a las características del tipo de vegetación y las condiciones climáticas obtenidas de la estación la Pampilla. En la Tabla 15 se observa los KL de los cinco tipos de vegetación, donde las cespitosas presentan mayor KL (0.85) y tapizantes menor KL (0.39). Para la asignación de los coeficientes se tomó como referencia la Tesis “Selección, zonificación y programación del riego para el ahorro del agua en los jardines de la UNALM” (Figueroa, 2019).

Tabla 15: Coeficiente del paisajismo (KL)

Tipo de vegetación	Coeficiente del paisajismo (KL)			
	Ks	Kd	Km	KL
Arbóreos	0.50	1.00	1.00	0.50
Arbustivos	0.50	1.00	1.00	0.50
Herbáceas	0.45	1.00	1.00	0.45
Tapizantes	0.35	1.10	1.00	0.39
Cespitosas	0.85	1.00	1.00	0.85

Cálculo del Ks: como se presentó en la Tabla 15, la mayoría de los tipos de vegetación empleados (árboles, arbustivos, herbáceas y tapizantes) presentan un consumo de agua moderado, con un ks máximo de 0,6. Sin embargo las de tipo cespitosas, específicamente el césped americano, se encuentra en la categoría de alto consumo de agua con un Ks de 0,85.

Cálculo del Kd: los tapizantes se presentan en cantidades compactas (tupidas), por lo tanto, se le asignó un kd de 1.1. El resto de hidrozonas presenta una especie dominante con una cubierta de copa entre 70% y 100% por lo cual se les asignó un Kd de 1.

Cálculo del Kmc: toda la vegetación presentará un entorno de campo abierto y sin vientos extraordinarios o atípicos, por lo tanto, se le asignó un kmc de 1.

4.2.3. Evapotranspiración del paisajismo (ETL)

Se determinó para cada tipo de vegetación, en el caso de tener diferentes tipos de vegetación en una misma zona de riego se tomará el de mayor ETL. Para evitar requerimientos hídricos diferentes se realizó la zonificación de especies mediante hidrozonas en armonía con la impresión estética. En la Tabla 16 se visualiza a las cespitosas como las de mayor consumo de agua con 5.02 mm/d; por tano se consideró este tipo de vegetación para fines de diseño y garantizar la correcta reposición de agua.

Tabla 16: Evapotranspiración del paisaje por tipo de vegetación

Tipo de vegetación	KL	ETo (mm/d)	ETL (mm/d)
Arbóreos	0.50	5.91	2.96
Arbustivos	0.50	5.91	2.96
Herbáceas	0.45	5.91	2.66
Tapizantes	0.39	5.91	2.28
Cespitosas	0.85	5.91	5.02

4.3. DISEÑO PAISAJÍSTICO

4.3.1. Vegetación empleada

Las especies seleccionadas se muestran en las Tablas 17, 18, 19 y 20, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, el requerimiento hídrico, disposición final del usuario y el área del espacio designado. Algunas especies fueron aclimatadas en un vivero acondicionado y otras fueron especies nativas.

Tabla 17: Lista de especies árboles seleccionados

Árboles	Código	Nombre científico /Nombre común	Diámetro	Altura	Cantidad
	ACA MAC	<i>Acacia macracantha</i> `Vilco` / Porknut	80 mm	1.5 m	16
	JAC MIM	<i>Jacaranda mimosifolia</i> / Jacaranda	80 mm	2.0m	27
	SAM PER	<i>Sambucus peruvian</i> / Sauco	85 mm	1.5 m	24
	EUP PUL	<i>Euphorbia pulcherrima</i> / Carolenal	60 mm	1.5 m	4
	FRA AME	<i>Fraxinus americana</i> / Fresno	80 mm	2.0 m	1
	GRE SIL	<i>Grevillea robusta</i> / Grevillea	80 mm	1.5 m	2
	LAU NOB	<i>Laurus nobilis</i> / Laurel Comes Fible	60 mm	1.5 m	4

«continuación»



PAR
ACU

Parkinsonia aculeata /
Palo Verde

60 mm

1.75
m

4



SCH
MOL

Schinus molle / Molle
Serrano

150 mm

1.75
m

3



SEN
DID

Senna didymobotrya /
Mutuy

50 mm

1.5 m

11



SYA
ROM

Syagrus romanzoffiana
/ Cocotero

1000mm

6.0 m

24



TEC
STA

Tecoma stans / Lluvia
de Oro

60 mm

1.75
m

4



CUP
MAC

*Cupressus
Macrocarpa*/Pino
limon

100 mm

2.5 m

16



FIC
BEN

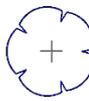
*Ficus
benjamina*/Benjamina

70 mm

2.0 m

16

Tabla 18: Lista de arbustos seleccionados

Arbustos		Código	Nombre científico/Nombre común	Bolsa	Altura	Cantidad
		AGA AF2	<i>Agapanthus africanus</i> / Agapanto	Bolsa 5	0.50m	190
		CAE PUL	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> / Flamboyán	Bolsa 6	0.30m	34
		CAN BUX	<i>Cantua buxifolia</i> / Cantuta	Bolsa 5	0.75m	113
		CAR TOM	<i>Carissa macrocarpa</i> / Carissa	Bolsa 5	0.60m	414
		COP REP	<i>Coprosma repens</i> / Coprosma	Bolsa 5	0.60m	117
		HIB ROS	<i>Hibiscus rosa</i> / Cucarda Simple	Bolsa 5	0.60m	10
		LAN MON	<i>Lantana montevidensis</i> / Lantana Rastrera	Bolsa 5	0.30m	89
		NER OLE	<i>Nerium oleander</i> / Laurel con flor blanca	Bolsa 5	0.60m	32
		ROS IC2	<i>Rosa floribunda</i> `Iceberg` / Rosa	Bolsa 5	0.60m	122

«continuación»



ROS
OFF

Rosmarinus officinalis /
Romero

Bolsa
5

0.50m

116



RUS
EQU

Russelia equisetiformis /
Cuetecillo

Bolsa
5

0.60m

219



SAL
LEU

Salvia leucantha / Salvia
Rusa

Bolsa
5

0.50m

81



NER
OLE

Nerium oleander / Laurel
con flor blanca

Bolsa
5

0.6m

32



WES
FRU

Westringia fruticosa /
Westringia

Bolsa
5

0.60m

49

Arbustos nativos



MUT
ARE

Mutisia arequipensis /
Chinchilcuma

Bolsa
5

0.60m

42



PUY
CYL

Puya cylindrica /
Achupaya

Bolsa
5

0.60m

59



MYR
COM

Myrtus communis `Mirto`
/ Myrtus

Bolsa
5

0.6m

44

Tabla 19: Lista de herbáceas seleccionados

Herbáceas	Código	Nombre científico/Nombre común	Bolsa	Altura	Cantidad
	 HEM FUL	<i>Hemerocallis fulva</i> / Flor de un día	Bolsa 3	0.30 m	307
	 AGA AFR	<i>Agapanthus africanus</i> / Agapanto 600mm	Bolsa 5	0,50 m	64
	 GAZ RIG	<i>Gazania rigens</i> / Gazania 300mm	Bolsa 3	0.15m	294
	 LIR MUS	<i>Liriope muscari</i> / Liriope Gigante 300mm	Bolsa 3	0.15m	84
	 LOB MAR	<i>Lobularia maritima</i> / Lagrimas de la Virgen 300mm	Bolsa 3	0.15m	777
	 PEP VAR	<i>Peperomia obtusifolia</i> `Variegata` / Peperomia Variegada 400mm	Bolsa 3	0.15m	742
Carnosas					
	 AGA ATT	<i>Agave attenuata</i> / Agave	Bosla 7	0.50m	20
	 ALO VER	<i>Aloe vera</i> / Sábila	Bolsa 3	0.30m	42

«continuación»

		CRA GOL	Crassula ovata `Gollum` / Coral	Bolsa 3	0.30m	22
		KAL BLO	Kalanchoe blossfeldiana / Kalanchoe	Bolsa 3	0.15m	494

Tabla 20: Lista de tapizantes seleccionados

Tapizantes	Código	Nombre científico/Nombre común	Bolsa	Altura	Cantidad
	 AP COR	<i>Aptenia cordifolia</i> /Aptenia	Bolsa 3	0.15 m	100 m ²
	 CES SE1	<i>Stenotaphrum secundatum</i> /Césped americano	semilla	0.10 m	7 366 m ²
	 MAN GRA	Mantillo de Grava - Gravel Mulch /grava de 6 mm color beige	granulado	0.10 m	4904 m ²

4.3.2 Zonificación de áreas verdes

Se zonificó cada área verde según el requerimiento hídrico de las especies y el tipo de uso que recibe: utilitario (esparcimiento) o estético (uso restringido) formando parte de una de las tres hidrozonas designadas como se observa en la Tabla 21. En la Figura 28 se muestra la zonificación de las áreas verdes en el plano.

Tabla 21: Zonificación de las áreas verdes por hidrozonas

Hidrozona	Tipo de vegetación	Tipo de riego	Tipo de uso
H 1	Cespitosas	Aspersión	Utilitario (esparcimiento)
H 2	Arbórea-arbustivo- herbácea-gravilla	Goteo	Estético
H 3	Herbácea-arbóreo- tapizante	Goteo	Estético

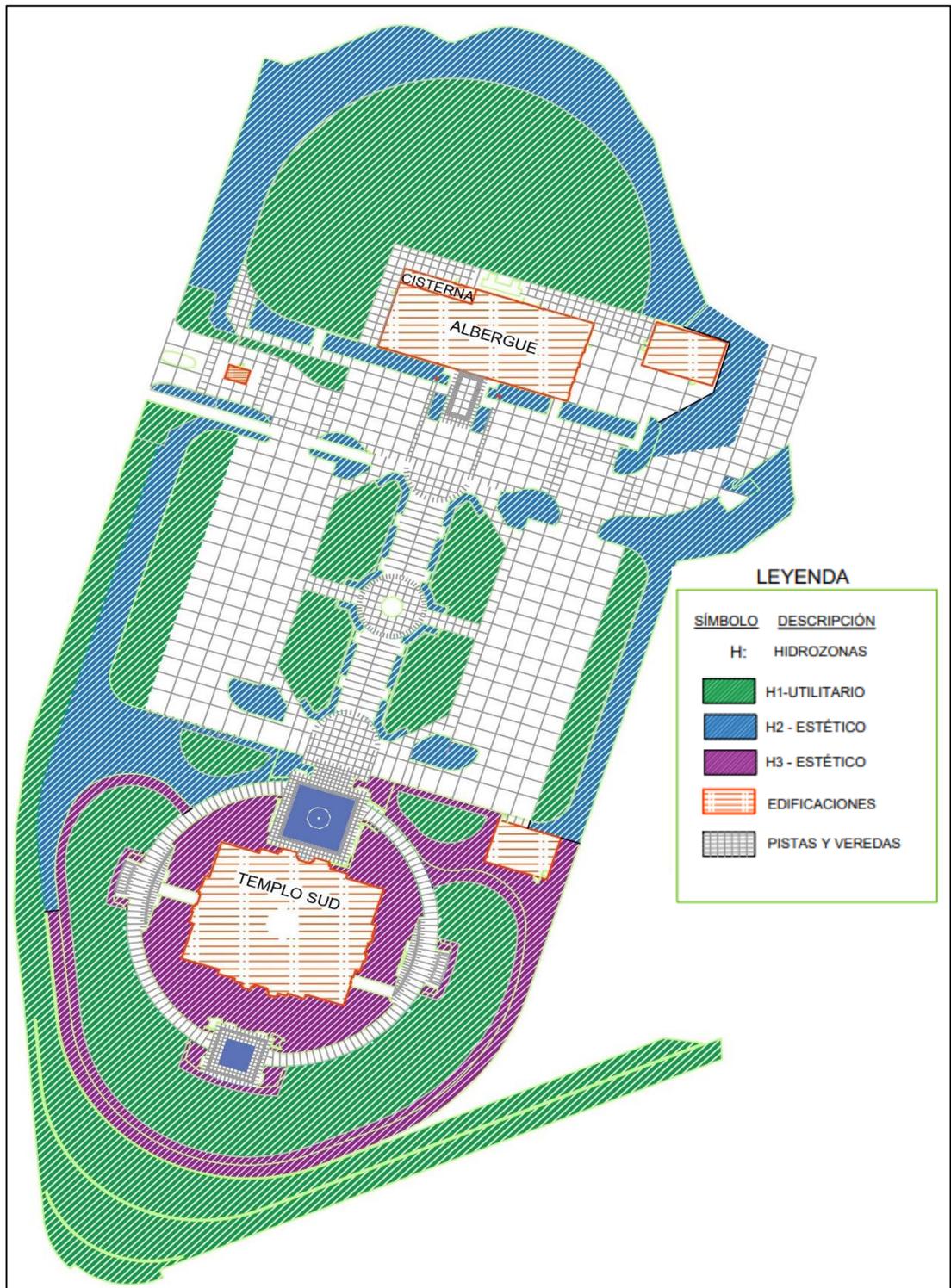


Figura 28: Zonificación de la vegetación

4.4. DEMANDA Y OFERTA DE AGUA

4.4.1. Demanda de agua

En la Tabla 22 se muestra la demanda del césped, por presentar mayor requerimiento hídrico bajo riego por aspersión y en la Tabla 23 se observa la demanda de la vegetación de tipo arbustivo por presentar mayor consumo de agua bajo riego por goteo. Por último, en la Tabla 24 se visualiza la demanda total, siendo los meses de febrero y octubre los de menor y mayor demanda respectivamente.

Tabla 22: Demanda de agua del césped bajo riego por aspersión

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ET _o	(mm/día)	4.63	4.29	4.29	4.02	4.16	4.30	4.47	5.15	5.51	5.91	5.83	5.63
KL		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ETL	(mm/día)	3.94	3.65	3.65	3.42	3.54	3.66	3.80	4.38	4.68	5.02	4.96	4.79
Precip. Efect.	(mm/día)	1.50	1.30	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Lámina neta de riego	(mm/día)	2.44	2.35	2.95	3.42	3.54	3.66	3.80	4.38	4.68	5.02	4.96	4.59
Eficiencia de riego	(%)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
N° días del mes	(días)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Lámina bruta	(mm/día)	3.25	3.13	3.93	4.56	4.71	4.87	5.07	5.84	6.24	6.70	6.61	6.11
Lámina bruta	(m ³ /ha/día)	32.47	31.29	39.29	45.56	47.15	48.73	50.66	58.37	62.45	66.98	66.07	61.14
Lámina bruta	(m ³ /ha/mes)	1,006.67	876.03	1,217.89	1,366.80	1,461.55	1,462.00	1,570.46	1,809.37	1,873.40	2,076.38	1,982.20	1,895.34
Área de jardines	has	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Volumen demandado	m ³ /mes	855.67	744.62	1,035.20	1,161.78	1,242.31	1,242.70	1,334.89	1,537.96	1,592.39	1,764.92	1,684.87	1,611.04

Tabla 23: Demanda de agua de la vegetación tipo arbustiva bajo riego por goteo

PARÁMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo	(mm/día)	4.63	4.29	4.29	4.02	4.16	4.30	4.47	5.15	5.51	5.91	5.83	5.63
KL		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ETL	(mm/día)	2.32	2.15	2.15	2.01	2.08	2.15	2.24	2.58	2.76	2.96	2.92	2.82
Precip. Efect.	(mm/día)	1.50	1.30	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Lámina neta de riego	(mm/día)	0.82	0.85	1.45	2.01	2.08	2.15	2.24	2.58	2.76	2.96	2.92	2.62
Eficiencia de riego	(%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
N° días del mes	(días)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Lámina bruta	(mm/día)	0.91	0.94	1.61	2.23	2.31	2.39	2.48	2.86	3.06	3.28	3.24	2.91
Lámina bruta	(m3/ha/día)	9.06	9.39	16.06	22.33	23.11	23.89	24.83	28.61	30.61	32.83	32.39	29.06
Lámina bruta	(m3/ha/mes)	280.72	262.89	497.72	670.00	716.44	716.67	769.8	886.9	918.3	1,017.8	971.7	900.7
Área del paisajismo	ha	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Volumen demandado	m3/mes	140.36	131.44	248.86	335.00	358.22	358.33	384.92	443.47	459.17	508.92	485.83	450.36

Tabla 24: Demanda total de agua

PARÁMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Demanda total de agua	m3/día	32.13	31.29	41.42	49.89	51.63	53.37	55.48	63.92	68.39	73.35	72.36	66.50
Demanda total de agua	m3/mes	996.0	876.1	1284.1	1496.8	1600.5	1601.0	1719.8	1981.4	2051.6	2273.8	2170.7	2061.4

4.4.2. Oferta de agua

En la Tabla 25 se observa el volumen ofertado mensual para un caudal de ingreso diario de 5 l/s, garantizando el abastecimiento de agua, sobre todo en los meses de octubre y noviembre por presentar mayores demandas.

Tabla 25: Oferta de agua

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Caudal	lts/seg	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.00
	m ³ /h	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	19.80	19.80	18.00
Tiempo de riego	horas/ha	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Dotación de riego	días	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Número de días al mes	días	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Número de dotación al mes	días	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Volumen promedio	m ³ /mes	3,013.20	2,721.60	3,013.20	2,916.00	3,013.20	2,916.00	3,013.20	3,013.20	2,916.00	3,314.52	3,207.60	3,013.20
Área	Ha	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Volumen Ofertado	m ³ /ha-mes	2,232.00	2,016.00	2,232.00	2,160.00	2,232.00	2,160.00	2,232.00	2,232.00	2,160.00	2,455.20	2,376.00	2,232.00

4.5. BALANCE HÍDRICO

Se contó con una oferta hídrica constante excepto los meses de octubre y noviembre por presentar mayores demandas. La demanda anual fue de 20 605.3 m³ cubierta por una oferta anual de 26 719.2 m³, con lo cual se garantizó el riego en el proyecto como se muestra en la Tabla 26. En la Figura 30 se tiene el balance hídrico mensual en donde se observa una menor demanda de agua de enero a marzo con respecto al resto de meses del año, debido a las lluvias que se dan en estos meses.

Tabla 26: Balance hídrico mensual

PARÁMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Oferta de agua	m3/mes	2232	2016	2232	2160	2232	2160	2232	2232	2160	2455.2	2376	2232	26719.2
Demanda total de agua	m3/mes	996.0	876.1	1,284.1	1,496.8	1,600.5	1,601.0	1,719.8	1,981.4	2,051.6	2,273.8	2,170.7	2,061.4	20113.3
Balance	m3/mes	1,236.0	1,139.9	947.9	663.2	631.5	559.0	512.2	250.6	108.4	181.4	205.3	170.6	6,605.9

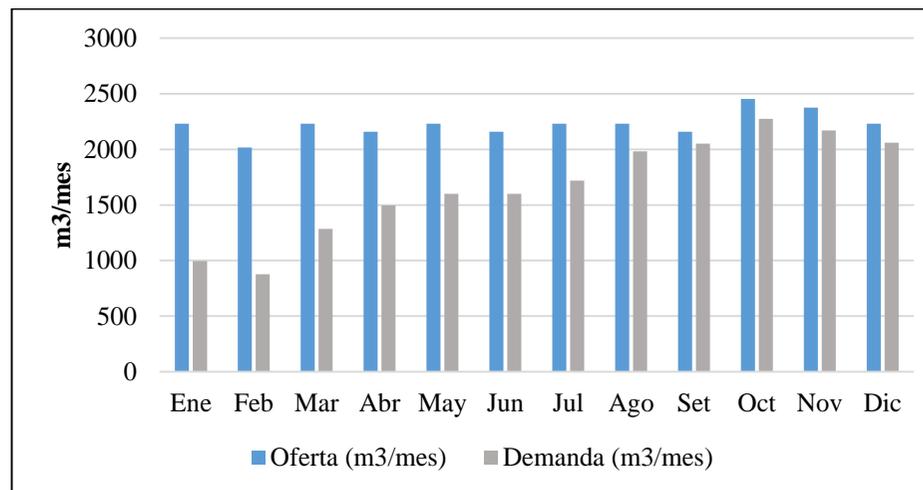


Figura 30: Balance hídrico mensual

4.6. DISEÑO AGRONÓMICO

4.6.1. Turnos de riego

En la Figura 31 se muestra los 17 turnos de riego con su respectivo código de color, de los cuales los 12 primeros turnos corresponden al riego por aspersión y los 5 restantes al riego por goteo, además los turnos del 1 al 12 corresponden a la hidrozona 1 (H1), del 13 al 15 a la H2 y los turnos 16 al 17 a la H3 como se aprecia en la Tabla 27.

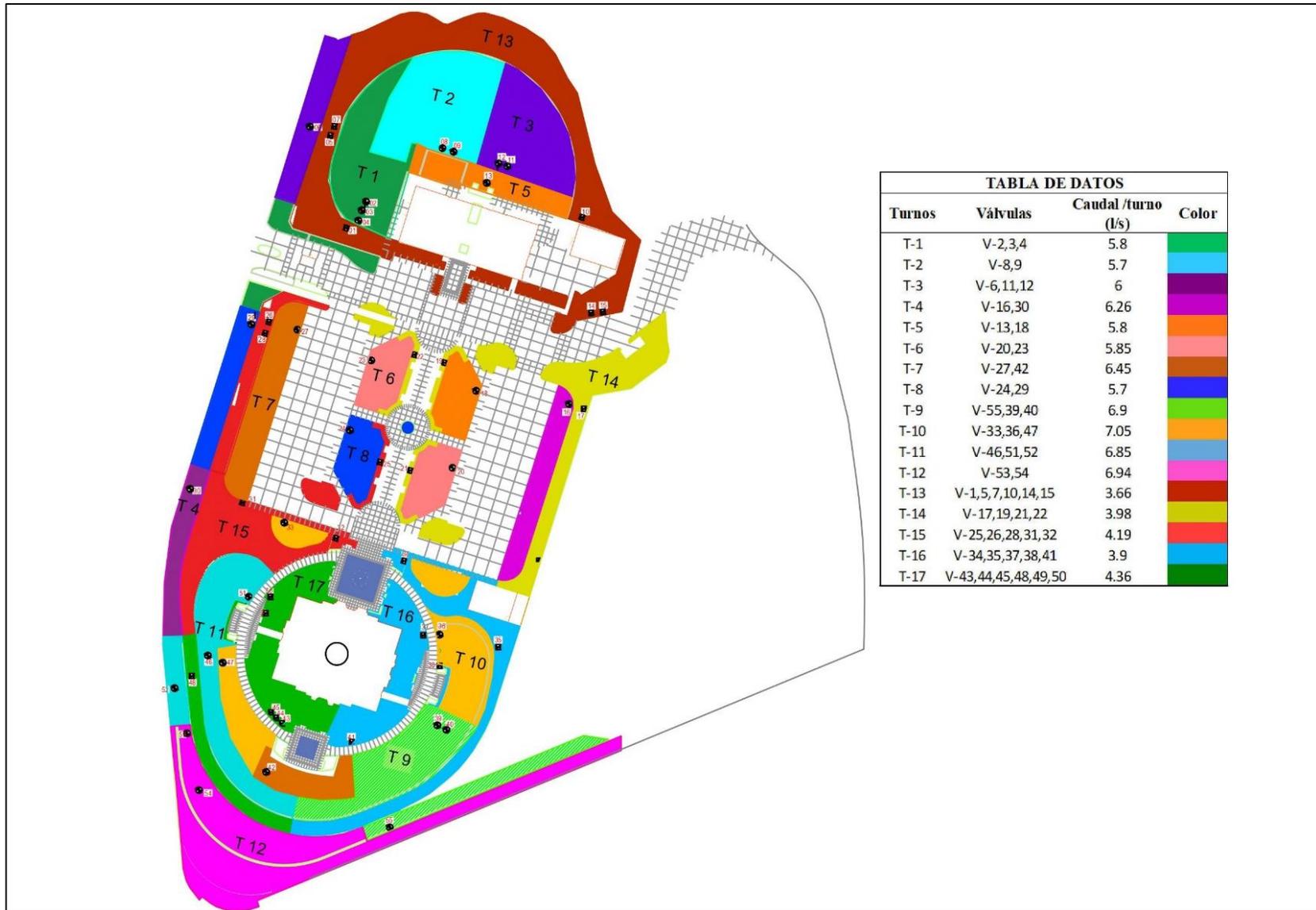


Figura 31: Turnos de riego

Tabla 27: Hidrozonas para el sistema de riego

Turnos	N° de Válvula	Tipo de riego	Hidrozonas	Turnos	N° de Válvula	Tipo de riego	Hidrozonas	Turnos	N° de Válvula	Tipo de riego	Hidrozonas
I	V-2	aspersión	H 1	IX	V-40	aspersión	H 1	XIV	V-22	goteo	H 2
	V-3				V-55				V-25		
	V-4				V-33				V-26		
II	V-8	aspersión	H 1	X	V-36	aspersión	H 1	XV	V-28	goteo	H 2
	V-9				V-47				V-31		
III	V-6	aspersión	H 1	XI	V-46	aspersión	H 1	XVI	V-32	goteo	H 3
	V-11				V-51				V-34		
IV	V-16	aspersión	H 1	XII	V-53	aspersión	H 1	XVII	V-35	goteo	H 3
	V-30				V-52				V-37		
V	V-13	aspersión	H 1	XIII	V-54	aspersión	H 1	XVIII	V-38	goteo	H 3
	V-18				V-1				V-41		
VI	V-20	aspersión	H 1	XIII	V-5	goteo	H 2	XIX	V-43	goteo	H 3
	V-23				V-7				V-44		
VII	V-27	aspersión	H 1	XIV	V-10	aspersión	H 1	XX	V-45	goteo	H 3
	V-42				V-14				V-48		
VIII	V-24	aspersión	H 1	XIV	V-15	aspersión	H 1	XXI	V-49	goteo	H 3
	V-29				V-17				V-50		
IX	V-39	aspersión	H 1		V-19	goteo	H 2				
					V-21						

4.6.2. Parámetros de operación

En la Tabla 28 se muestra los parámetros de operación de los 17 turnos de riego. Estos parámetros se determinaron en base los requerimientos hídricos de la vegetación, permitiendo la programación del riego como parte fundamental para la automatización.

Tabla 28: Parámetros de operación para la programación del riego

PARÁMETROS DE OPERACIÓN RIEGO POR ASPERSIÓN Y GOTEO														
Turnos	Tipo de riego	N° de estación	N° de Válvula	Tipo de emisor	Área/ turno	Caudal				Precipitación		Lámina a reponer diaria (mm/día)	Tiempo de operación	
					(m2)	Válvula	Turno		mm/hr	promedio (mm/hr)	diario(hr)		diario (min.)	
							(m3/hr)	(l/s)						(m3/hr)
I	aspersión	1	V-2	Rotor 3504/Tobera 2		9	2.5			15				
	aspersión	2	V-3	Rotor 3504/Tobera 2	780	7.56	2.1	20.88	5.8	15	16	6.50	0.41	24
	aspersión	3	V-4	Difusor 1800/R-VAN14		4.32	1.2			18				
II	aspersión	4	V-8	Rotor 3504/Tobera 2	810	9.9	2.75	20.52	5.7	15	15	6.50	0.43	26
	aspersión	5	V-9	Rotor 3504/Tobera 2		10.62	2.95			15				
III	aspersión	6	V-6	Difusor 1800/R-VAN14		6.12	1.7			18				
	aspersión	7	V-11	Rotor 3504/Tobera 2	910	6.48	1.8	21.6	6	15	16	6.50	0.41	24
	aspersión	8	V-12	Rotor 3504/Tobera 2		9	2.5			15				
IV	aspersión	9	V-16	Difusor 1800/R-VAN18	545	16.2	4.5	22.54	6.26	19	18.5	6.50	0.35	21
	aspersión	10	V-30	Difusor 1800/R-VAN14		6.34	1.76			18				
V	aspersión	11	V-13	Difusor 1800/R-VAN24	519	10.44	2.9	20.88	5.8	18	18	6.50	0.36	22
	aspersión	12	V-18	Difusor 1800/R-VAN14		10.44	2.9			18				
VI	aspersión	13	V-20	Difusor 1800/R-VAN14	435	10.62	2.95	21.06	5.85	18	18	6.50	0.36	22
	aspersión	14	V-23	Difusor 1800/R-VAN14		10.44	2.9			18				

«continuación»

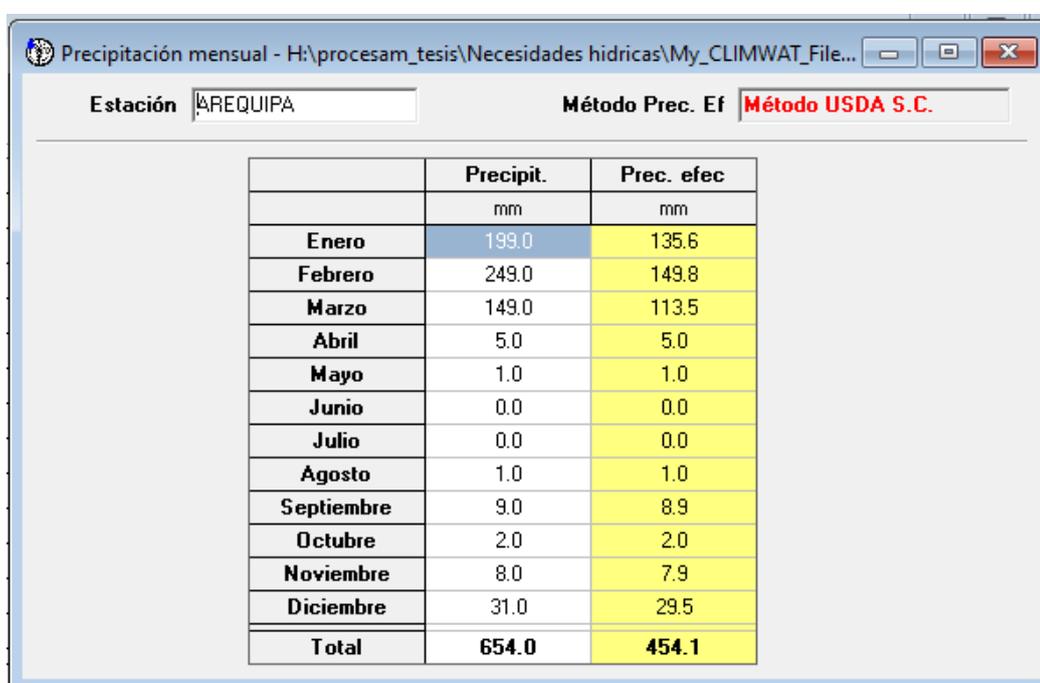
Tumos	Tipo de riego	Nº de estación	Nº de Válvula	Tipo de emisor	Área/ turno	Caudal				Precipitación		Lámina a reponer diaria (mm/día)	Tiempo de operación	
						Válvula		Turno		mm/hr	promedio (mm/hr)		diario(hr)	diario (min.)
						(m2)	(m3/hr)	(l/s)	(m3/hr)					
VII	aspersión	15	V-27	Difusor 1800/R-VAN18	670	16.74	4.65	23.22	6.45	19	18.5	6.50	0.35	21
	aspersión	16	V-42	Difusor 1800/R-VAN14		6.48	1.8			18				
VIII	aspersión	17	V-24	Difusor 1800/R-VAN14	480	10.62	2.95	20.52	5.7	18	18	6.50	0.36	22
	aspersión	18	V-29	Difusor 1800/R-VAN14		9.9	2.75			18				
IX	aspersión	19	V-39	Difusor 1800/R-VAN14	840	7.56	2.1	24.84	6.9	18	18.3	6.50	0.35	21
	aspersión	20	V-40	Difusor 1800/R-VAN14		8.28	2.3			18				
	aspersión	21	V-55	Difusor 1800/R-VAN18		9	2.5			19				
X	aspersión	22	V-33	Difusor 1800/R-VAN14	805	9	2.5	25.38	7.05	18	18	6.50	0.36	22
	aspersión	23	V-36	Difusor 1800/R-VAN14		9.72	2.7			18				
XI	aspersión	24	V-47	Difusor 1800/R-VAN14	790	6.66	1.85	24.66	6.85	18	18	6.50	0.36	22
	aspersión	25	V-46	Difusor 1800/R-VAN14		8.28	2.3			18				
	aspersión	26	V-51	Difusor 1800/R-VAN14		10.44	2.9			18				
XII	aspersión	27	V-52	Difusor 1800/R-VAN14	1210	5.94	1.65	24.98	6.94	18	18.5	6.50	0.35	21
	aspersión	28	V-53	Difusor 1800/R-VAN24		11.52	3.2			19				
XIII	goteo	29	V-54	Difusor 1800/R-VAN18	1650	13.46	3.74	13.18	3.66	12.5	12.5	3.29	0.26	16
	goteo	30	V-1	Gotero insertado		2.48	0.69			12.5				
	goteo	31	V-5	Gotero insertado		2.81	0.78			12.5				
	goteo	32	V-7	Gotero insertado		2.59	0.72			12.5				
	goteo	33	V-10	Gotero insertado		2.09	0.58			12.5				
	goteo	34	V-14	Gotero insertado		1.94	0.54			12.5				
goteo	35	V-15	Gotero insertado	1.26	0.35	12.5								

«continuación»

Turnos	Tipo de riego	Nº de estación	Nº de Válvula	Tipo de emisor	Área/ turno	Caudal				Precipitación	Lámina a reponer diaria	Tiempo de operación				
						Válvula		Turno				mm/hr	promedio (mm/hr)	(mm/día)	diario(hr)	diario (min.)
						(m2)	(m3/hr)	(l/s)	(m3/hr)							
XIV	goteo	36	V-17	Gotero insertado	887	2.16	0.6			12.5	13.44	3.29	0.24	15		
	goteo	37	V-19	Gotero insertado		3.96	1.1	14.33	3.98	12.5						
	goteo	38	V-21	Mang. autocompensada		4.25	1.18			14.38						
	goteo	39	V-22	Mang. autocompensada		3.96	1.1			14.38						
XV	goteo	40	V-25	Mang. autocompensada	983	4.46	1.24			14.38	13.25	3.29	0.25	15		
	goteo	41	V-26	Mang. autocompensada		2.59	0.72			12.5						
	goteo	42	V-28	Gotero insertado		3.35	0.93	15.08	4.19	12.5						
	goteo	43	V-31	Gotero insertado		2.74	0.76			12.5						
	goteo	44	V-32	Mang. autocompensada		1.94	0.54			14.38						
XVI	goteo	45	V-34	Mang. autocompensada	947	2.02	0.56			14.38	13.25	2.96	0.22	13		
	goteo	46	V-35	Gotero insertado		3.67	1.02			12.5						
	goteo	47	V-37	Mang. autocompensada		2.92	0.81	14.04	3.90	14.38						
	goteo	48	V-38	Gotero insertado		1.84	0.51			12.5						
	goteo	49	V-41	Gotero insertado		3.6	1			12.5						
XVII	goteo	50	V-43	Mang. autocompensada	667	4.03	1.12			14.38	13.44	2.96	0.22	13		
	goteo	51	V-44	Gotero insertado		1.73	0.48			12.5						
	goteo	52	V-45	Mang. autocompensada		2.48	0.69	15.70	4.36	14.38						
	goteo	53	V-48	Gotero insertado		2.09	0.58			12.5						
	goteo	54	V-49	Mang. autocompensada		3.02	0.84			14.38						
	goteo	55	V-50	Gotero insertado		2.34	0.65			12.5						

4.6.3. Precipitación efectiva (Pe)

Se determinó la precipitación efectiva para fines de operación mediante el método USDA S. C. propuesto por FAO a través del *software* Cropwat tomando como base la data brindada por el software Climwat 2.0 a través de la estación Arequipa por ser la más cercana al proyecto y por presentar data más confiable que la estación La Pampilla (obtenida de forma libre del SENAMHI). Para fines de diseño no se consideró la precipitación efectiva puesto que el criterio fue satisfacer la demanda de agua de los meses más críticos (sin lluvias); sin embargo, en caso existiera un déficit o exceso de agua, serán reajustados por los sensores de humedad, lluvia y caudal configurados en la programación del riego. En la Figura 32 se observa el cálculo de la Pe con la estación Arequipa.



The screenshot shows a software window titled 'Precipitación mensual' with the following data:

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	199.0	135.6
Febrero	249.0	149.8
Marzo	149.0	113.5
Abril	5.0	5.0
Mayo	1.0	1.0
Junio	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0
Agosto	1.0	1.0
Septiembre	9.0	8.9
Octubre	2.0	2.0
Noviembre	8.0	7.9
Diciembre	31.0	29.5
Total	654.0	454.1

Figura 32: Precipitación efectiva para fines de operación

A continuación, se detalla cómo se obtuvieron los turnos y los parámetros de operación del sistema en base a las tres hidrozonas mostrado en la Tabla 27.

4.6.4. Hidrozona 1-Riego por aspersión

a. Selección de emisores y precipitación horaria.

La H1 corresponde al tipo de vegetación césped americano y a los turnos del 1 al 12, en base a ello se seleccionó difusores de la serie 1800 con toberas R-VAN y rotores de la serie 3504

con boquillas N°2 marca Rain Bird, dada la versatilidad de dichas toberas a las formas del paisajismo, por presentar precipitación similar entre ambas (18mm/hr para difusores y 15 mm/hr para rotores) y por permitir trabajar con la misma presión de 3 bares.

- Difusores

Se usó la serie 1800-SAM para zonas uniformes, es decir sectores A, B, C (revisar Figura 26) y 1800-SAM-PRS en zonas con cambios de elevación y presión abarcando a parte del sector D, correspondiente a las válvulas 30,40, 46,48 y del 52 al 55. La serie PRS permitió regular y mantener la presión de salida de forma constante; ambos se usaron para áreas pequeñas de radios desde 3 a 7 m. Las toberas (boquillas) seleccionadas fueron del modelo R-VAN 14, 18 y 24 por presentar giros regulables de 45° a 360°, chorros gruesos para contrarrestar los efectos del viento, pluviometría baja y presión de trabajo de 3 bares.

En la Tabla 28 donde se muestra los parámetros de operación se aprecia qué tipo de emisores corresponden a cada válvula, asimismo en el Anexo 11 se visualiza la ubicación de los emisores y las válvulas en el plano general de riego.

En la Tabla 29 se observa las características técnicas del rociador 1800 con tobera R-VAN 14 por ser uno de los más usados en el diseño. De acuerdo al catálogo del fabricante para una presión de 3.1 bares la precipitación horaria es de 18 mm/hr.

Tabla 29: Toberas R-VAN 14, para rociadores de la serie 1800

R-VAN 14					
Tobera	Presión	Radio	Caudal		Precip.
	(bar)	(m)	(l/m)	(l/s)	(mm/hr)
360°	2.1	4	4.16	0.069	18
	2.4	4	4.24	0.071	19
	2.8	4.3	4.62	0.077	18
	3.1	4.3	4.81	0.080	18
	3.4	4.6	5.34	0.089	18
	3.8	4.6	5.49	0.092	18
270°	2.1	4	3.18	0.053	19
	2.4	4	3.29	0.055	19
	2.8	4.3	3.48	0.058	18
	3.1	4.3	3.56	0.059	18
	3.4	4.6	4.20	0.07	19
	3.8	4.6	4.43	0.074	20
180°	2.1	4	2.12	0.035	19
	2.4	4	2.20	0.037	19
	2.8	4.3	2.31	0.039	18
	3.1	4.3	2.38	0.040	18
	3.4	4.6	2.80	0.047	19
	3.8	4.6	2.95	0.049	20
90°	2.1	4	1.06	0.018	19
	2.4	4	1.10	0.018	19
	2.8	4.3	1.17	0.020	18
	3.1	4.3	1.21	0.020	18
	3.4	4.6	1.40	0.023	19
	3.8	4.6	1.48	0.025	20

FUENTE: Adaptado de Rain Bird (2015)

En la Figura 33 se observa el comportamiento del rociador con la boquilla R-VAN 14 para un giro completo. Para una presión de 2.1 bares se tiene un caudal de 4.1 l/m y para una presión máxima de 3.8 bar se tiene un caudal de 5.49 l/m mostrando una curva con crecimiento potencial. El exponente de descarga es de 0.508 correspondiente a emisores en régimen turbulento.

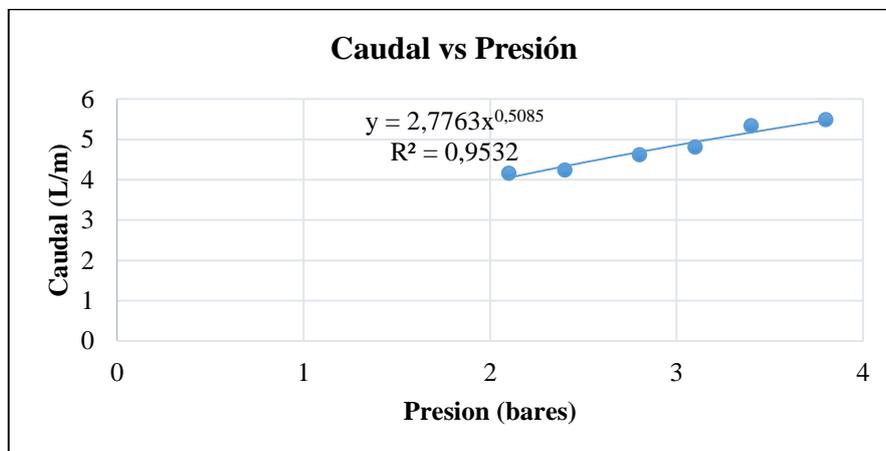


Figura 33: Comportamiento de la tobera R-VAN 14 para un giro de 360°

- Rotores

En el caso de los rotores se usó la serie 3504 en parte del sector A que presenta áreas verdes más grandes correspondientes a las válvulas 2, 3, 8,9 11 y 12 según la Tabla 28. La boquilla seleccionada fue N° 2 ajustables en giro desde 40 ° a 360 ° y con radios de 7.5 a 8 m. En la Tabla 30 se observa el rendimiento de las toberas, específicamente la tobera (boquilla) N° 2 al ser la más usada en el diseño. Para la presión de 3 bares recomendada por el fabricante se tiene un radio de alcance de 8 m y una precipitación horaria de 15 mm/hr.

Tabla 30: Rendimiento de toberas de la serie 3504

Toberas serie 3504					
Presión	Tobera	Radio	Caudal		Precip.
(bar)		(m)	(l/m)	(l/s)	(mm/hr)
1.7	0.75	4.6	2.04	0.034	14
	1.0	6.1	2.91	0.049	11
	1.5	7.0	4.01	0.067	11
	2.0	8.2	5.3	0.088	11
	3.0	8.8	8.21	0.137	15
	4.0	9.4	11.24	0.187	17
2.0	0.75	4.8	2.24	0.037	13
	1.0	6.2	3.14	0.052	11
	1.5	7.0	4.35	0.073	12
	2.0	8.2	5.74	0.096	12
	3.0	9.1	8.87	0.148	15
	4.0	9.7	12.17	0.203	18
2.5	0.75	5.2	2.58	0.043	13
	1.0	6.4	3.55	0.059	12
	1.5	7.0	4.94	0.082	14
	2.0	8.20	6.51	0.109	13
	3.0	9.4	10.03	0.167	16
	4.0	10.1	13.82	0.230	19
3.0	0.75	5.2	2.86	0.048	15
	1.0	6.4	3.93	0.066	13
	1.5	7.3	5.49	0.092	14
	2.0	8.2	7.17	0.120	15
	3.0	9.4	11.13	0.186	17
	4.0	10.6	15.32	0.255	19
3.5	0.75	5.4	3.09	0.052	15
	1.0	6.6	4.27	0.071	14
	1.5	7.3	5.97	0.100	15
	2.0	8.4	7.79	0.130	15
	3.0	9.6	11.90	0.198	18
	4.0	10.7	16.66	0.278	20

FUENTE: Adaptado de Rain Bird (2019)

En la Figura 34 se observa el comportamiento del rotor serie 3504 para la Tobera N°2, con 0.53 de coeficiente de descarga. La curva generada tiene un comportamiento potencial a partir de los datos ingresados en base a la Tabla 31. Como se visualiza para la presión de operación de 3 bar se tiene un caudal de 7.17 l/min.

Tabla 31: Parámetros de operación Tobera N° 2

Rotor 3504-tobera N° 2.0	
Presión(bares)	Caudal(L/m)
1.7	5.3
2	5.74
2.5	6.51
3	7.17
3.5	7.79
3.8	8.14

FUENTE: Adaptado de Rain Bird (2015)

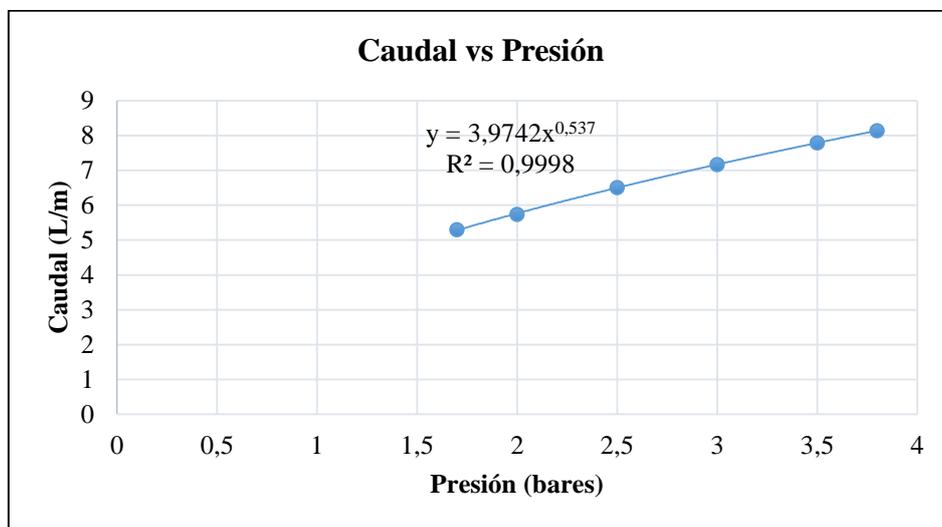


Figura 34: Comportamiento de la tobera N°2 mediante el rotor 3504

En el Anexo 2 se muestran las especificaciones de operación de los emisores y tipos de boquillas usados en el diseño.

b. Lámina neta de riego, lámina bruta de riego y frecuencia de riego

La lámina neta se determinó a partir de la información del tipo de suelo y la asociación de las tablas de propiedades físicas de los suelos en base a Mihajlovich (1979). Se consideró como porcentaje de agotamiento del 44% según el manual FAO-56 para la cobertura vegetal de la H1, en este caso el césped americano, además presentó la mayor ETL (Ver Tabla 32).

Tabla 32: Lámina neta, lámina bruta y frecuencia de riego

CC (%)	PM (%)	Da (gr/cm³)	Pr (cm)	DT (%)	Ln (mm)	Lb (mm)	Fr (días)
14	8	1.5	20	44	7.92	13.40	2

Según la Tabla 32, la lámina neta de riego fue de 7.92 mm/día y la ajustada fue de 10.05 mm/día, esta última dividida entre la eficiencia de aplicación del 75% para riego por aspersión, arrojó una lámina bruta de 13.40 mm/día. Para obtener la frecuencia de riego se dividió la lámina neta entre la evapotranspiración del césped americano (5.02 mm/d), se obtuvo como resultado una frecuencia de riego cada 2 días, sin embargo, al tratarse de paisajismo se tuvo que remover y preparar el suelo, por lo que se determinó un riego diario para un mejor asentamiento e impresión estética. El resumen del diseño agronómico se muestra en la Tabla 34.

c. Tiempo de riego

Por las formas irregulares de las áreas a regar del paisajismo, cada sub unidad de riego presentan diversos emisores es por ello que se seleccionó emisores con precipitaciones similares por ende tiempos de riego con menores variaciones.

Para fines de diseño el tiempo de riego del sistema fue de 0.74 horas para una frecuencia de riego cada dos días. Se obtuvo de la división de la lámina bruta 13.4 mm/día y la precipitación horaria de 18 mm/hr de los emisores serie R-VAN 14,18 y 24 que representan el 95% de los emisores usados en el diseño por aspersión. Para una frecuencia diaria el tiempo de riego fue de 0.37 horas o 22 minutos. Para fines de operación, los tiempos de riego se ajustaron por cada turno como se observa en la anterior Tabla 28.

d. Número de emisores

En paisajismo no es posible determinar el número de emisores a través del distanciamiento entre laterales ni espaciamiento entre aspersores por las formas irregulares y áreas distintas que presentan, por el contrario, el número de aspersores están en función de las formas y estructuras presentes que conforman parte del paisajismo asignándoles las válvulas correspondientes. La selección de cada válvula estuvo en función del caudal y la pérdida

carga buscando el comportamiento más eficiente según la ficha técnica del fabricante. El sistema de riego cuenta con 55 válvulas; al realizar la cuantificación de emisores por válvulas se tuvo un total de 889 entre difusores y rotores con diferentes toberas respectivamente a cada serie y modelo. En el Anexo 11 del plano general de riego se visualiza la ubicación de los emisores.

e. Turnos de riego

Se obtuvo de la relación del total de horas disponibles de riego 4.4 hr y el tiempo de riego 0.37 hr, estableciéndose 12 turnos de riego distribuidos en función a la zonificación realizada en el diseño paisajístico. Para conformar los turnos se agruparon válvulas con caudales similares para facilitar la programación del riego, además se buscó obtener turnos con caudales similares y bajos para no crear una gran diferencia de operación con los turnos del riego por goteo, de esta manera garantizar la eficiencia de la bomba con VDF superior al 50%. En la Tabla 33 se observa las válvulas que conforman los 12 turnos de riego, los mismos que fueron llevados a la Tabla 28 de parámetros de operación.

Tabla 33: Turnos de riego

Turnos	Válvulas	Caudal (l/s) /turno
T-1	V-2,3,4	5.80
T-2	V-8,9	5.70
T-3	V-6,11,12	6.00
T-4	V-16,30	6.26
T-5	V-13,18	5.80
T-6	V-20,23	5.85
T-7	V-27,42	6.45
T-8	V-24,29	5.70
T-9	V-55,39,40	6.90
T-10	V-33,36,47	7.05
T-11	V-46,51,52	6.85
T-12	V-53,54	6.94

En la Tabla 34 se muestra los resultados del diseño agronómico para la H1 (especie césped americano).

Tabla 34: Resultados del diseño agronómico - hidrozona 1

PARÁMETROS DE DISEÑO AGRONÓMICO		
Descripción	Unidad	Valores
Área de Proyecto	ha	0.85
Especie		Césped
Tipo de Suelo (Según Análisis de suelos)		Franco arenoso
Infiltración básica permitida (pendiente y textura suelos)	mm/hr	20
Densidad aparente	gr/cm ³	1.5
Capacidad de Campo (CC)	%	14
Punto de Marchitez (PMP)	%	8
Profundidad de raíz	cm	20
% Agotamiento	%	44.00%
Lámina Neta de Riego	mm	7.92
Lámina Neta ajustada de Riego		10.05
Eto máx	mm/día	5.91
KL máx		0.85
ETL máx	mm/día	5.02
Precipitación Efectiva	mm/día	0.00
Demanda Neta	mm/día	5.02
Frecuencia Máxima entre cada riego	día	2.00
Eficiencia aplicación	%	75.00%
Lámina Bruta a Reponer	mm/día	13.40
Precipitación horaria del sistema (pph)	mm/hr	18
Presión Nominal de Operación	bar	3.00
Tiempo de riego por día (horas disponibles)	hr/día	4.44
Tiempo de riego por turno según intervalo de riego	hr	0.74
Tiempo de riego por turno diario	hr	0.37
Nº Turnos / día	Nº	12.00

4.6.5. Hidrozona 2 - Riego por goteo

La hidrozona 2 cuyo tipo de uso es estético, corresponde a los turnos del 13 al 15 con especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y gravilla como material no orgánico, tal cual se muestra en la anterior Tabla 21.

a. Selección de emisores

Se seleccionó la manguera modelo XFD auto compensada de la marca Rain Bird para zonas en pendiente y la manguera Eolos de la marca Eurodrip para zonas planas, ambas con caudales de 2.3 l/hr. Se usaron según la zonificación paisajística (ver Tabla 27) correspondiente a las válvulas 21, 22, 25, 26 y 32 en los sectores A, B y parte del sector C ver Anexo 11.

En la Figura 35 se observa el comportamiento de la manguera auto compensada entregando un caudal constante de 2.3 l/h para un rango de presión de 1 a 3.8 bares.

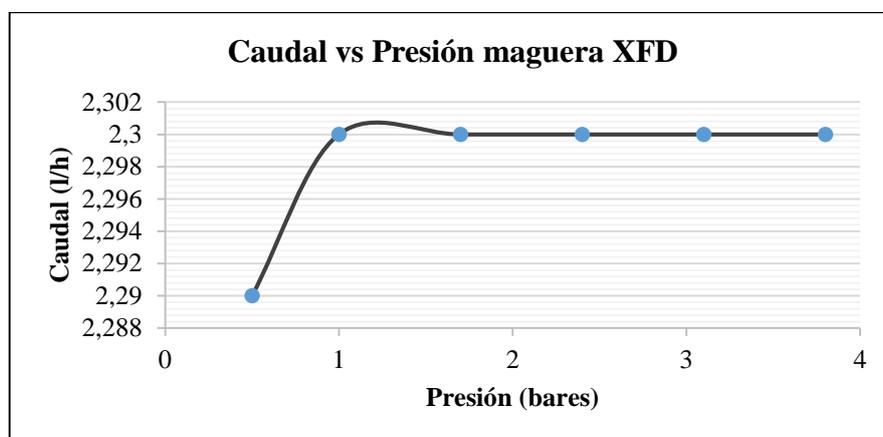


Figura 35: Rendimiento manguera auto compensada XFD

También se seleccionaron los goteros insertados tipo Xeri Bug modelos XB-05-PC y XB-10-PC de la marca Rain Bird con caudales de 2 y 4 l/hr respectivamente, se usaron en los sectores A, B y parte del sector C, correspondiente a las válvulas 1, 5, 7, 10, 14, 15, 17, 19, 28 y 31. En la Figura 36 se muestra el rendimiento de estos dos goteros con sus caudales de operación constantes frente al incremento de presión hasta de 4 bares.

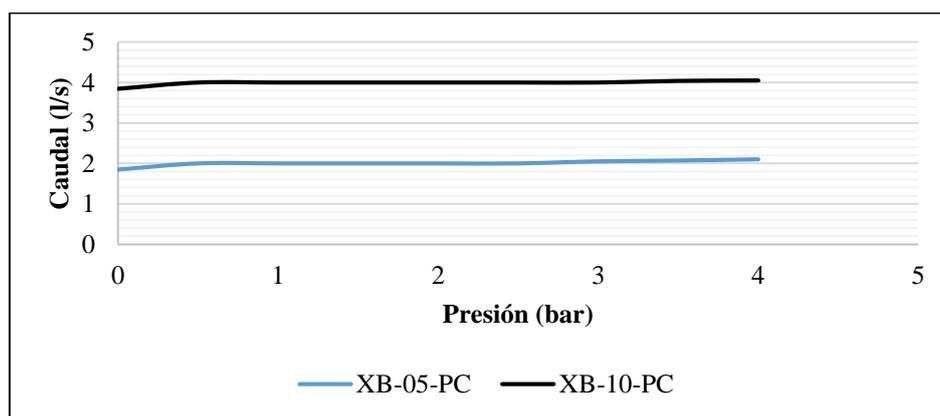


Figura 36: Rendimiento de los goteros Xeri-bug

En el Anexo 2 se muestran las características técnicas de las laterales de riego y los goteros insertados usados en el diseño.

b. Lámina neta de riego, lámina bruta de riego y frecuencia de riego

De igual forma la lámina neta se determinó a partir de la información del tipo de suelo y por asociación de tablas de propiedades físicas de los suelos. Se consideró como porcentaje de agotamiento el 50 % tomando como referencia el manual FAO-56 para la cobertura vegetal de tipo arbustiva, siendo este el que presenta mayor ETL bajo el riego por goteo (Ver Tabla 35).

Tabla 35: Lámina neta y lámina bruta

CC (%)	PM (%)	Da (gr/cm ³)	Pr (cm)	DT (%)	Ln (mm)	Lb (mm)
14	8	1.5	60	50	27.00	29.55

La lámina neta de riego fue de 27 mm/día dividido entre la eficiencia de aplicación del 90% para riego por goteo, se obtuvo una lámina bruta de 29.6 mm/día. La frecuencia de riego resultó de dividir la lámina neta entre la evapotranspiración del tipo de vegetación arbustiva (2.96 mm/día), dando como resultado una frecuencia de riego cada 9 días. Para un adecuado mantenimiento estético del paisajismo se determinó la frecuencia de riego diario con una lámina diaria a reponer de 3.29 mm/día. La información completa y el resultado de los cálculos se muestran en el resumen del diseño agronómico de la Tabla 37.

c. Tiempo de riego

El tiempo de riego promedio diario por turno fue de 0.23 horas o 14 minutos. Se obtuvo de la división entre lámina bruta diaria (3.29 mm/día) y la precipitación horaria del emisor (14.38 mm/hr) como se aprecia en la Tabla 37. Sin embargo, para la operación del sistema, los tiempos de riego se determinaron en función a cada turno como se aprecia en la Tabla 28 de los parámetros de operación.

d. Turnos de riego

Se establecieron 3 turnos de riego para la H 2 tal cual se aprecia en la Tabla 27. Se obtuvo de la relación del total de horas disponibles en este caso se definió 0.72 hr y el tiempo de riego (0.24 hr). Para conformar los turnos se agruparon válvulas con caudales similares para facilitar la programación del riego además se buscó obtener turnos con caudales similares y altos asociando la mayor cantidad de válvulas posibles para no crear una gran diferencia de

operación con los turnos del riego por aspersión, de esta manera contribuir con una mayor eficiencia de operación de la bomba con VDF. En la Tabla 36 se observa las válvulas que conforman los turnos del 13 al 15, los mismos que fueron llevados a la Tabla 28 de parámetros de operación.

Tabla 36: Turnos de riego

Turnos	Válvulas	Caudal (l/s) /turno
T-13	V-1,5,7,10,14,15	3.66
T-14	V-17,19,21,22	3.98
T-15	V-25,26,28,31,32	4.19

En la Tabla 37 se muestra los resultados del diseño agronómico para la vegetación de tipo arbustivo, siendo este la de mayor requerimiento hídrico al igual que los de tipo arbóreo bajo el riego por goteo.

Tabla 37: Resultados del diseño agronómico - hidrozona 2

PARÁMETROS DE DISEÑO AGRONÓMICO / FIJO MANGUERA		
Descripción	Unidad	Valores
Área de Proyecto	ha	0.5
Especie		Arbustiva
Tipo de Suelo (Según Análisis de suelos)		Franco arenoso
Infiltración básica permitida (pendiente y textura suelos)	mm/hr	20
Densidad aparente	gr/cm ³	1.5
Capacidad de Campo (CC)	%	14
Punto de Marchitez (PMP)	%	8
Profundidad de raíz	cm	60
% Agotamiento	%	50.00%
Lámina neta de riego	mm	27.00
Lámina neta ajustada de riego	mm	26.60
Eto máx	mm/día	5.91
Kc máx		0.50
Etj máx	mm/día	2.96
Precipitación Efectiva	mm/día	0.00
Demanda neta	mm/día	2.96
Frecuencia Máxima entre cada riego	día	9.00
Eficiencia aplicación	%	90.00%
Lámina Bruta a Reponer	mm/día	29.55
Q gotero	lph	2.30
Presión Nominal de Operación	bar	2.00
Nº de laterales de riego	Nº	1.00
Distancia entre laterales	m	0.40
Distancia entre aspersores	m	0.40

«continuación»

Frecuencia adoptada en el sistema de Riego por goteo	días	1.00
Demanda Bruta Total a reponer	mm/día	29.55
Precipitación horaria del sistema (pph)	mm/hr	14.38
Horas disponibles de riego por día	horas/día	0.72
Tiempo de riego por turno	horas/día	2.06
Tiempo de riego por turno diario	hr	0.24
N° Turnos / día	N°	3.00

4.6.6. Hidrozona 3 - Riego por goteo

Corresponde a los turnos 16 y 17 con tipo de uso estético, a diferencia de la H2, presenta especies tapizantes como adicional a las especies herbáceas y arbóreas, tal cual se muestra en la anterior Tabla 21; por otro lado, se usaron los mismos emisores de la H2 que ya fueron especificados anteriormente. En la Tabla 38 se presenta el resultado del diseño agronómico, el cual estuvo en función de la especie herbácea por ser la de mayor consumo y predominante seguido de los árboles que también forma parte de esta hidrozona, pero en menor proporción. El tiempo de riego por día fue de 0.44 hr y tiempo por turno de 0.22 hr.

Tabla 38: Resultados diseño agronómico - hidrozona 3

PARÁMETROS DE DISEÑO AGRONÓMICO		
Descripción	Unidad	Valores
Área de Proyecto	ha	0.25
Especie		Herbáceas
Tipo de Suelo (Según Análisis de suelos)		Franco arenoso
Infiltración básica permitida (pendiente y textura suelos)	mm/hr	20
Densidad aparente	gr/cm ³	1.5
Capacidad de Campo (CC)	%	14
Punto de Marchitez (PMP)	%	8
Profundidad de raíz	cm	45
% Agotamiento	%	50.00%
Lámina neta de riego	mm	20.25
Lámina neta ajustada de riego	mm	21.28
Eto máx	mm/día	5.91
Kc máx		0.45
Etj máx	mm/día	2.66
Precipitación Efectiva	mm/día	0.00
Demanda neta	mm/día	2.66
Frecuencia Máxima entre cada riego	día	8.00
Eficiencia aplicación	%	90.00%
Lámina Bruta a Reponer	mm/día	23.64
Q gotero	lph	2.30
Presión Nominal de Operación	bar	2.00
N° de laterales de riego	N°	1.00
Distancia entre laterales	m	0.40

«continuación»

Distancia entre aspersores	m	0.40
Frecuencia adoptada en el sistema de Riego por goteo	días	1.00
Demanda Bruta Total a reponer	mm/día	23.64
Precipitación horaria del sistema (pph)	mm/hr	14.38
Tiempo máximo de riego por día	horas/día	0.44
Tiempo de riego por turno	horas/día	1.64
Tiempo de riego por turno de operación	hr	0.22
Nº Turnos / día	Nº	2.00

4.7. DISEÑO HIDRÁULICO

4.7.1. Sub unidad de riego

Se diseñó bajo el criterio de caudales y velocidades de aplicación homogéneas en los emisores con el propósito de garantizar la uniformidad del riego.

a. Caudal de los emisores

En la Tabla 39 se muestra los caudales de los emisores seleccionados en la etapa del diseño agronómico, para posteriormente ser ingresados al modelo con el propósito del análisis de la red de riego.

Tabla 39: caudales de los emisores por válvula

Turnos	Tipo de emisor	Válvulas	Nº de emisores	Caudales unitarios por emisor (l/s)
I	Rotor 3504	V-2	19	0.131
	Rotor 3504	V-3	15	0.140
	Rociador 1800	V-4	20	0.068
II	Rotor 3504	V-8	18	0.152
	Rotor 3504	V-9	19	0.155
	Rociador 1800	V-6	33	0.051
III	Rotor 3504	V-11	10	0.18
	Rotor 3504	V-12	12	0.208
IV	Rociador 1800	V-16	37	0.110
	Rociador 1800	V-30	34	0.053
V	Rociador 1800	V-13	32	0.130
	Rociador 1800	V-18	31	0.088
VI	Rociador 1800	V-20	32	0.089
	Rociador 1800	V-23	31	0.093
VII	Rociador 1800	V-27	34	0.130
	Rociador 1800	V-42	24	0.078
VIII	Rociador 1800	V-24	31	0.094
	Rociador 1800	V-29	18	0.150
IX	Rociador 1800	V-39	31	0.067
	Rociador 1800	V-40	32	0.072
	Rociador 1800	V-55	35	0.071

«continuación»

Turnos	Tipo de emisor	Válvulas	Nº de emisores	Caudales unitarios por emisor (l/s)
X	Rociador 1800	V-33	26	0.096
	Rociador 1800	V-36	34	0.079
	Rociador 1800	V-47	24	0.077
XI	Rociador 1800	V-46	30	0.077
	Rociador 1800	V-51	35	0.083
XII	Rociador 1800	V-52	24	0.069
	Rociador 1800	V-53	31	0.100
XIII	Rociador 1800	V-54	29	0.130
	Gotero insertado	V-1	71	0.010
	Gotero insertado	V-5	87	0.009
	Gotero insertado	V-7	80	0.009
	Gotero insertado	V-10	61	0.010
	Gotero insertado	V-14	21	0.013
XIV	Gotero insertado	V-15	36	0.010
	Gotero insertado	V-17	48	0.013
	Gotero insertado	V-19	78	0.089
	Mang. autocompensada	V-21	540	0.0022
XV	Mang. autocompensada	V-22	381	0.0029
	Mang. autocompensada	V-25	525	0.0024
	Mang. autocompensada	V-26	185	0.0039
	Gotero insertado	V-28	78	0.012
	Gotero insertado	V-31	70	0.011
	Mang. autocompensada	V-32	185	0.0029
XVI	Mang. autocompensada	V-34	191	0.003
	Gotero insertado	V-35	91	0.011
	Mang. autocompensada	V-37	206	0.004
	Gotero insertado	V-38	50	0.010
XVII	Gotero insertado	V-41	42	0.009
	Mang. autocompensada	V-43	476	0.0024
	Gotero insertado	V-44	54	0.009
	Mang. autocompensada	V-45	310	0.0022
	Gotero insertado	V-48	57	0.010
	Mang. autocompensada	V-49	288	0.0029
	Gotero insertado	V-50	42	0.009

b. Cálculo de pérdida de carga en la sub unidad de riego

Se determinó los diámetros de la sub unidad en función a la velocidad permisible (1.3 l/s) y a tolerancia de presiones en el lateral, además se diseñó la red tuberías con el criterio de diámetros en forma telescópica para reducir costos. La pérdida de carga en accesorios no se consideró por ser mínima. La pérdida de carga total de tuberías se determinó mediante la fórmula de Hazem William. A continuación, se muestran las pérdidas de carga por fricción para las válvulas 36 y 49 bajo riego por aspersión y goteo respectivamente; estas válvulas

fueron seleccionadas por presentar desnivel topográfico, ser de las más alejadas y manejar caudales altos. En la Tabla 40 se aprecia una pérdida de carga de 1.06 m para la válvula 36, y en la Tabla 41 una pérdida de carga de 0.40 m para la válvula 49. De manera similar se calculó la pérdida de carga para el resto de válvulas.

Tabla 40: Cálculo de pérdida de carga de la subunidad de riego-válvula 36

SECT #	CAUDAL (l/s)	LONGITUD (metros)	VELOCIDAD CRÍTICA (m/s)	DIÁMETRO INTERNO (mm.)	PÉRDIDA UNITARIA (Hfu) (metros)	PÉRDIDA DE CARGA (HF) (metros)	OBSERVACIÓN
A,B-1	0.16	4.60	0.2357	29.4	0.0034	0.0156	O.K.
1_2	0.32	3.75	0.4714	29.4	0.0114	0.0427	O.K.
2_3	0.48	3.15	0.7071	29.4	0.0231	0.0729	O.K.
3_4	0.64	4.10	0.9427	29.4	0.0383	0.1570	O.K.
4_5	0.80	4.00	0.5167	44.4	0.0080	0.0319	O.K.
5_6	0.96	4.00	0.6200	44.4	0.0110	0.0439	O.K.
6_7	1.12	4.00	0.7234	44.4	0.0144	0.0575	O.K.
7_8	1.28	3.15	0.8267	44.4	0.0182	0.0572	O.K.
8_9	1.44	4.70	0.5376	58.4	0.0061	0.0286	O.K.
9_V36	1.60	3.40	0.5973	58.4	0.0073	0.0248	O.K.
C,D-1	0.16	4.00	0.2357	29.4	0.0034	0.0135	O.K.
1_2	0.32	4.50	0.4714	29.4	0.0114	0.0512	O.K.
2_3	0.48	4.00	0.7071	29.4	0.0231	0.0926	O.K.
3_4	0.64	3.90	0.9427	29.4	0.0383	0.1493	O.K.
4_5	0.80	3.90	0.5167	44.4	0.0080	0.0311	O.K.
5_6	0.96	4.50	0.6200	44.4	0.0110	0.0494	O.K.
6_7	1.04	4.30	0.6717	44.4	0.0126	0.0543	O.K.
7_8	1.20	4.20	0.7750	44.4	0.0162	0.0682	O.K.
8_V36	1.36	3.40	0.5077	58.4	0.0055	0.0187	O.K.
TOTAL						1.0605	O.K.

Tabla 41: Cálculo de la pérdida de carga de la sub unidad de riego- válvula 49

SECT #	CAUDAL (l/s)	LONGITUD (metros)	VELOCIDAD CRÍTICA (m/s)	DIÁMETRO INTERNO (mm.)	PÉRDIDA UNITARIA (Hfu) (metros)	PÉRDIDA DE CARGA (HF) (metros)	OBSERVACIÓN
A-1	0.28	3.39	0.4125	29.4	0.0090	0.0305	O.K.
1_V49	0.28	8.00	0.4125	29.4	0.0090	0.0721	O.K.
B-1	0.28	11.67	0.4125	29.4	0.0090	0.1051	O.K.
1-V49	0.28	8.00	0.4125	29.4	0.0090	0.0721	O.K.
C-1	0.28	5.87	0.4125	29.4	0.0090	0.0529	O.K.
1-V49	0.28	8.00	0.4125	29.4	0.0090	0.0721	O.K.
TOTAL						0.4048	O.K.

c. Requerimiento de presión en la sub unidad de riego

En la Tabla 42 se observan las presiones requeridas para las 55 subunidades de riego (válvulas), así como la variación de presiones de los emisores en los extremos, menores al 20% de la presión de trabajo asignado que corresponde a una variación de caudal del 10%.

Para el riego por aspersión se visualiza una presión máxima de 54 m correspondiente a la válvula 55, y para el sistema por goteo una presión máxima de 32 m correspondiente a la válvula 41, las mismas que fueron reguladas por el PRS dial a 32 y 13 m de presión respectivamente.

Tabla 42: Presiones requeridas en las sub unidades de riego

Válvula	Caudal (l/s)	Elevación de válvula (m)	Presión en válvula (m)	Presión regulada en válvula (m)	Asignación de presión del emisor (m)	Elevación del emisor (m)	Presión del emisor mas crítico (m)	%Δ P en la subunidad de riego
PRV-1	0.64	2,434.63	28.45	13.00	13.00	2433.64	13.86	6.62
PRV-2	2.5	2,434.63	52.74	32.01	32.00	2435.58	30.65	4.25
PRV-3	2.1	2,434.57	52.8	32.01	32.00	2435.61	30.49	4.75
PRV-4	1.2	2,434.55	52.82	32.01	32.00	2434.96	30.76	3.91
PRV-5	0.78	2,435.67	27.41	13.00	13.00	2434.08	14.38	10.62
PRV-6	1.7	2,435.73	51.22	32.01	32.00	2436.22	31.38	1.97
PRV-7	0.72	2,435.69	27.38	13.01	13.01	2435.89	12.24	5.92
PRV-8	2.75	2,435.11	52.72	32.01	32.00	2435.76	30.98	3.22
PRV-9	2.95	2,435.10	52.73	32.01	32.00	2435.76	30.72	4.03
PRV-10	0.58	2,434.57	28.56	13.01	13.01	2435.89	11.16	14.22
PRV-11	1.8	2,434.71	52.09	32.01	32.00	2435.72	30.62	4.34
PRV-12	2.5	2,434.76	52.03	32.01	32.00	2435.78	30.2	5.65
PRV-13	2.9	2,434.78	52.7	32.01	32.00	2435.07	30.85	3.62
PRV-14	0.54	2,433.43	29.67	13.00	13.00	2434.89	11.12	14.46
PRV-15	0.35	2,433.46	29.65	13.00	13.00	2434.77	11.59	10.85
PRV-16	4.2	2,432.87	52.57	32.01	32.00	2432.21	32.5	1.53
PRV-17	0.6	2,432.84	29.56	13.00	13.00	2432.01	13.46	3.54
PRV-18	2.81	2,432.94	54.35	32.01	32.00	2432.99	31.72	0.91
PRV-19	1.1	2,432.97	29.25	13.00	13.00	2433.1	12.76	1.85
PRV-20	2.95	2,432.89	53.38	32.01	32.00	2432.15	32.33	1.00
PRV-21	1.18	2,432.87	29.36	13.00	13.00	2432.22	12.07	7.15
PRV-22	1.04	2,433.13	29.14	13.00	13.00	2433.49	12.45	4.23
PRV-23	2.9	2,433.12	53.33	32.01	32.00	2432.74	32.3	0.91
PRV-24	2.95	2,433.10	54.49	32.01	32.00	2432.23	32.41	1.25
PRV-25	1.24	2,433.09	28.89	13.00	13.00	2432.54	12.05	7.31
PRV-26	0.72	2,433.72	28.3	13.00	13.00	2434.71	11.56	11.08
PRV-27	4.65	2,433.70	51.3	32.01	32.00	2433.65	31.48	1.66
PRV-28	0.89	2,433.68	28.32	13.00	13.00	2434.03	12.2	6.15
PRV-29	2.75	2,433.66	54.02	32.01	32.00	2434.61	30.84	3.66
PRV-30	1.76	2,432.95	52.54	32.01	32.01	2431.69	32.88	2.72
PRV-31	0.75	2,432.89	29.1	13.00	13.00	2432.1	13.26	2.00
PRV-32	0.54	2,432.26	29.77	13.00	13.00	2431.78	13.28	2.15
PRV-33	2.5	2,432.21	50.37	32.01	32.00	2432.6	31.35	2.06
PRV-34	0.56	2,432.16	30.27	13.00	13.00	2432.13	12.9	0.77
PRV-35	1.02	2,432.03	30.34	13.00	13.00	2428.63	15.07	15.92

«continuación»

Válvula	Caudal (l/s)	Elevación de válvula (m)	Presión en válvula (m)	Presión regulada en válvula (m)	Asignación de presión del emisor (m)	Elevación del emisor (m)	Presión del emisor mas crítico (m)	%Δ P en la subunidad de riego
PRV-36	2.7	2,432.03	50.58	32.01	32.00	2428.83	34.17	6.75
PRV-37	0.8	2,430.05	32.32	13.00	13.00	2432.01	10.91	16.08
PRV-38	0.5	2,430.09	32.28	13.00	13.00	2432.05	10.87	16.38
PRV-39	2.1	2,429.46	53.68	32.01	32.00	2429.23	31.54	1.47
PRV-40	2.3	2,429.57	53.67	32.01	32.00	2429.79	31.29	2.25
PRV-41	0.97	2,429.69	32.68	13.00	13.00	2431.16	11.31	13.00
PRV-42	1.8	2,430.37	54.65	32.01	32.00	2429.33	32.7	2.16
PRV-43	1.12	2,430.47	31.01	13.00	13.00	2431	11.96	8.00
PRV-44	0.45	2,430.61	30.93	13.00	13.00	2431.79	11.63	10.54
PRV-45	0.69	2,430.61	30.89	13.00	13.00	2431.18	12.25	5.77
PRV-46	2.31	2,432.00	51.61	32.01	32.00	2429.65	33.69	5.25
PRV-47	1.93	2,431.99	50.61	32.01	32.00	2430.4	33.43	4.44
PRV-48	0.58	2,432.00	29.57	13.00	13.00	2429.25	15.43	18.69
PRV-49	0.84	2,432.23	29.32	13.00	13.00	2432.16	12.67	2.54
PRV-50	0.63	2,432.19	29.37	13.00	13.00	2431.86	13.22	1.69
PRV-51	2.82	2,432.20	51.24	32.01	32.00	2429.94	32.79	2.44
PRV-52	1.65	2,431.84	51.72	32.01	32.00	2429.94	33.79	5.56
PRV-53	3.1	2,431.05	50.92	32.01	32.00	2424.31	37.75	17.93
PRV-54	3.72	2,430.95	51.91	32.01	32.00	2428.21	33.39	4.31
PRV-55	2.36	2,428.90	54.06	32.01	32.00	2429.22	30.94	3.34

Según la Tabla 42, se observa una variación de presión máxima en los extremos de los emisores de 18.6% correspondiente a la válvula 48. Como resultado se obtuvieron los diámetros de las subunidades de riego detallados en la Tabla 43, se puede apreciar que se hizo uso de tuberías DN de 33, 48 y 63 mm, siendo la tubería de 33 mm (clase-10) la más requerida en el diseño.

Tabla 43: Inventario de tuberías de las subunidades de riego

Clase	Diámetro nominal (pulg)	Diámetro externo (mm)	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)
10	1	33	29.4	2010
7.5	1 1/2	48	44.4	198
7.5	2	63	58.4	130

c. Electroválvulas

Las electroválvulas escogidas fueron de la serie PGA de la marca Rain Bird, se seleccionaron los modelos 100-PGA, 150-PGA y 200-PGA con caudales máximos de 1.67, 4.17 y 6.67 l/s y pérdidas de presión máximas de 3.8, 3.6 y 2.3 m respectivamente a cada modelo, además la conexión tubería-válvula será en ángulo por presentar menores pérdidas de presión como se muestra en la Tabla 44. Se escogió este tipo de válvula por su compatibilidad con decodificadores (FD), admitir un solenoide de 24 VCA e incorporar un regulador de presión de salida (PRS dial), el cual permite regular y mantener una presión de salida constante entre 1,04 y 6,90 bares sin importar la presión de entrada (Ver Figura 37).



Figura 37: Válvula serie PGA mas PRS dial

Tabla 44: Pérdidas de presión de válvulas serie PGA

Caudal (m ³ /h)	Caudal (l/s)	Pérdidas de presión (bar)					
		100 PGA Globo 2.5 cm	100 PGA Ángulo 2.5 cm	150 PGA Globo 3.8 cm	150 PGA Ángulo 3.8 cm	200 PGA Globo 5.1 cm	200 PGA Ángulo 5.1 cm
0.23	0.06	0.35	0.3				
0.6	0.17	0.36	0.32				
1.2	0.33	0.38	0.35				
3	0.83	0.41	0.38				
6	1.67	0.43	0.38	0.1	0.07		
9	2.50	0.48	0.51	0.22	0.14	0.08	0.07
12	3.33			0.38	0.23	0.12	0.07
15	4.17			0.61	0.36	0.17	0.1
18	5.00			0.86	0.51	0.24	0.13
21	5.83			1.16	0.7	0.33	0.18
24	6.67					0.43	0.23
27	7.50					0.54	0.3
30	8.33					0.66	0.36

FUENTE: Catálogo Rain Bird (2019)

Del total de válvulas 26 son del modelo 100-PGA para el sistema de riego por goteo, los 29 restantes son para el riego por aspersión, de las cuales 26 son del modelo 150-PGA y 3 de modelo 200-PGA. En el Anexo 11 se visualiza la ubicación de electroválvulas.

4.7.2. Red de conducción

Para la red de conducción también llamada tubería principal, se asignó el diámetro nominal de 90 mm en base a los criterios de velocidad máxima permisible de 2m/s, caudal máximo de 7.1 l/s obtenido de los turnos y a las pérdidas de carga por fricción.

El trazo de la tubería principal se definió en base al plano paisajístico, determinándose de esta manera las longitudes. En la Figura 38 se observa de color rojo la red principal.

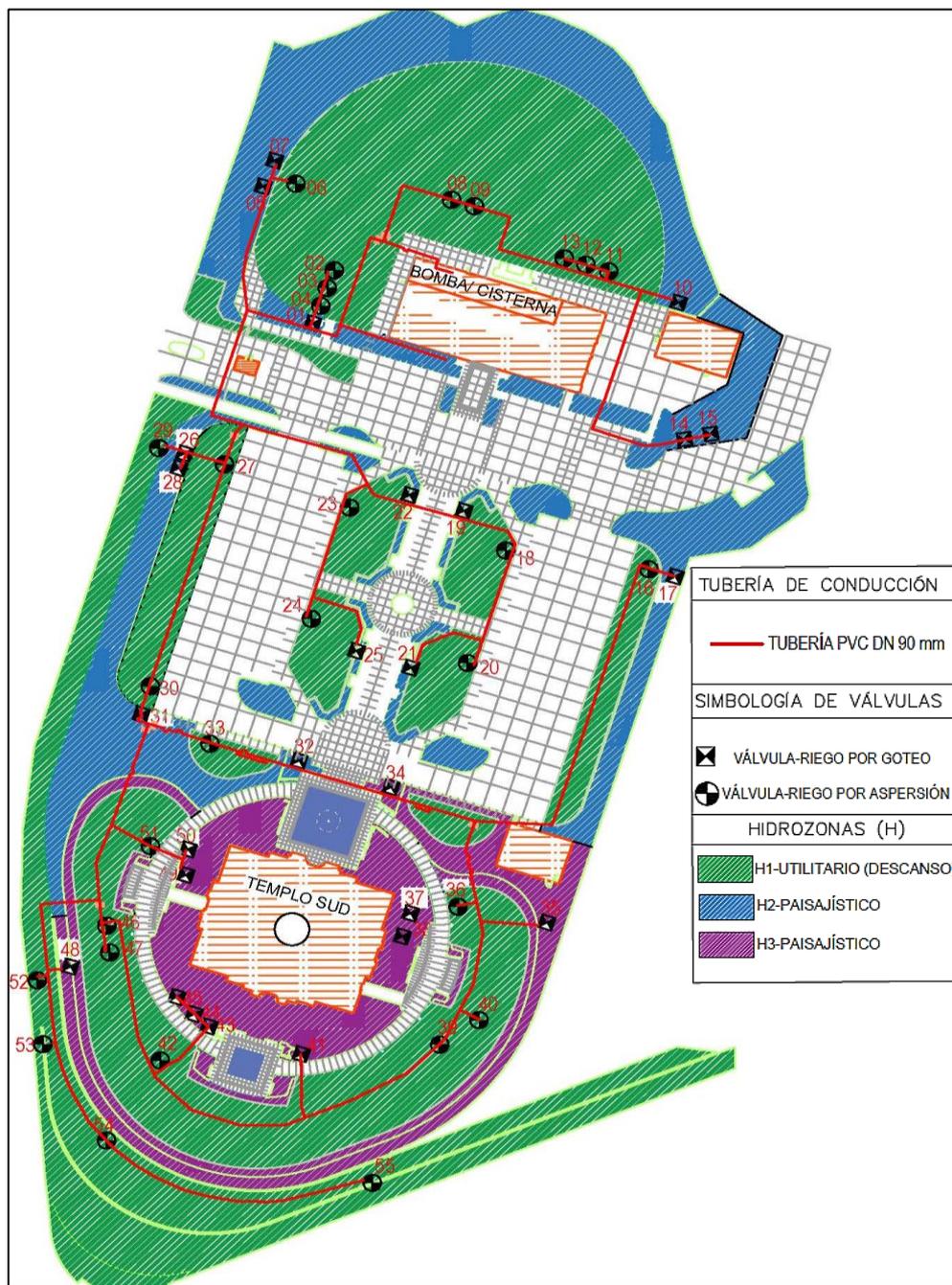


Figura 38: Red de tubería principal

En la Tabla 45 se observa la cuantificación de dichas tuberías. En el Anexo 4 se muestra la topología total de la red de riego.

Tabla 45: Cuantificación de la tubería principal

Clase	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)
7.5	90	83.4	1014

a. Válvulas de aire y purgas

Las cuatro válvulas de aire seleccionadas fueron de dos pulgadas del tipo trifuncional de la serie DG-10 marca ARI. Su funcionamiento consiste en la expulsión de aire para evitar sobrepresiones, ingreso de aire para evitar presiones negativas y colapso por aplastamiento y en estado automático es decir seguir expulsando pequeñas burbujas de aire cuando la tubería esta presurizada realizando el mantenimiento de la conducción en pleno funcionamiento. Se ubicaron en los puntos altos y en los cambios de dirección a largo de la línea de conducción cercanas a las válvulas 4,14,31 y 52.



Figura 39: Válvula de aire trifuncional

-También se incluyeron cuatro purgas enterradas para la limpieza del sistema con un suelo que será acondicionado para el filtrado del agua.

En el Anexo 11 se visualiza la ubicación de válvulas de aire y purgas.

4.7.3. Cabezal de riego

El cabezal está conformado por los siguientes equipos:

a. Aparatos de medición y control

- Válvula mariposa tipo wafer de 3” para controlar el flujo de agua tanto para el ingreso como para la salida de agua, con disco de acero inoxidable y conexión bridada.
- Válvula de aire de 2” trifuncional (doble efecto y combinada) modelo DG -10 marca ARI instalada antes del filtro automático.
- Manómetros de glicerina calibradas de 0-10 bar instaladas a la entrada y salida del sistema de filtrado.
- Válvula de alivio de presión marca BERMAD, modelo IR43Q-R, esta es accionada por el diafragma que alivia la presión excesiva del sistema, cuando sobrepasa la presión máxima de 54 m para el sistema por aspersión y de 31 m para el sistema por goteo.

- Medidor de caudal marca Raphael, tipo Woltman de 3” de hierro fundido con conexiones bridadas, diseñada para medir altos caudales con una mínima pérdida de carga, su presión máxima de trabajo es 16 bar y registro en m3.

b. Equipo de Filtrado

Teniendo en cuenta que el grado de filtración de los goteros seleccionados se encuentran entre 75 a 100 micrones según el fabricante Rain Bird, se determinó dos filtros de anillas automáticos de la serie Helix 200, modelo 202 marca AZUD, a partir del caudal de diseño 25.56 m³/hr, y de la ficha técnica que proporcionó el caudal máximo por elemento filtrante de 20 m³/hr para una calidad de agua tipo media a 100 micras como se muestra en la Figura 40. Las características hidráulicas de este cabezal de filtrado de dos pulgadas modelo 2S cuenta con caudal mínimo de retrolavado de 2.5 l/s a una presión de 1.5 bar y una pérdida de carga en torno a 2 mca. Por último, el costo de regar con agua potable es muy elevado frente a ello se hizo la previsión de contar con estos filtros ante un posible cambio de calidad de agua inferior para reducir costos. En el Anexo 3 se muestra la ficha técnica del equipo de filtrado.

AZUD HELIX AUTOMATIC DLP		micron mesh	400 40	200 75	130 120	100 150	50	20	10	5
AGUA BUENA	m ³ /h gpm		36 157	32 139	24 105	17 77	9 38	7 31	6 26	
AGUA MEDIA	m ³ /h gpm		32 139	30 131	20 88	14 61	7 31	5 23	4 18	
AGUA MALA	m ³ /h gpm		26 113	24 105	18 79	10 46	5 23	4 18	3 15	
AGUA MUY MALA	m ³ /h gpm		16 70	14 61	12 53	7 31	3 15	2 9	1 5	

Figura 40: Máximo caudal por elemento filtrante

c. Esquema del cabezal de riego

En la Figura 41 se observa la vista en planta del cabezal de riego compacto por la poca disponibilidad de espacio, debido a que el área asignada cuenta también con otros sistemas de bombeo referente a las distintas especialidades que requirió el Templo.

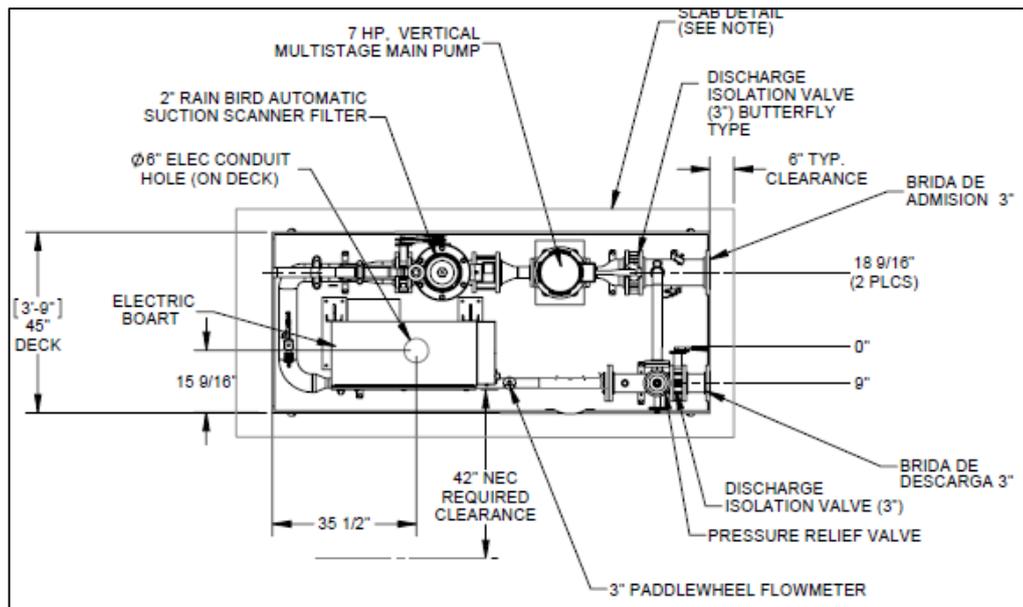


Figura 41: Cabezal de riego

4.7.4. Requerimiento de presión y selección de la bomba

a. Requerimiento de presión

En la Tabla 46 se observa las presiones y caudales de trabajo para los 17 turnos de riego, de los cuales se determinó al turno 9 como el crítico para el sistema por aspersión con un caudal de 6.92 l/s, presión de 54 m y un desnivel de 4 m; en tanto que para el sistema por goteo se asignó al turno 17 como el crítico con cual de 4.35 l/s, presión de 31m y un desnivel de 3.65 m. Ambos turnos fueron los más alejados al cabezal de riego.

Tabla 46: Presiones turnos de riego

Turnos	Válvulas	Caudal/	Elevación	Presión de	Elevación	Presión en
		turno	de bombeo	bombeo	de válvula	válvula
		(l/s)	(m)	(m)	(m)	(m)
I	PRV-2	5.79	2434.73	53.29	2,434.63	52.74
	PRV-3				2,434.57	52.8
	PRV-4				2,434.55	52.82
II	PRV-8	5.7	2434.73	53.56	2,435.11	52.72
	PRV-9				2,435.10	52.73
III	PRV-6	6	2434.73	52.65	2,435.73	51.22
	PRV-11				2,434.71	52.09
	PRV-12				2,434.76	52.03
IV	PRV-16	6.26	2434.73	51.47	2,432.87	52.57
	PRV-30				2,432.95	52.54
V	PRV-13	5.8	2434.73	53.29	2,434.78	52.7
	PRV-18				2,432.94	54.35
VI	PRV-20	5.85	2434.73	52.96	2,432.89	53.38
	PRV-23				2,433.12	53.33
VII	PRV-27	6.45	2434.73	51.03	2,433.70	51.3
	PRV-42				2,430.37	54.65
VIII	PRV-24	5.7	2434.73	53.57	2,433.10	54.49
	PRV-29				2,433.66	54.02
	PRV-39				2,429.56	53.68
IX	PRV-40	6.9	2434.73	49.61	2,429.57	53.67
	PRV-55				2,428.90	54.06
	PRV-33				2,432.21	50.37
X	PRV-36	7.13	2434.73	48.89	2,432.03	50.58
	PRV-47				2,431.99	50.61
	PRV-46				2,432.00	51.61
XI	PRV-51	6.88	2434.73	49.96	2,432.20	51.24
	PRV-52				2,431.84	51.72
	PRV-53				2,430.95	50.92
XII	PRV-54	6.94	2434.73	49.44	2,429.80	51.91
	PRV-1				2,434.63	28.45
XIII	PRV-5	3.66	2434.73	28.63	2,435.67	27.41
	PRV-7				2,435.69	27.38
	PRV-10				2,434.57	28.56
	PRV-14				2,433.43	29.67
	PRV-15				2,433.46	29.65
	PRV-17				2,432.84	29.56
XIV	PRV-19	3.98	2434.73	27.97	2,432.97	29.25
	PRV-21				2,432.87	29.36
	PRV-22				2,433.13	29.14
	PRV-25				2,433.09	28.89
XV	PRV-26	4.18	2434.73	27.66	2,433.72	28.3
	PRV-28				2,433.68	28.32
	PRV-31				2,432.89	29.1
	PRV-32				2,432.26	29.77
	PRV-34				2,432.16	30.27
XVI	PRV-35	3.88	2434.73	28.11	2,432.03	30.34
	PRV-37				2,430.05	32.32
	PRV-38				2,430.09	32.28
	PRV-41				2,429.69	32.68
XVII	PRV-43	4.35	2434.73	27.35	2,430.47	31.01
	PRV-44				2,430.61	30.93
	PRV-45				2,430.61	30.89
	PRV-48				2,432.00	29.57
	PRV-49				2,432.23	29.32
	PRV-50				2,432.19	29.37

b. Selección de la bomba

Para cubrir los diferentes puntos de operación de los sistemas de riego por aspersión y goteo buscando el ahorro energético, se seleccionó la bomba vertical CRNE-32-3 de la marca Grundfos con variador de frecuencia integrado con una potencia de 7 HP a partir del análisis del sector crítico (turno 9) y del caudal mínimo para el retrolavado de 2.5 l/s. Asimismo, en la Figura 42 se observa la curva de rendimiento del punto de operación con el caudal de retrolavado incluido, siendo este de 9.5 l/s y carga máxima de 54 m, con una eficiencia de bombeo del 75%, eficiencia conjunta de bomba, motor, VDF del 69 % y una Altura Neta Positiva de Aspiración requerida (NPSHr) de 3.48 m; sin embargo, el punto de operación crítico para los turnos de riego por aspersión es el que se visualiza y se detalla en la Figura 43, es el rango máximo en el que trabajará la bomba el mayor tiempo de funcionamiento, por tal razón se seleccionó la bomba de 7 HP. Por último, en la Figura 44 se muestra la curva de rendimiento para el punto de operación del turno crítico 17 bajo riego por goteo con caudal de 4.35 l/s y carga máxima de 31 m; además del comportamiento del variador de frecuencia a dichas condiciones de operación siendo aceptable eficiencias mayores al 50%.

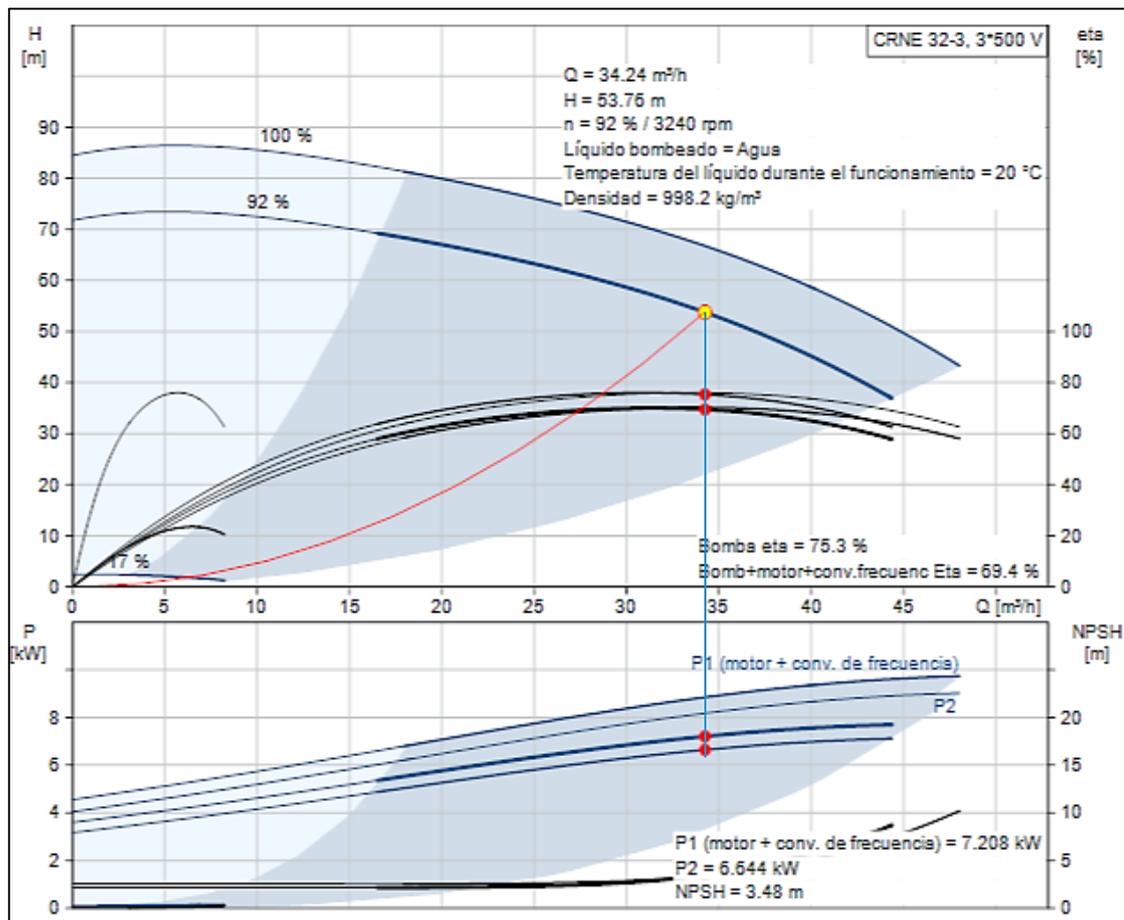


Figura 42: Curva de la bomba CRNE-32-3 para operación con retrolavado

En la Figura 43 se muestra la curva de rendimiento de la bomba CRNE-32-3 en función al punto de operación crítico correspondiente al turno 9, con un caudal de 7 l/s y carga de 54 m, presentando una eficiencia del variador del 86%, eficiencia de bomba del 75%, eficiencia conjunta de bomba, motor, VDF del 68% y NPSHr de 2.1 m.

La Altura Neta Positiva de Aspiración disponible (NPSHd) fue de 3.76 m, se obtuvo en función al diseño de la instalación y tomando en cuenta la presión atmosférica a 2400 m.s.n.m. En vista que es mayor al NPSHr no se tendrá problemas de cavitación.

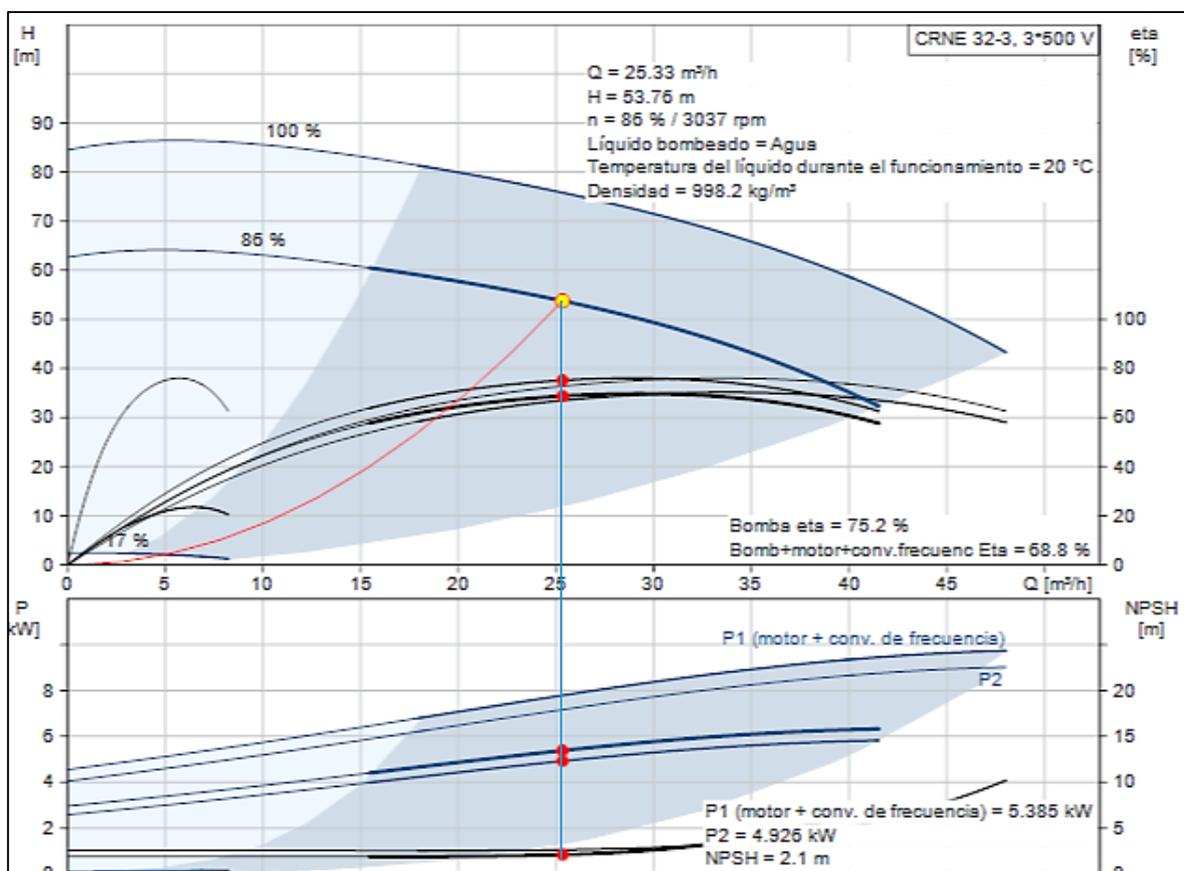


Figura 43: Curva característica de la bomba para operación de turnos de riego

Para el sistema de riego por goteo en la Figura 44 se aprecia el comportamiento de la bomba para el turno crítico 17 con una eficiencia de bomba del 72%, eficiencia conjunta de bomba, motor y VDF del 63% y NPSHr de 1.08 m.

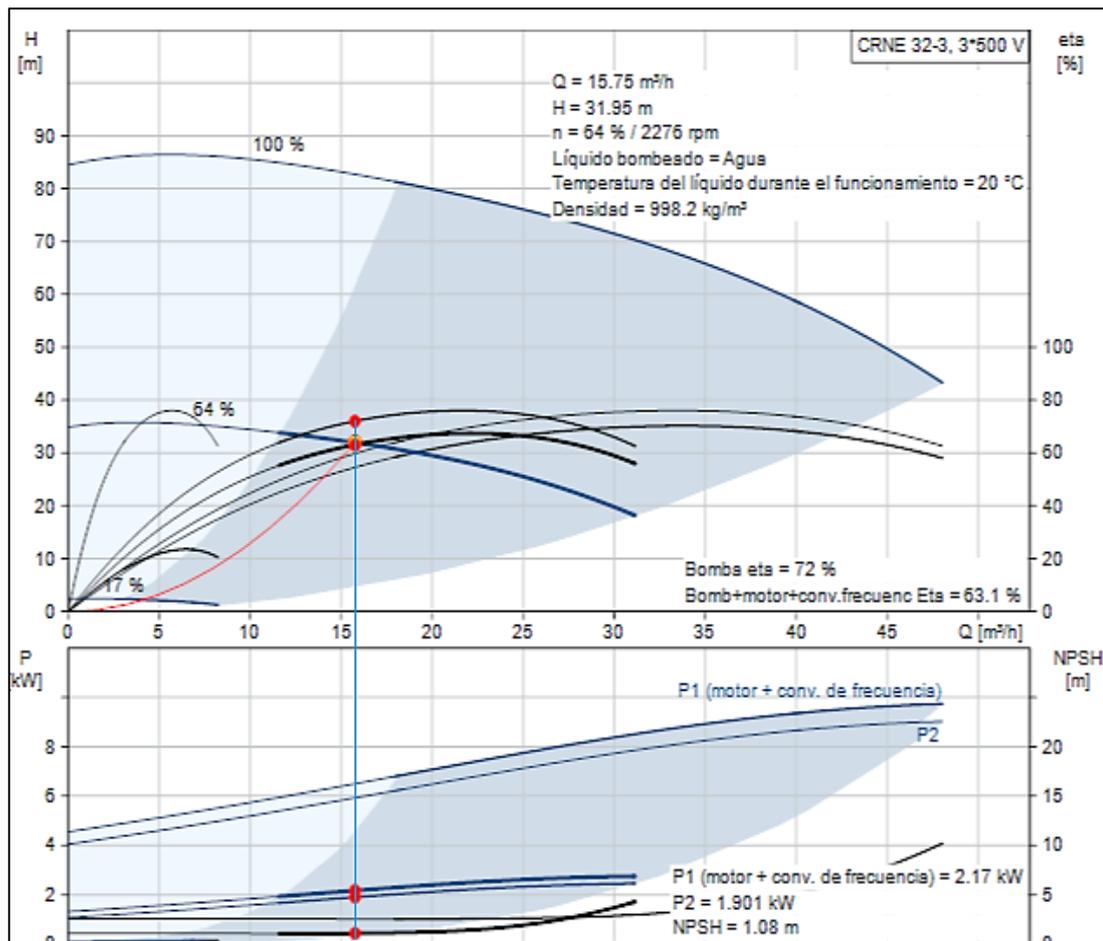


Figura 44: Punto de operación crítico para sistema por goteo

4.7.5. Simulación del turno de riego crítico

a. Interpretación de las variables hidráulicas

La simulación del modelo permitió ajustar y definir velocidades, presiones, longitudes y diámetros de la red tuberías principales y secundarias (subunidad de riego) teniendo en cuenta cada uno de los 17 turnos. Se estableció una codificación de colores para identificar los diámetros de la red de riego en función de las velocidades y caudales que circulan por las tuberías. En la Tabla 47 se muestra los diámetros con su respectivo código de color.

Tabla 47: Diámetros de la red de riego

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Color
90-C7.5	83.4	
63-C7.5	58.4	
48-C7.5	44.4	
33-C10	29.4	

caudal de 6.9 l/s con una eficiencia del 69%, garantizando que el modelo es confiable y que el turno funciona dentro de la curva de la bomba seleccionada. Se evaluó de la misma manera para los demás turnos.

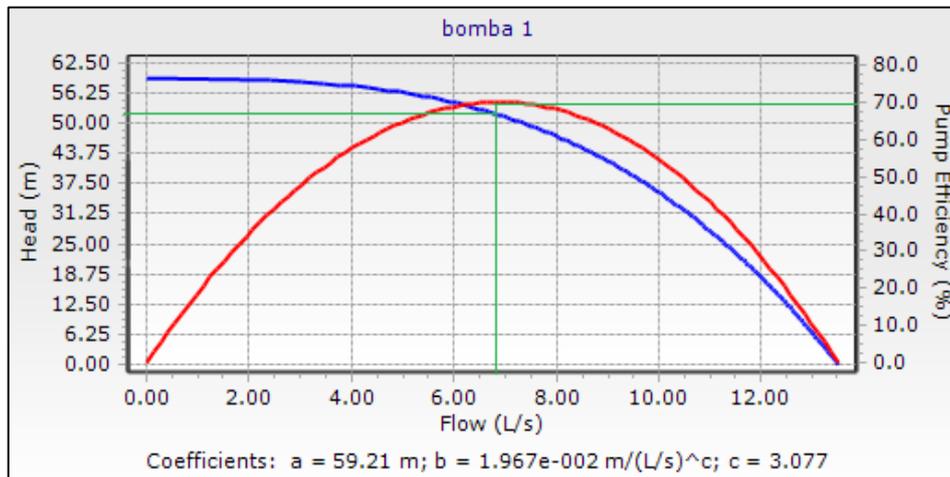


Figura 46: Punto de operación del turno 9

Para los turnos con riego por goteo, se analizó el punto de operación de la bomba para el turno crítico 17 con un caudal de operación de 4.35 l/s, una carga de 31 mca y eficiencia de bombeo del 63 % como se observa en la Figura 47.

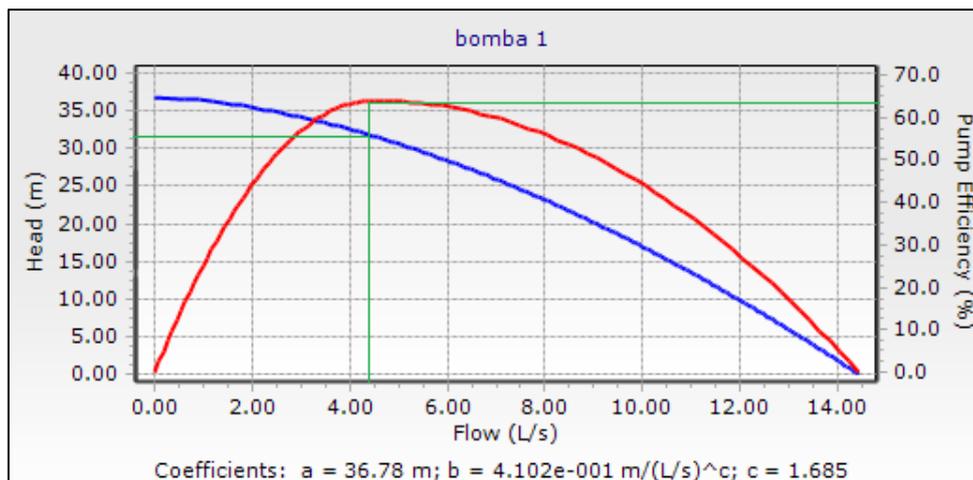


Figura 47: Punto de operación del turno 17

Finalmente se obtuvo los puntos de operación de la bomba para los 17 turnos de riego como se observa en la Tabla 48.

Tabla 48: Operación de la bomba para los 17 turnos de riego

Turnos	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (m)	Hydraulic Grade (Discharge) (m)	Flow (Total) (l/s)	Pump Head (m)
I	2,434.73	bomba 1	On	2,434.62	2,487.91	5.8	53.29
II	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,488.21	5.71	53.56
III	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,487.30	6.01	52.65
IV	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,486.12	6.37	51.47
V	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,487.94	5.8	53.29
VI	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,487.61	5.9	52.96
VII	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,485.68	6.5	51.03
VIII	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,488.22	5.7	53.57
IX	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,484.25	6.92	49.61
X	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,483.53	7.13	48.89
XI	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,484.60	6.89	49.96
XII	2,434.71	bomba 1	On	2,434.65	2,484.09	6.98	49.44
XIII	2,434.71	bomba 1	On	2,434.66	2,463.29	3.67	28.63
XIV	2,434.73	bomba 1	On	2,434.65	2,462.62	3.99	27.97
XV	2,434.73	bomba 1	On	2,434.65	2,462.31	4.19	27.66
XVI	2,434.73	bomba 1	On	2,434.65	2,462.76	3.9	28.11
XVII	2,434.73	bomba 1	On	2,434.65	2,462.00	4.35	27.35

4.7.6. Costo energético

Según el pliego tarifario de empresa prestadora de servicios en Arequipa SEAL S.A., el precio unitario por KW-hr es S/ 0.2113 bajo el tipo de tarifa MT3. En base a este tipo de tarifa el costo energético mensual es resultado del costo energético de bombeo más el costo de potencia. Se adjunta la estructura tarifaria en el Anexo 8.

- Costo energético de bombeo

En la Tabla 49 se observa los costos de bombeo por turnos, obtenidos a partir del producto del precio energético unitario, el tiempo de riego y la potencia de la bomba por turnos, el costo de bombeo diario fue de 5.29 soles con lo cual se obtuvo el costo energético de bombeo mensual tal como se muestra en la Tabla 50.

Tabla 49: Costo energético de bombeo por turnos y por día de operación

Turnos	Potencia de bombeo (Kw)	Tiempo de riego (hr)	Precio de energía en horas fuera de punta (S/. /Kw-hr)	Costo de bombeo/turno (S/)	Costo de bombeo/día (S/)
I	4.885	0.41	0.21	0.42	
II	4.809	0.43	0.21	0.44	
III	4.839	0.41	0.21	0.41	
IV	5.097	0.35	0.21	0.38	
V	4.894	0.36	0.21	0.37	
VI	4.915	0.36	0.21	0.37	
VII	5.467	0.35	0.21	0.40	
VIII	4.886	0.36	0.21	0.37	
IX	5.385	0.35	0.21	0.40	5.29
X	5.476	0.36	0.21	0.42	
XI	5.408	0.36	0.21	0.41	
XII	5.526	0.35	0.21	0.41	
XIII	1.847	0.26	0.21	0.10	
XIV	1.901	0.24	0.21	0.10	
XV	1.905	0.25	0.21	0.10	
XVI	1.990	0.22	0.21	0.09	
XVII	2.170	0.22	0.21	0.10	

Tabla 50: Costo energético de bombeo mensual

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Costo por día	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
Nº de días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
costo mensual	164.03	148.16	164.03	158.74	164.03	158.74	164.03	164.03	158.74	164.03	158.74	164.03
cargo fijo mensual	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36
costo mensual de bombeo	172.39	156.52	172.39	167.10	172.39	167.10	172.39	172.39	167.10	172.39	167.10	172.39

- Costo de potencia

El costo de potencia resultó de 247.79 soles, este es un valor constante para cada mes del año y se obtuvo a partir de la potencia máxima consumida (5.52 kw), el costo de potencia de generación y el costo de potencia de distribución mensuales en horas fuera de punta según la tarifa MT3 (Ver Tabla 51).

Tabla 51: costo de potencia activa por mes

Pmax(kw)	Cpg/mes (S/ /Kw-mes)	Cpd/mes (S/ /Kw-mes)	Costo de potencia/mes (S/)
5.52	33.11	11.78	247.79

En la Tabla 52 se muestra el costo energético mensual y anual como resultado de la suma del costo de bombeo y de potencia. Se tendrá un costo anual de 5004.72 soles para la bomba con VDF de 7 HP.

Tabla 52: Costo energético mensual y anual para la bomba con VDF

Meses	Costo energético mensual por bombeo	Costo mensual de potencia	Costo energético mensual	Costo energético anual
ENE	S/ 172.35	S/ 247.79	S/ 420.14	
FEB	S/ 156.52	S/ 247.79	S/ 404.31	
MAR	S/ 172.35	S/ 247.79	S/ 420.14	
ABR	S/ 167.06	S/ 247.79	S/ 414.85	
MAY	S/ 172.35	S/ 247.79	S/ 420.14	
JUN	S/ 167.06	S/ 247.79	S/ 414.85	
JUL	S/ 172.35	S/ 247.79	S/ 420.14	S/ 5,004.72
AGO	S/ 172.35	S/ 247.79	S/ 420.14	
SEP	S/ 167.06	S/ 247.79	S/ 414.85	
OCT	S/ 172.35	S/ 247.79	S/ 420.14	
NOV	S/ 167.06	S/ 247.79	S/ 414.85	
DIC	S/ 172.35	S/ 247.79	S/ 420.14	

4.8. SELECCIÓN DEL TIPO DE AUTOMATIAZCIÓN

En la Tabla 53 se observa el comparativo de los tres tipos de automatización. Se observa que la automatización mediante el controlador monocable y decodificadores es el más adecuado, teniendo en cuenta su simplicidad en la instalación, funcionamiento y mantenimiento para la operatividad de 55 electroválvulas en el proyecto. Así mismo su sistema de comunicación monocable y decodificadores ofrece mayor seguridad en la transmisión de información y permite ampliar las áreas a regar sin la necesidad de realizar el tendido de nuevos cables al controlador, además de ser compatibles con sensores y a ser gestionado de forma remota; sin embargo, el costo de implementación es mayor a las otras dos opciones, pero recuperable en el tiempo.

Tabla 53: Comparativo general de las tres opciones propuestas

Opción 1: Automatización mediante un controlador y mando hidráulico a distancia	
Operatividad	Costos
<p>Cantidad de personal: Al ser un sistema operado desde un centro de control (fijo), requiere al menos de un personal para controlar el riego. Para el proyecto se requeriría de un solo personal para el control y el mantenimiento, sin embargo, podría incrementarse a 2 o 3 de acuerdo a la complejidad a resolver.</p> <p>Tiempo de operación: Al ser accionada la apertura o y cierre de válvulas por la presión hidráulica del agua a través de los microtubos de polietileno, el tiempo será mayor al de un sistema accionado por pulsos eléctricos, debido al tiempo que se pierde en el control del cebado y expulsión de aire de los microtubos que variaran de acuerdo a la longitud que se tenga; además existe otro tiempo y es el que se pierde por las continuas reparaciones debido a la fragilidad del microtubo y traslados a la caseta de control ante imprevistos en el riego.</p> <p>Funcionamiento: El control se realiza a través de la comunicación del programador hacia los solenoides respectivos a cada válvula anclados en una barra en la caseta de control. Estos solenoides transforman la energía eléctrica en energía hidráulica que viajan por los microtubos accionando las válvulas hidráulicas a través de presión de agua. Por otro lado, resulta económico por el material de polietileno; sin embargo, presenta descarga variable al dilatarse con la temperatura y al haber diferencia de elevaciones entre las válvulas. Interfaz no específica para paisajismo. Orientado a proyectos pequeños en el sector de jardinería a pesar del menor costo de instalación. Sistema poco fiable y seguro por la fragilidad del microtubo y estar expuestas a vandalismo (humano y animal) (Wiseconn,2020)</p>	<p>Por implementación: Para un mismo nivel de implementación con respecto a los otros tipos de automatización el costo de los materiales y equipos accionados hidráulicamente es menor, con respecto a los accionados eléctricamente según catálogo y cotizaciones a fabricantes. (Recuperado de: orbesagricolasac.com)</p> <p>Por operación: Teniendo en cuenta la operatividad descrita, es decir, mayor tiempo en el control de los cebados, por tanto, mayor consumo de agua y energía; el costo por operatividad será mayor frente a los otros dos tipos de automatización.</p>

«continuación»

Opción 2: Automatización mediante un controlador convencional y cableado eléctrico

Operatividad

Costos

Cantidad de personal: También es un sistema operado en el lugar, por tanto, requiere al menos de un personal para el control y mantenimiento del riego. Para el proyecto se requeriría de un solo personal. En similitud con el método anterior el número dependerá del tipo de inconveniente a solucionar.

Tiempo de operación: La apertura y cierre de las válvulas, son accionados a través de pulsos eléctricos, el tiempo será similar al sistema con decodificadores y menor al sistema accionado hidráulicamente por las razanos ya mencionadas en la opción anterior. Además, el tiempo que se pierde por reparaciones en caso uno o más cables presenten fallas de continuidad o problemas de sulfatación. El tiempo en traslados a la caseta de control ante imprevistos es similar a la opción 1, por tanto, la diferencia principal radica en el tiempo que toma la activación de las válvulas y el tiempo en mantenimientos.

Funcionamiento: Se basa en un controlador de riego diseñado para reconocer cada válvula a través de su respectivo cable, además necesita de un cable adicional denominado común, el cual recorre y transmite el pulso eléctrico al solenoide de las válvulas para accionar el riego. Interfaz orientado al paisajismo. Eficiente para proyectos pequeños y medianos. Su principal inconveniente radica al instalar gran cantidad de válvulas, significa demasiados cables tornándose complicado realizar reparaciones desde el punto de vista eléctrico. Además, este sistema de comunicación por cable es más costoso que la opción por microtubo y tampoco ofrece gran fiabilidad en la instalación debido a que tiende a romperse, este inconveniente se podría solucionar mejorando la calidad de los cables sin embargo incrementaría aún más el costo de instalación. Por tales razones no fue conveniente su aplicación en el templo SUD (Rain Bird, 2015).

Por implementación: Para un mismo nivel de implementación con respecto a los otros tipos de automatización el costo de los materiales y equipos será mayor a los accionados hidráulicamente y menor con respecto al sistema con decodificadores según catálogo y cotizaciones a fabricantes. (Recuperado de orbesagricolasac.com)

Por operación: Teniendo en cuenta el menor tiempo frente al accionamiento hidráulico el costo será similar a la opción con decodificadores y menor a la opción con microtubos, sin embargo, el costo más notorio es por mantenimiento siendo mayor a las otras dos opciones.

«continuación»

Opción 3: Automatización mediante un controlador monocable y decodificadores

Operatividad

Costos

Cantidad de personal: también es un sistema operado en el lugar y necesitará de un personal para el control, mantenimiento y cuidado de los componentes ante vandalismo; sin embargo, al ser un sistema compatible para ser gestionado de forma remota desde cualquier dispositivo inteligente, el mismo usuario realizará el control y solo se requeriría de personal para el mantenimiento en fechas específicas.

Tiempo de operación: La apertura y cierre de las válvulas, son accionados por solenoides a través de pulsos eléctricos, el tiempo será similar al sistema con cables y menor al sistema accionado hidráulicamente por presión del agua. Sin embargo, al implementar el telecontrol no habría pérdidas de tiempo por traslados y las respuestas serían inmediatas ante imprevistos.

Funcionamiento: Se basa en la comunicación del controlador con las electroválvulas mediante el envío de información y señal eléctrica a través de los decodificadores y el monocable respectivamente. El controlador de riego reconoce a cada válvula a través de sus direcciones (códigos) de sus respectivos decodificadores eliminando los múltiples cables, el pulso eléctrico es transmitido por un único cable de dos hilos a los solenoides de las válvulas para accionar el riego. Este sistema de comunicación es de gran fiabilidad dado que el monocable presenta múltiples capas de protección. Por otro lado, posibilita adaptarse a los nuevos requerimientos del proyecto como la ampliación de áreas verdes sin la necesidad tender nuevos cables hacia el controlador. Interfaz con gran número de configuraciones orientado al paisajismo y eficiente para proyectos medianos y grandes. También permite la opción de comunicarse vía internet con un servidor en la nube que permite monitorear y controlar el riego en tiempo real (Rain Bird, 2019).

Por implementación: El costo de los materiales y equipos será mayor a los otros dos tipos de automatización según catálogo y cotizaciones a fabricantes.

(Dorot&RainBird, 2019)

Por operación: Teniendo en cuenta la operatividad descrita, el costo de operación es menor a los dos tipos de automatización.

4.8.1. Selección del controlador

De los diversos controladores comerciales que existen y de acuerdo al tipo de automatización con monocable y decodificadores, se seleccionó el controlador modelo ESP- LXD de la marca Rain Bird por tres razones; la primera razón es porque permite controlar hasta 200 válvulas a través del módulo expansión SM 75 cubriendo de esta manera las 55 válvulas del proyecto, leer los códigos de los decodificadores de cada estación posibilitando la programación y activación del riego sin recurrir a múltiples cables. La segunda razón es la versatilidad que tiene, al ser compatible a la lectura de sensores y permitir realizar variadas configuraciones; finalmente, la tercera razón es por su compatibilidad para el telecontrol del riego desde un ordenador central y/o dispositivo móvil mediante un sistema denominado IQ Cloud.

El controlador permitió la programación de los 12 turnos de riego por aspersión y los 5 turnos de riego por goteo, en base a los parámetros de operación obtenidos en el diseño agronómico. En la Figura 48 se observa cómo se instala el módulo del decodificador ESP-LXD-M50 en una de las ranuras dentro del controlador, este posibilita contar con las entradas para la comunicación con los dispositivos considerados en el sistema de riego, se observa también la instalación del módulo de expansión de estaciones SM75 en la otra ranura disponible, por último, se muestra la conexión del monocable de dos hilos a los terminales L1 y L2 en el módulo del decodificador ESP- LXD-M50. La función de este monocable es llevar los pulsos eléctricos al circuito de electroválvulas.

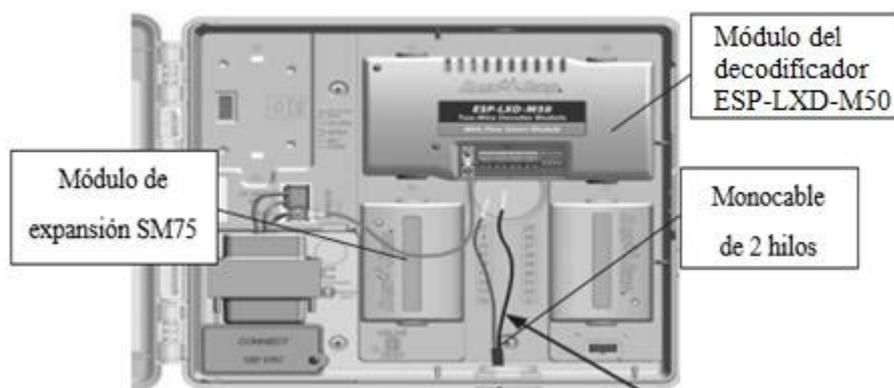


Figura 48: Módulo del decodificador y de la expansión de estaciones

FUENTE: Manual de Rain Bird (2019)

4.9. ENERGIZACIÓN DEL SISTEMA

La fuente de energía será eléctrica proveniente del sistema interconectado y tablero eléctrico instalada junto a controlador. Este sistema se utilizará en horario fuera de punta de punta de 11 pm a 5 am.

4.9.1. Relé de arranque para bomba

El tablero eléctrico contará con dos relés manejados por un voltaje de 380 voltios, uno para el encendido del sistema y otro para el apagado, permitiendo de esta manera el control de la bomba. Se usará un cable vulcanizado AWG N°10 de tres hilos que conecta el relé térmico hacia la bomba trifásica. La conexión en el motor no requerirá necesariamente arrancadores tipo estrella-triángulo, al tener integrado el variador de frecuencia a diferencia de otros sistemas de bombeo sin variador. El variador eleva el costo del tablero eléctrico al implementarlo.

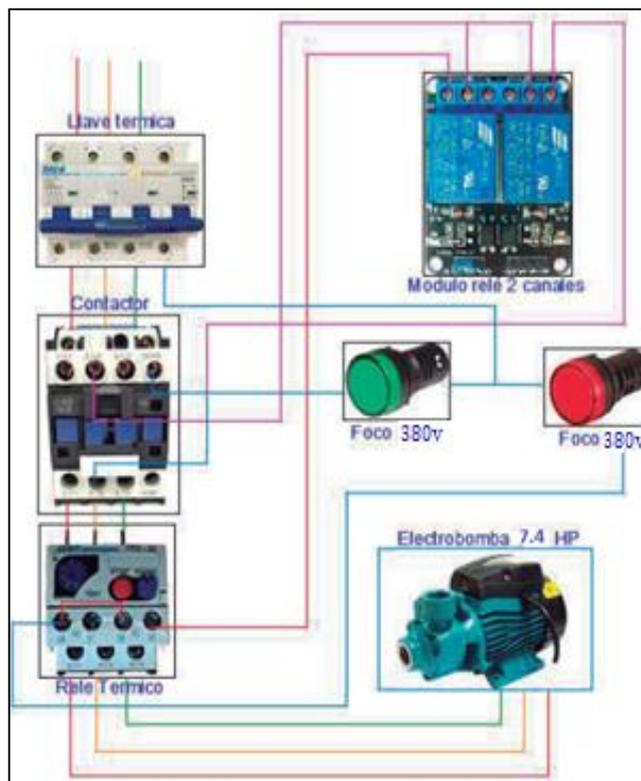


Figura 49: Módulo relé para control de bomba

4.9.2. Conexión de fuente de energía para el controlador

El controlador ESP-LXD mediante su transformador interno reduce el voltaje de entrada de 380 VCA a 24 VCA para poner en funcionamiento los decodificadores configurados previamente como se muestra en la Figura 50. Para la alimentación de la fuente de energía se conectará a los cables de alimentación provenientes del tablero eléctrico a los tres cables del transformador, el cable de alimentación de color negro (caliente) al cable negro del transformador, el cable de alimentación azul (neutro) al cable azul del transformador, por último, el cable de puesta a tierra verde al cable verde del transformador para la protección del controlador ante sobre tensiones como se observa en la Figura 51.

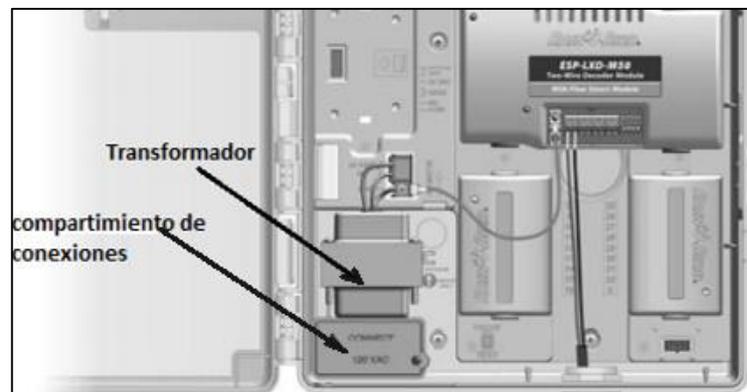


Figura 50: Parte posterior del controlador LXD

FUENTE: Rain Bird (2019)

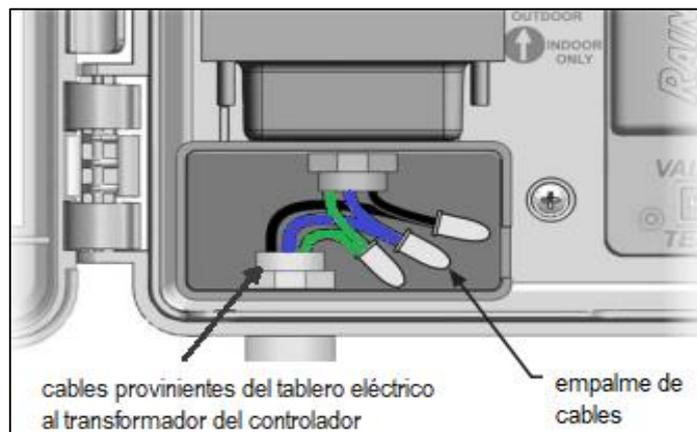


Figura 51: Alimentación de energía y puesta a tierra

FUENTE: Rain Bird (2019)

El protector contra descarga de rayos LSP-1 proporcionará protección al controlador ESP-LXD y a la ruta de dos cables. Para evitar sobretensiones se deberá empalmar en el sistema

de riego en tres áreas diferentes: En el controlador, en la ruta monocable (conectada a tierra con un LSP cada 150 metros o cada 8 decodificadores, el que sea menor) y al final de la misma ruta. En la Figura 52 se visualiza el LSP-1 empalmado en la ruta monocable.

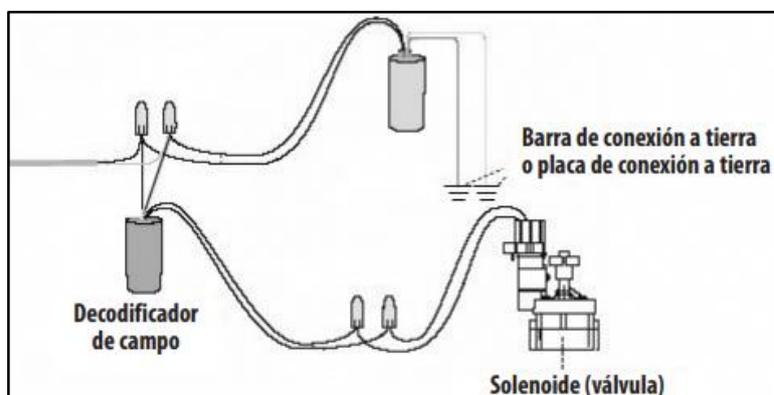


Figura 52: Protección contra descarga LSP-1 en la ruta monocable

FUENTE: Rain Bird (2019)

4.10. SENSORES SELECCIONADOS PARA EL SISTEMA DE RIEGO

4.10.1. Sensor de caudal

En la Tabla 54, se indica el rango de caudal sugerido para el sensor de flujo seleccionado FS300PBSP en función del caudal del sistema de riego que va desde 13.66 m³/h a 25.5 m³/h. Este sensor de caudal de la marca Rain Bird funciona tanto por encima como por debajo del caudal indicado, además depende del caudal y no tanto del tamaño de la tubería principal siendo para nuestro sistema de DN 90mm. En el Anexo 6 se visualiza la ficha técnica de este sensor y resto de sensores.

Principales especificaciones:

- Precisión $\pm 1\%$ (escala completa)
- Velocidad: 0.15 -9.2 m/s
- Presión: 6.9 bar (max.)
- Temperatura: 60 ° C (max.)
- Montaje en T.

Tabla 54: Rango de funcionamiento sugerido del sensor de caudal

Modelos	Diámetros (mm)	Rango de funcionamiento recomendado (m3/h)
FS100PBSP	32	1.2-12.2
FS150PBSP	50	1.1-22.7
FS200PBSP	65	2.3-45.4
FS300PBSP	90	4.5-68.1
FS400PBSP	110/125	9.1-113.6

4.10.2. Sensor de humedad

Los sensores de humedad seleccionados SMRT-Y como se observa en la Figura 53, permitirá la lectura del suelo franco arenoso del proyecto con capacidad de campo del 14%, por tanto, el umbral de humedad establecido será del 80% de la capacidad de campo, es decir, del 11%. El sensor realizará mediciones de humedad cada 10 minutos. En caso el contenido de humedad fuera superior al 11%, el sensor lo informará mediante una alarma la cancelación del riego. Si el contenido de humedad se encuentra por debajo del 11%, el sensor procederá con el funcionamiento normal del controlador y el programa de riego. Es importante mencionar que los sensores de humedad serán usados como un parámetro comparativo para ajustar la programación del riego realizada en base al clima.

Principales especificaciones:

- 25 voltios de CA a 12 W
- Temperatura de funcionamiento: de -20 °C a 70 °C
- Rango de temperatura máxima: de -40°C a 85°C
- Cables conductores calibre 18 AWG a 106.7 cm (42 pulg.) de longitud.



Figura 53: Sensor de humedad con interfaz de usuario de Rain Bird

FUENTE: Rain Bird (2019)

4.10.3. Sensor de lluvia

Se seleccionó el sensor WR2 de la marca Rain Bird permitirá cancelar el riego mediante la función de “apagado rápido” o cuando la cantidad de lluvia supere el nivel preestablecido diario de 6.5 mm, el modo de riego que se configuró en su interfaz de usuario fue modo de riego programado, es decir el sensor se gestionará de manera activa cuando las condiciones ambientales alcanzan el nivel preestablecido.

El LED del sensor indica la intensidad de la señal durante 20 minutos después de que se haya realizado correctamente la sincronización como se observa en la Tabla 55. La comunicación será vía cable entre la interfaz del sensor y el controlador de riego como se observa en la Figura 54.

Principales especificaciones:

- Aplicación: adecuada para uso con programadores de 24 V CA
- Capacidad eléctrica adecuada para la utilización con hasta seis solenoides de 24 V CA.
- Transceptores de radio de 2 vías de espectro amplio aprobados por la FCC como clase B.
- Distancia de transmisión de la señal de 700' (213.4 m) de línea visual.
- Protección de sobretensión/rayos de 6 kV.
- Valores de precipitación ajustables de 1/8" a 1/2" (de 3 a 13 mm).
- Valores de temperatura baja ajustables de 0.5 a 5 °C

Tabla 55: Intensidad de señal del sensor al interfaz de usuario

Señal	LED del sensor
BUENA Instalar	1-4 intermitencias
MALA No instalar	No intermitente

FUENTE: Guía de controlador LXD-Rain Bird (2015)

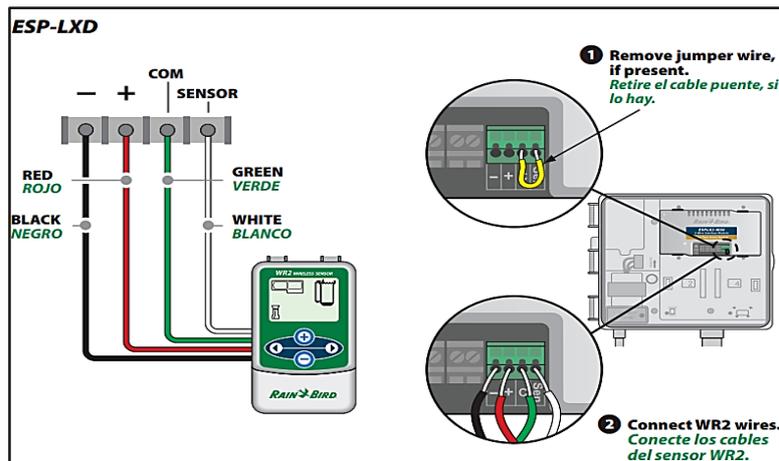


Figura 54: Conexión entre la interfaz del programador y el controlador LXD

FUENTE: Rain Bird (2019)

4.11. DECODIFICADORES SELECCIONADOS

Se seleccionaron los decodificadores SD-210 para la activación de los sensores de caudal y clima, y los FD-101 para la activación de la bomba y las válvulas a través de sus configuraciones en el controlador de riego. En la Figura 55 se muestran dichos decodificadores

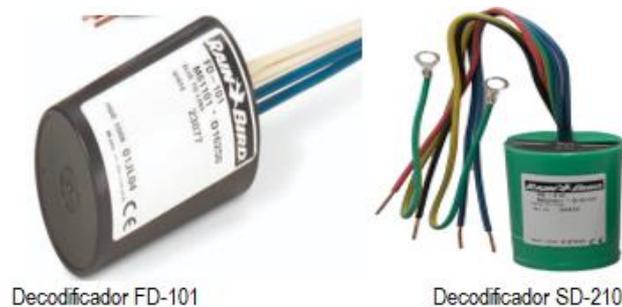


Figura 55: Decodificador FD-101

FUENTE: Guía de decodificadores Rain Bird (2015)

Los decodificadores FD-101, cuentan con dos cables de color azul y dos de color blanco. El nombre se interpreta de la siguiente manera: el primer dígito leído de izquierda a derecha es el número uno, significa que tiene una dirección y el último dígito significa un solo solenoide por dirección, quiere decir que puede activar una sola válvula con dicha dirección; con lo cual el sistema usará un decodificador por electroválvula (Ver Tabla 56).

Tabla 56: Modelo de decodificadores

Modelos de decodificador	Número de direcciones por decodificador	Número máximo de solenoides por dirección	Máximo de direcciones funcionando simultáneamente
FD-101	1	1	1
FD-102	1	2	1
FD-202	2	2	2
FD-401*	4	1	4
FD-601*	6	1	4

Se instalarán conectando los cuatro cables. Los dos cables de color blanco se conectarán con los otros dos cables blancos del solenoide; los dos cables de color azul se conectarán con el cable de comunicación de dos hilos mediante conectores estancos, estos conectores contarán interiormente con un gel especial que impide el ingreso del agua (Ver Figura 56).

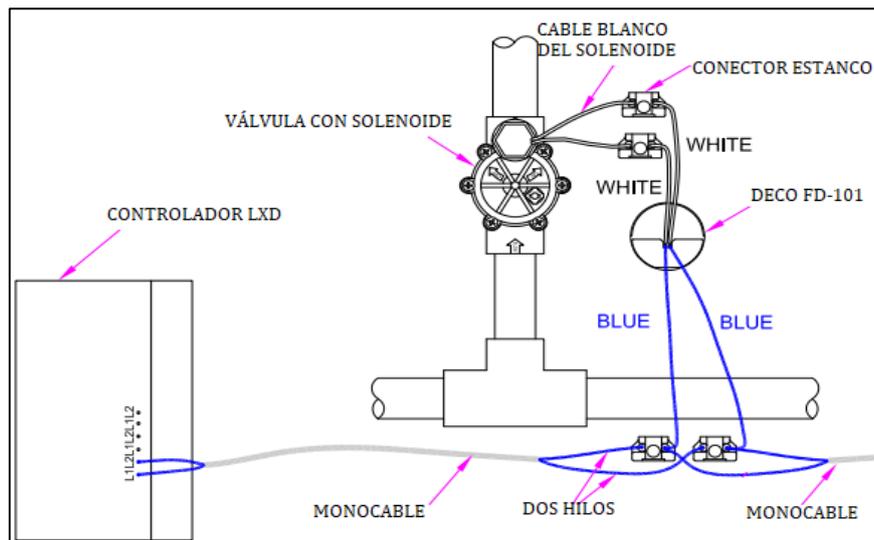


Figura 56: Conexión FD-101 con el solenoide de la electroválvula

4.12. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO MEDIANTE EL CONTROLADOR

4.12.1. Configuración de funciones fundamentales

Girando el dial del controlador hacia sus múltiples opciones se configuró la programación del riego, para poner en funcionamiento, el dial se deberá dejar en la opción “Auto”. Como primera configuración se dejó en la opción “fijar fechas y horas actuales” en donde se actualizó la hora y la fecha (Ver Figura 57).



Figura 57: Dial del controlador de riego

FUENTE: Rain Bird (2019)

En la opción “asistente de configuración” se muestran las funciones de configuración: tipos de válvulas, válvulas maestras, sensores meteorológicos, configuración de estaciones y sensores de caudal como se puede apreciar en la Figura 58.

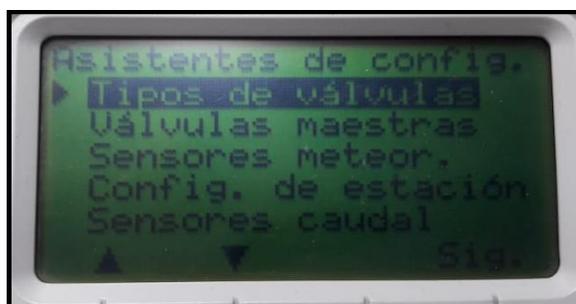


Figura 58: Asistente de configuración

- Se configuró las válvulas de tipo PGA, con un decodificador por solenoide (válvula) como se observa en la Figura 59.

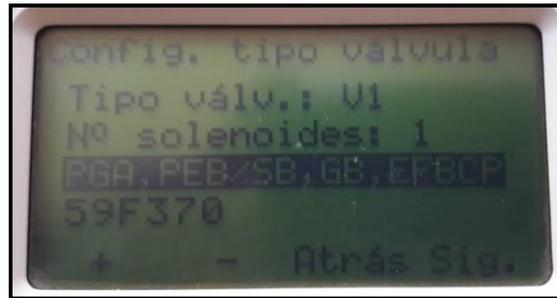


Figura 59: Tipo de válvula

- Configuración de válvulas maestras (VM), se usó una sola válvula maestra para el sistema de riego, conectada a un decodificador de campo (FD) de código 29871 registrado en el “asistente de configuración”. La válvula maestra reaccionó a la válvula de campo modelo PGA normalmente abierta. La gestión del caudal a nivel de controlador se realizará por Flomanager (gestión de caudal) por consiguiente fue necesario configurar la opción “flozone” (zona de flujo). Se determinó una sola flozone, es decir, se consideró todo el proyecto como una sola zona de flujo por no ser de grandes dimensiones las áreas verdes (Ver Figura 60).



Figura 60: Conexión y configuración de la VM

- En la Figura 61 se observa la configuración de los sensores meteorológicos, se estableció un solo sensor de lluvia con conexión directa al controlador mediante cable, es decir sin uso de decodificador a través de la opción “sensor local”. Los tres sensores de humedad se configuraron con la dirección 29872 del decodificador SD-210. El tiempo de estabilización a las condiciones meteorológicas para ambos sensores estableció de un minuto.



Figura 61: Dirección del sensor de humedad y tiempo de estabilización

- En la Figura 62 se muestra la secuencia de configuración de estaciones y decodificadores, en este campo se ingresaron de forma correlativa las 55 válvulas y las direcciones de los decodificadores (FD-101) respectivos, con prioridad por válvula de tipo “media” para aspersión y “baja” para goteo. Cada válvula obedece a la válvula maestra (VM 1) para la única “Flozone 1” que corresponde al sistema de riego. Se observa el registro de la estación 1, válvula 2 con dirección 40001, prioridad “media” correspondiente a la única zona de flujo y VM 1.

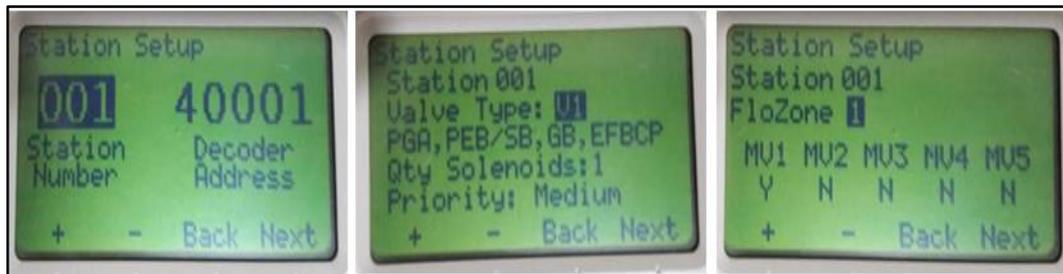


Figura 62: Configuración de estaciones (válvulas)

- Sensores de caudal, en este caso se configuró uno solo sensor con su respectivo decodificador con la dirección 29874. El modelo seleccionado fue FS300P el cual, se sincronizó con la VM 1 y la zona de flujo 1 como se muestra en la secuencia de la Figura 63.



Figura 63: Configuración del sensor de caudal

4.12.2. Configuración de programas

Para la configuración de programas se giró el dial a la opción “fijar horas de inicio del riego” y para ingresar el tiempo de riego se giró a la opción “establecer tiempos de ejecución de la estación.” Los parámetros de operación determinados en el diseño agronómico se ingresaron al programa B (Figura 64), es importante mencionar que el controlador LXD permite configuraciones hasta en cuatro programas (A, B, C y D) los mismos que se activan desde la cara frontal del controlador tal cual se muestra en la Figura 65. Se estableció la hora de inicio del riego para las 11 PM para evitar las horas punta del consumo de energía, con una frecuencia de riego diario, el tiempo de riego para los turnos por aspersión y goteo estuvo en función a lo determinado en los parámetros de operación (Tabla 28). En la Figura 64 se observa la configuración para la válvula 2 correspondiente a la estación 1 con un tiempo de 24 minutos correspondiente al sistema de riego por aspersión.



Figura 64: Configuración del controlador- activación del programa B

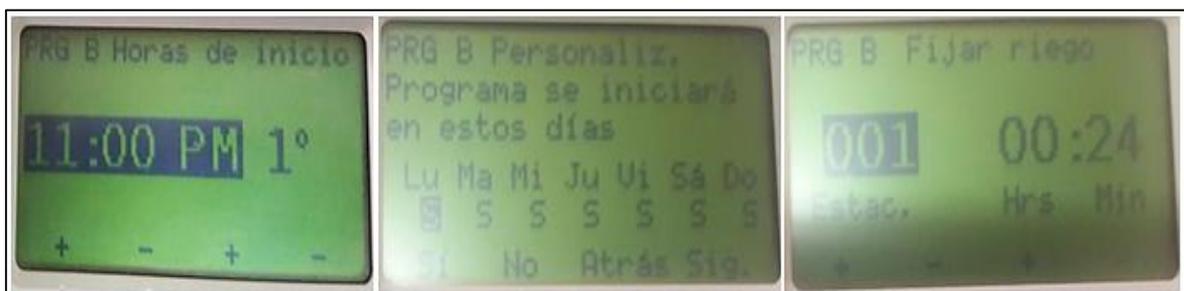


Figura 65: Hora de inicio de riego y tiempo de riego para la válvula 2

4.12.3. Asignación y gestión de caudal a la estación

Girando el dial del controlador a la opción “Programación del módulo” y a través de la sub opción “Fijar tasas de estaciones” se activó FloManager y se ingresó manualmente los caudales de cada estación. En la Figura 66 se muestra la asignación de caudal de 0.69 l/s para la válvula 1(estación 30) correspondiente a la Flozone 1. Al contar con sensor de caudal también es posible la asignación de caudales mediante la opción gestión de flujo (FloWatch), el cual permitirá asignar presión y volumen de agua disponible a las estaciones a partir de sus requisitos hidráulicos; sin embargo, mientras no esté en funcionamiento y no tenga lecturas no es recomendable el uso de FloWatch.



Figura 66: Asignación de caudales de las válvulas

En la Figura 67 se muestran las configuraciones realizadas para la programación de los turnos de riego, dentro de la opción “programación de módulo” se determinó un caudal máximo de 7 l/s para la zona de flujo 1 mediante la sub opción “fijar tasas de Flozone”. Asimismo, dentro de la opción “ajustes de estación” el número máximo de válvulas simultaneas fue de seis, más una adicional correspondiente a la VM, por último, el controlador agrupó las válvulas por número de estaciones y por prioridad “alta-media” para aspersión y “baja” para goteo.

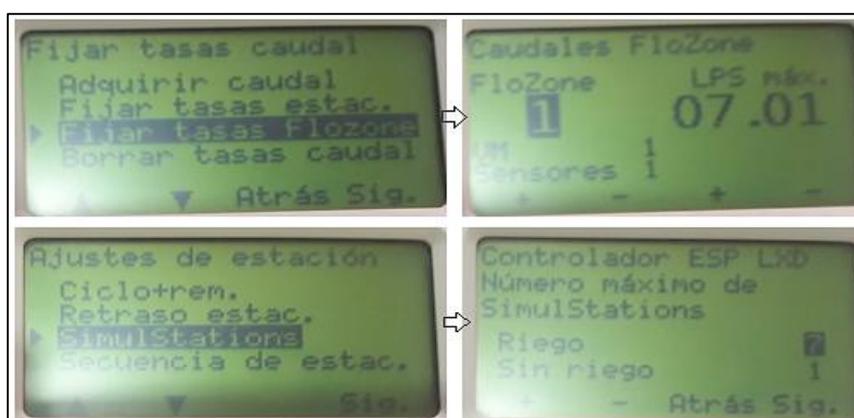


Figura 67: Configuración para agrupación de turnos

4.12.4. Comunicación del controlador con los receptores

La comunicación con las electroválvulas, decodificadores y sensores a nivel de controlador será por intermedio del monocable AWG N°14 vulcanizado de dos hilos a través de una ruta patrón estrella que recorre las 55 electroválvulas (Ver Figura 10).

4.12.5. Funcionamiento a nivel de controlador

Una vez realizada la programación del riego y conectado el relé de arranque para el encendido y apagado de la bomba con el controlador LXD, este gestionará el riego a través de las direcciones de los decodificadores instalados en campo. Esta comunicación se realiza por medio de un monocable de dos hilos de baja tensión a los sensores y a los 55 decodificadores instalados en los solenoides de cada electroválvula, a través de pulsos eléctricos contralando de esta manera la apertura o cierre de las válvulas. Revisar Figura 8.

4.13. TELECONTROL DE RIEGO

4.13.1. Cartucho de comunicaciones de red IQ-NCC-WF

Al tener cobertura de internet garantizada en la zona se seleccionó el cartucho de comunicación de red IQ NCC-WF, por su característica de red inalámbrica, evitar cableados y posibilitar la conexión de varios dispositivos. Una vez instalados en la parte trasera de la placa del controlador se convertirá en un controlador de satélite directo bajo la plataforma IQ. Este cartucho por sus características, permitirá la comunicación por medio de la red inalámbrica WLAN entre el controlador de riego y el ordenador central/dispositivo móvil.

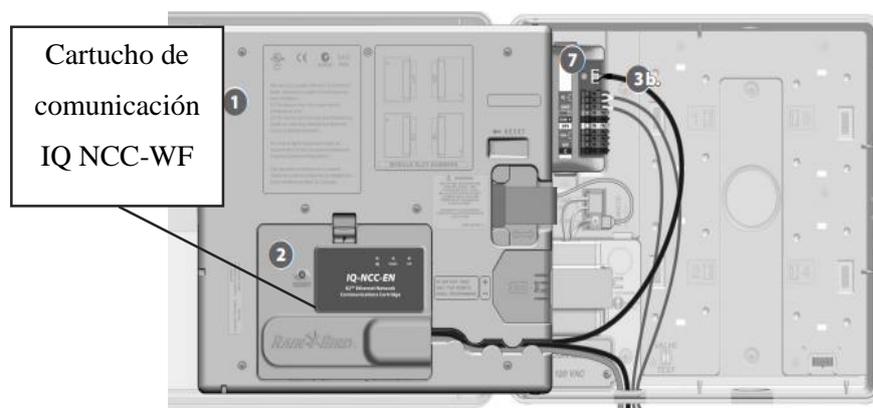


Figura 68: Acoplamiento del cartucho NCC-WF

FUENTE: Manual IQ-NCC (2019)

4.13.2. Configuración del NCC en el controlador de riego

Mediante el dial del controlador en la opción “Ajustes ETM/IQ” (revisar Figura 56), se configuró mediante el “Asistente de configuración” el tipo satélite “directo” ingresando la dirección 001 el cual garantizará la comunicación directa con controlador, una vez registrado esta dirección apareció en la pantalla “NCC configuración para satélite”, como se muestra en la Figura 69, con ello el satélite estuvo listo para la configuración del *software* del NCC-WF en el ordenador central. Para cancelar el modo de configuración del software IQ, se girará el dial de la opción “ajustes IQ” a la opción “Auto.”

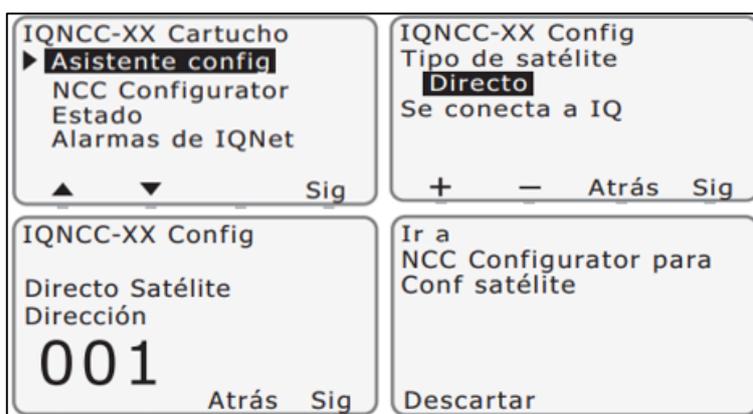


Figura 69: Configuración del NCC en el controlador de riego

En la Figura 70 se muestra la instalación del IQ-NCC-WF y la antena interna de WiFi dentro del controlador de riego, pasando a llamarse controlador satélite directo. En el Anexo 7 se muestra el proceso de instalación y configuración del NCC.

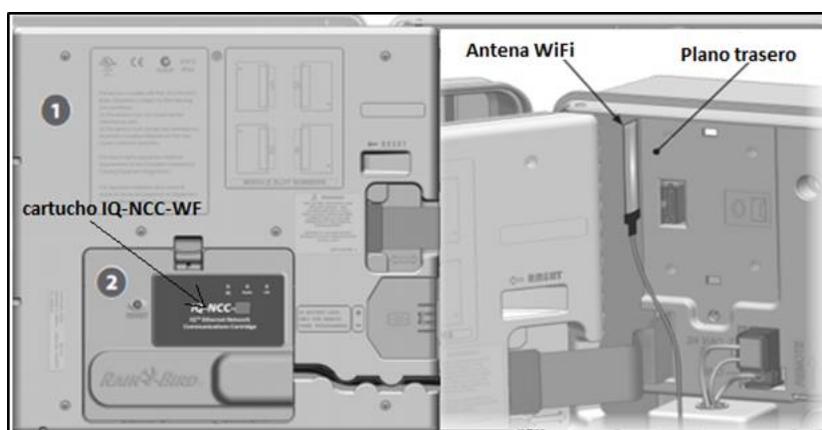


Figura 70: Controlador satélite directo

FUENTE: Controlador LXD, Rain Bird (2019)

4.13.3. Configuración del software IQ-NCC-WF en el ordenador central

La “ventana de configuración NCC-WF”, permitió la configuración en el ordenador central como se observa en la Figura 71. En la opción de COM Port se seleccionó satélite directo, quiere decir que la comunicación será solo entre el dispositivo y el controlador LXD restringiendo el acceso a otros controladores, el nombre de configuración será NCC-WF por usar el cartucho de red WiFi. Los parámetros restantes para la configuración en el ordenador central fueron proporcionados por el proveedor de servicio de internet (ISP) Movistar a través del router y su interacción con el ordenador (portátil) en el siguiente orden: identificador de paquetes de servicio (SSID) que es el nombre de la red, método y contraseña de cifrado para proteger la comunicación, la dirección IP que identifica a los dispositivos cuando se conecten a la red, el número del puerto de red el cual es preestablecido por Rain Bird permite el intercambio de información y transmisión de datos, la máscara de red que divide la dirección IP en sub redes y especificará los hosts (anfitriones) disponibles de la red, y la dirección pasarela que autoriza a los usuarios comunicarse y enviar datos de un lado a otro. Por último, se envió la configuración al cartucho NCC del controlador. A continuación, se muestra cómo se obtuvo dicha data.

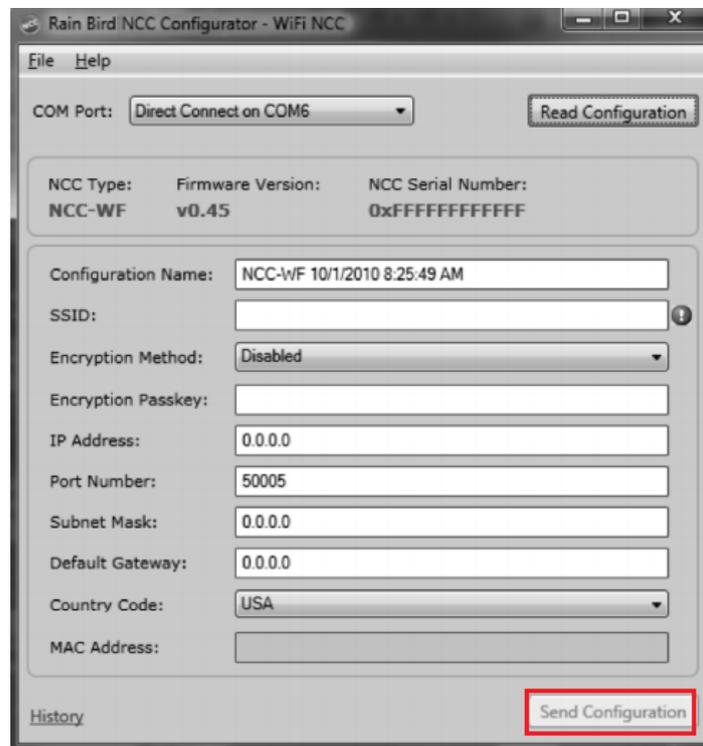


Figura 71: Ventana de configuración

Al ser la comunicación por medio de la red WLAN, En la Figura 72 se muestra el identificador de paquetes de servicio (SSID), el método de cifrado y la contraseña, obtenidos a través del centro de redes y recursos compartidos del ordenador.

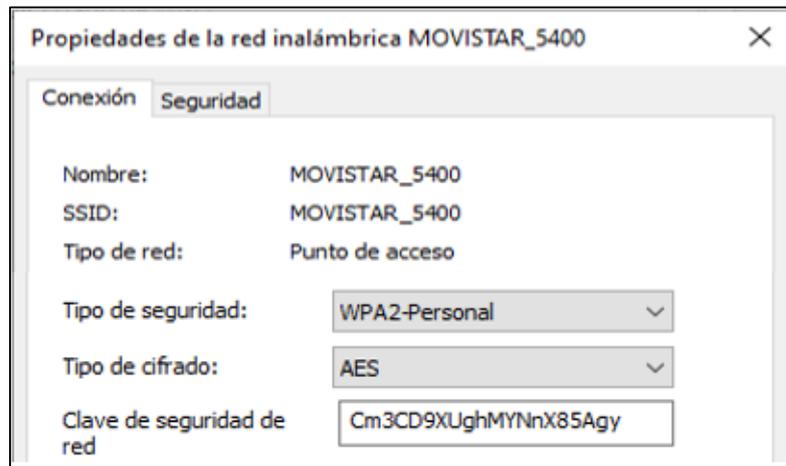


Figura 72: Datos proporcionados por el ISP

En la Figura 73 se observa la dirección IP estática de enrutador local 192.168.149.129, la máscara de red 255.255.255.0 y el puerto de enlace o pasarela 68.8.5.216 obtenidos a partir del comando "ipconfig/all" en el símbolo del sistema (cmd) del ordenador.

```
Ethernet adapter Local Area Connection:  
Connection-specific DNS Suffix . . : rainbird.local  
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::7104:14be:1a0f:af7e%10  
IPv4 Address. . . . . : 192.168.149.129  
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0  
Default Gateway . . . . . : 68.8.5.216
```

Figura 73: Datos obtenidos a través del CMD del ordenador

El número de puerto estándar establecido por Rain Bird es 50005. Con los datos obtenidos se configuró el NCC-WF en el ordenador como parte del proceso de comunicación entre el usuario IQ y el controlador como se muestra en la Figura 74.

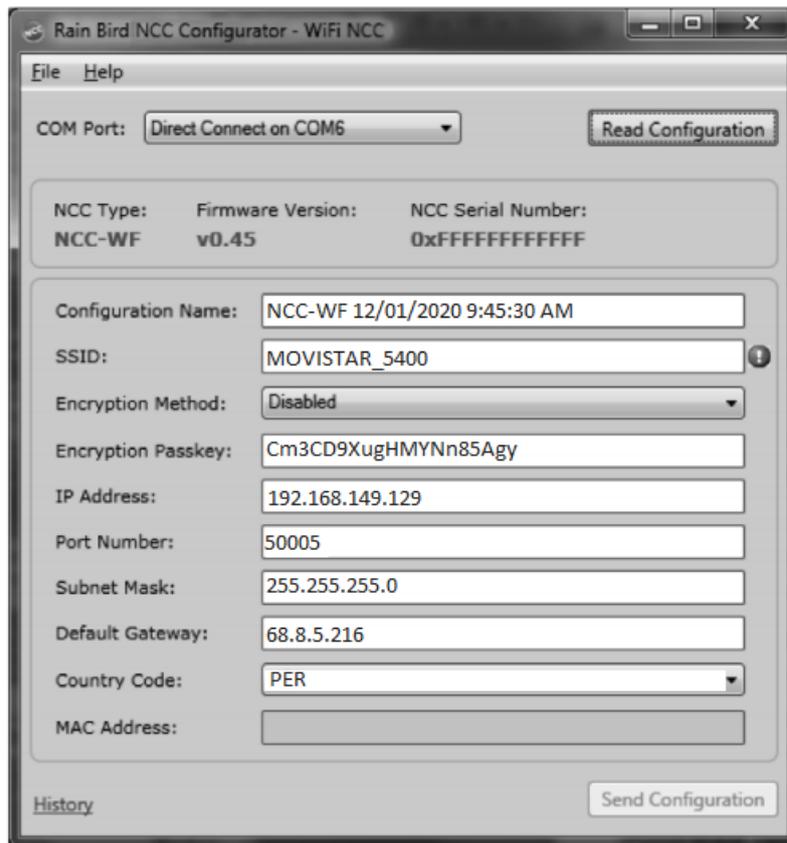


Figura 74: Configuración del IQ-NCC-WF en el ordenador

4.13.4. Configuración del control de riego en la plataforma IQ

Previamente se tuvo que registrar de forma gratuita para obtener un usuario y una contraseña a través del enlace <https://www.rainbird.com/products/iq4>, luego se ingresó toda la programación y configuración realizada anteriormente en el controlador LXD a la plataforma IQ4. La configuración básica se realizó en gabinete de forma manual como es el registro de perfil, nivel de usuario, sitio y el tipo de controlador. La programación del riego y la configuración de sensores se realizó de forma manual, sin embargo, se pudo ejecutar de forma automática mediante la función de “sincronización inversa”, es decir recibir la programación del controlador en la plataforma IQ4, también es posible configurar la función de informes (notificaciones y alarmas), con gráficas estadísticas comparativas de consumos; por último, se configuró la función detección de caudal. Este último mediante la opción “control de caudal” (FloWatch) y sus funciones de ajuste “buscar y eliminar caudal excesivo” (SEEF) y “buscar y eliminar caudal bajo” (SELF) permitieron definir los parámetros de un caudal excesivo e insuficiente estableciendo el comportamiento del programador satélite cuando se detecten estas condiciones.

En la Figura 75 se muestra el inicio de sesión para acceder a la plataforma IQ4.

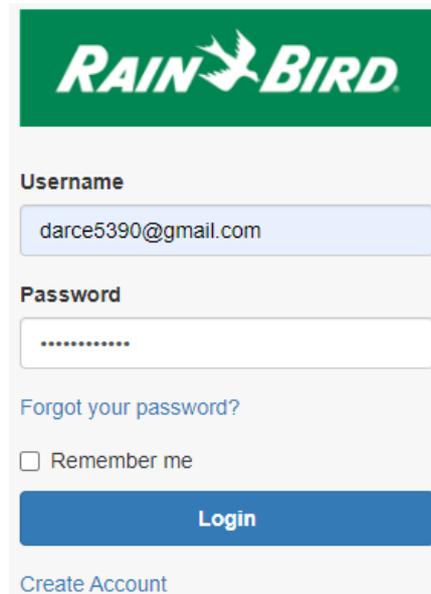


Figura 75: Acceso al IQ4

A continuación, se presentan las configuraciones básicas realizadas.

a. Preferencia de perfil

En el ícono de perfil de la esquina superior derecha, se introdujo el número del móvil, correo electrónico, contraseña, el idioma, fecha y hora, el primer día de la semana y las unidades de medida como se muestra en la Figura 76. Registrar esta información permitirá recibir las alarmas y notificaciones cuando se presenten fallas en el sistema de riego.

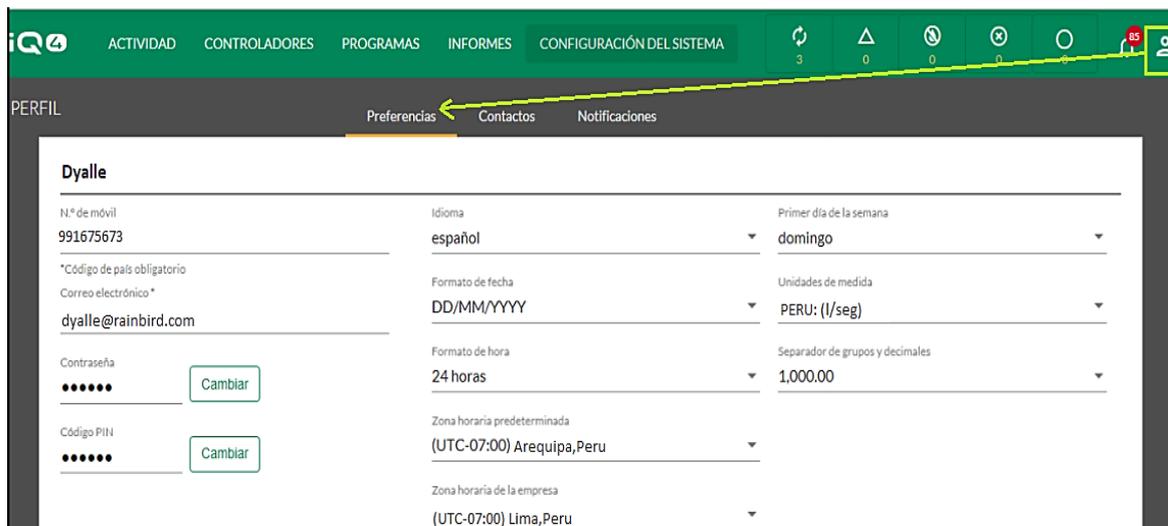


Figura 76: Preferencia de perfil

b. Configuración de usuarios

A través del comando “configuración del sistema” en la opción “Admin,” se ingresó el nombre de usuario Administrador 1, el nivel de usuario o nivel de acceso fue de tipo administrador, teniendo en cuenta que la plataforma IQ admite múltiples usuarios y hasta cuatro niveles de usuario: propietario, administrador, administrador de sitio y usuario propiamente dicho. El fin es restringir el acceso a ciertas funciones del control de acuerdo a los niveles de usuario. Por último, se ingresó el correo electrónico y contraseña para guardar la configuración (Ver Figura 77).

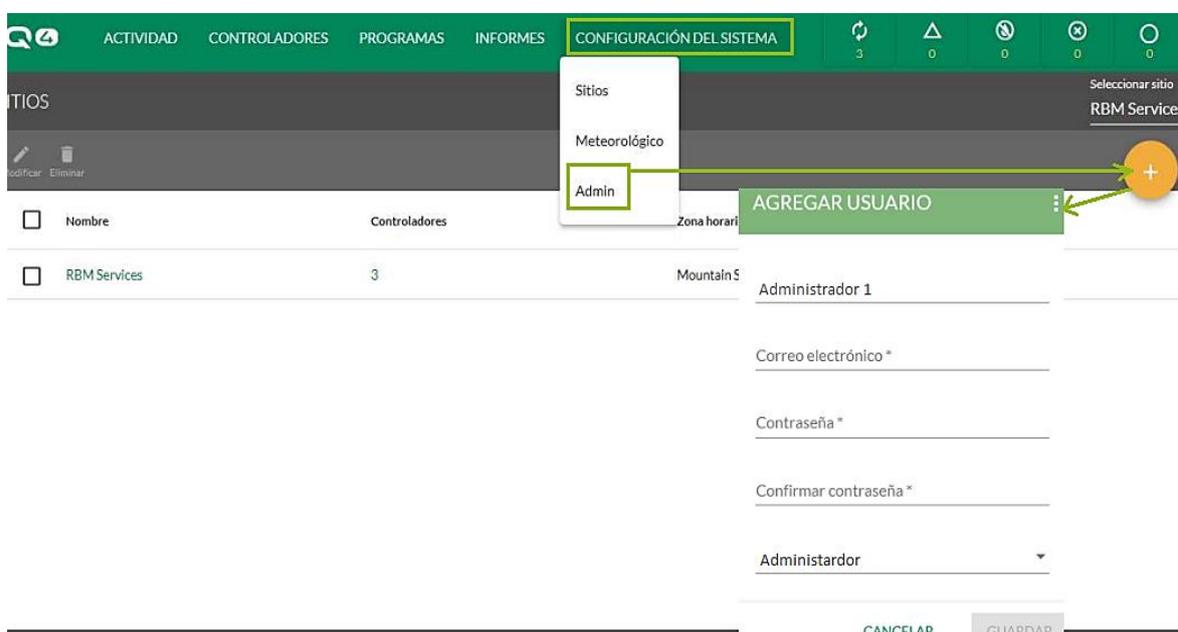


Figura 77: Configuración de usuarios

c. Configuración de sitio

A través del comando “configuración del sistema” en la opción “Sitios,” se ingresó el nombre del sitio templo SUD, zona horaria Arequipa UTC-5, descripción y fuente meteorológica, esta última opción no se tomó en cuenta al no contar con estación meteorológica propia en lugar, sin embargo, cabe señalar que permite ajustar el riego de acuerdo a la ET de la vegetación. Finalmente se guardó esta configuración como se muestra en la Figura 78.

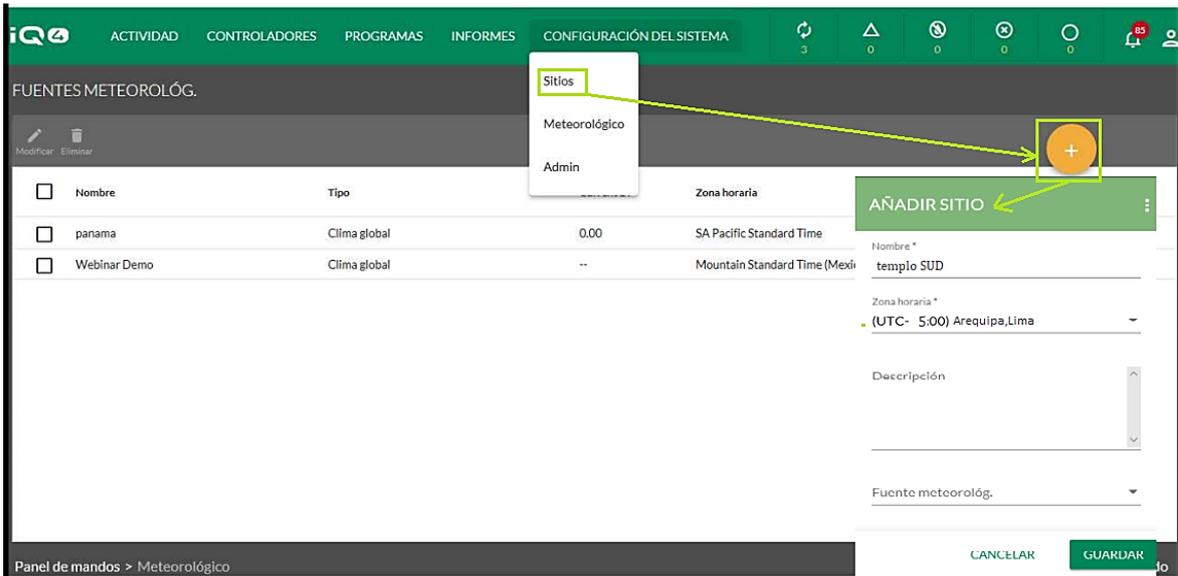


Figura 78: Configuración de sitio

d. Configuración de controladores

En la Figura 79 se muestra la configuración del controlador modelo LXD, con una IQ net de tipo satélite directo, es decir que la comunicación será con este único controlador restringiendo el acceso a otros controladores, la dirección IP estática es de 192.168.149.129 la misma que del software NCC-WF para una comunicación automática con el controlador satélite directo. Con esta configuración se podrá gestionar desde cualquier lugar con acceso a internet, todas las funciones del controlador desde el ordenador central y/o desde el celular.

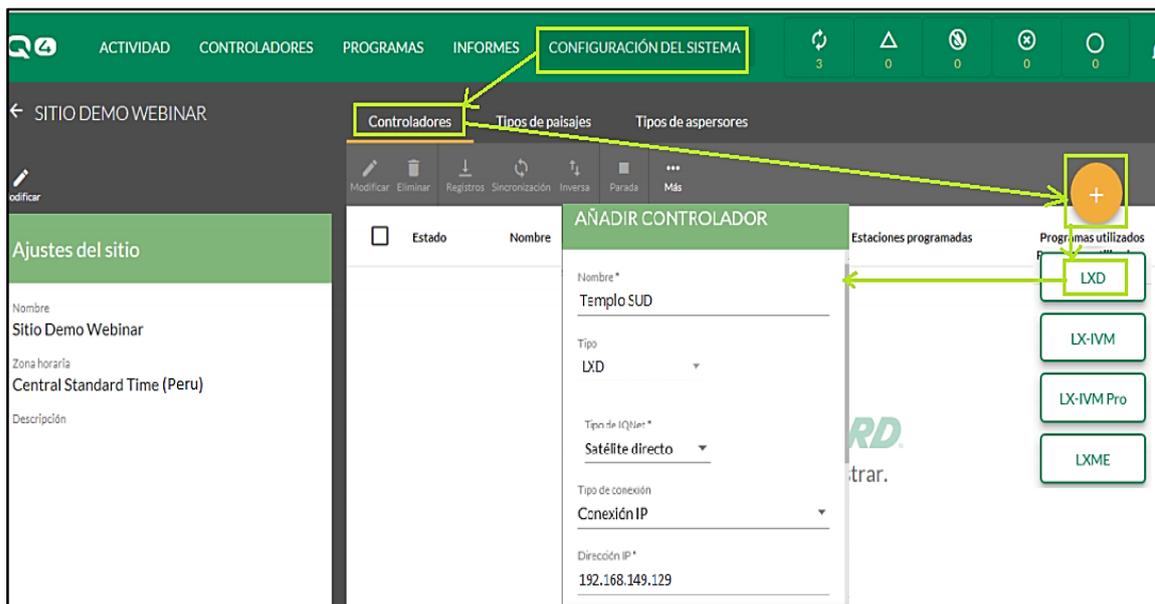


Figura 79: Configuración del controlador

e. Configuración de programas

La configuración se hizo de forma manual con un único programa B, se ingresó el porcentaje de ajuste estacional de acuerdo a la estación del año, el número de estaciones simultaneas máximo para goteo fue de seis y para aspersion fue de tres de acuerdo a los turnos ya establecidos, la demora entre estaciones se fijó en 6 segundos, la hora de inicio del riego será a las 23:00 horas y finalizará a las 04:36 horas tal como se muestra en la Figura 80. También se pudo configurar la programación de forma automática mediante la función “sincronización directa”, que permite obtener toda la información del controlador sin la necesidad de configurar en la plataforma IQ4. Esta función se detalla más adelante.

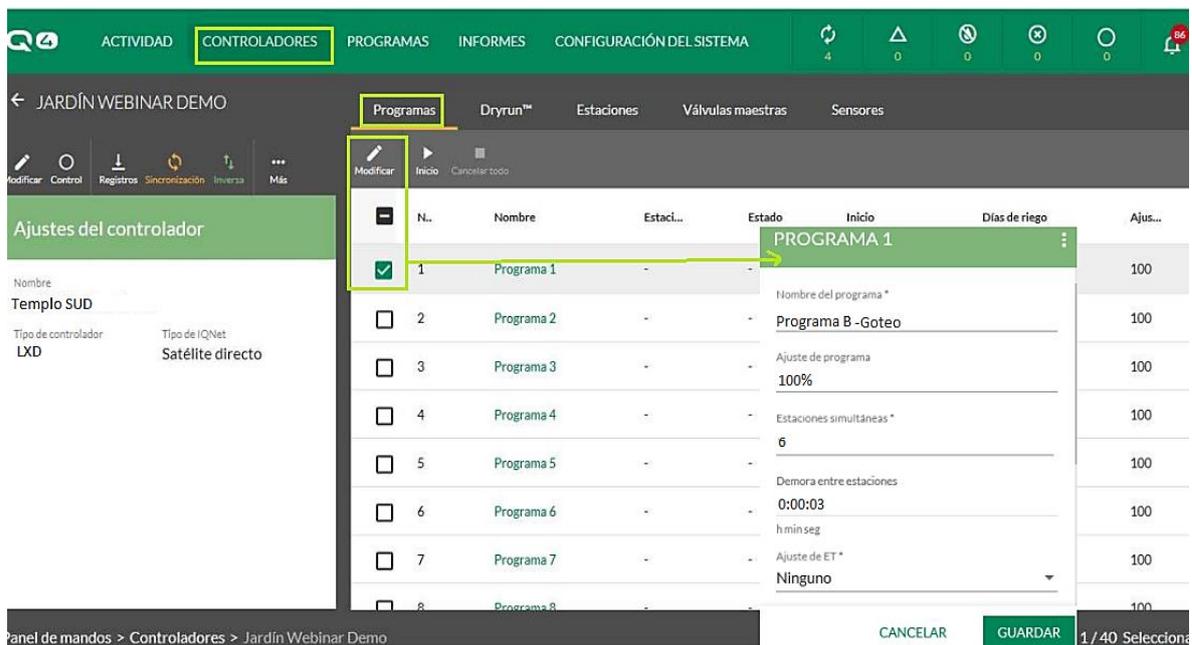


Figura 80: Configuración manual del programa

f. Configuración de sensores

Dentro del comando “controladores” opción “sensores” se registró de forma manual los sensores meteorológicos (humedad, lluvia) y el sensor de caudal. En la Figura 81 se muestra la configuración del sensor de caudal con la dirección 29874 de decodificador del tipo FD-101 y modelo FS3008B.

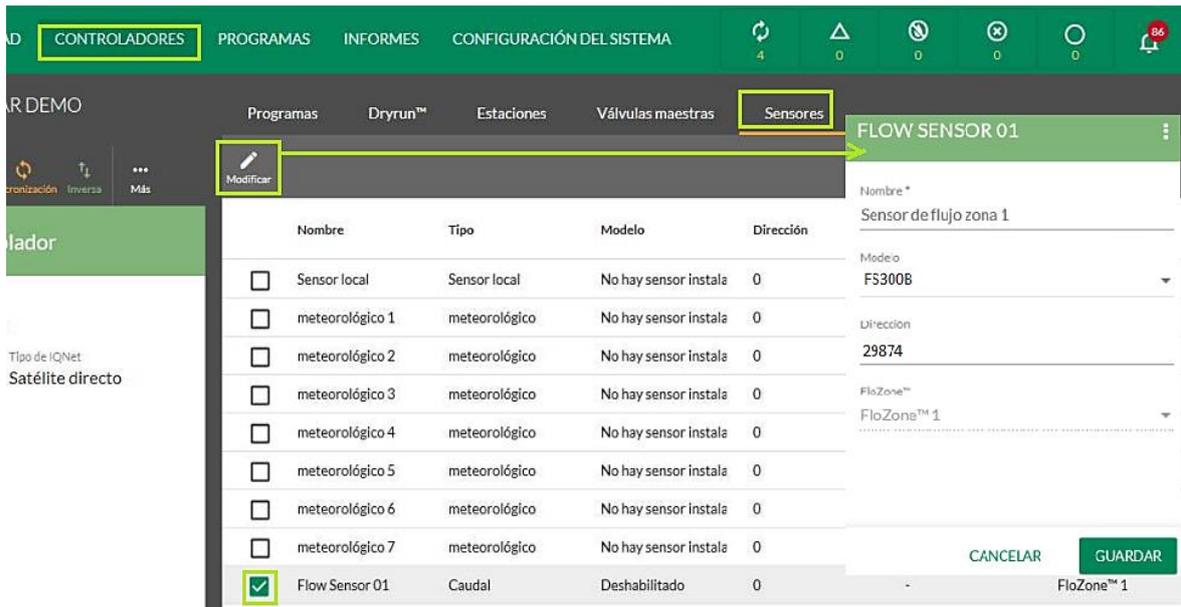


Figura 81: Configuración manual del sensor de caudal

g. Configuración de válvula maestra

A través del comando “controladores” se configuró la VM para el controlador LXD y la bomba vertical CRNE-32-3, con la dirección 29871 de su respectivo decodificador del tipo FD-101 para programar el encendido y apagado de la bomba. Además, se ingresó la zona de flujo 1 que representa a todo el sistema de riego como se observa en la Figura 82. También se pudo realizar por la función sincronización directa.

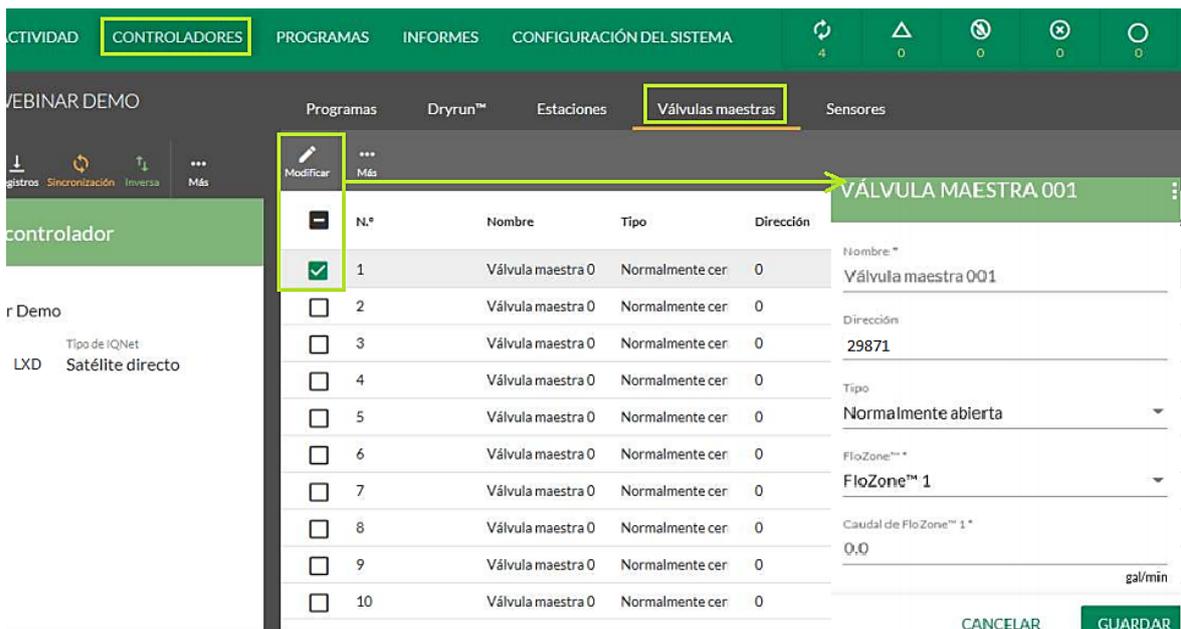


Figura 82: Configuración manual de la válvula maestra

h. Estaciones

Se ingresaron de forma manual para las 55 válvulas, los caudales, las direcciones de los decodificadores FD-101, las velocidades de flujo, la prioridad, el tiempo de riego y tipo de emisores. Se programó el riego en función a los 17 turnos definidos, seleccionando cada estación y luego ejecutándolos a través de la opción “inicio”, como se muestra en la Figura 83. También se pudo realizar la programación automática de estaciones a través de función la sincronización directa.

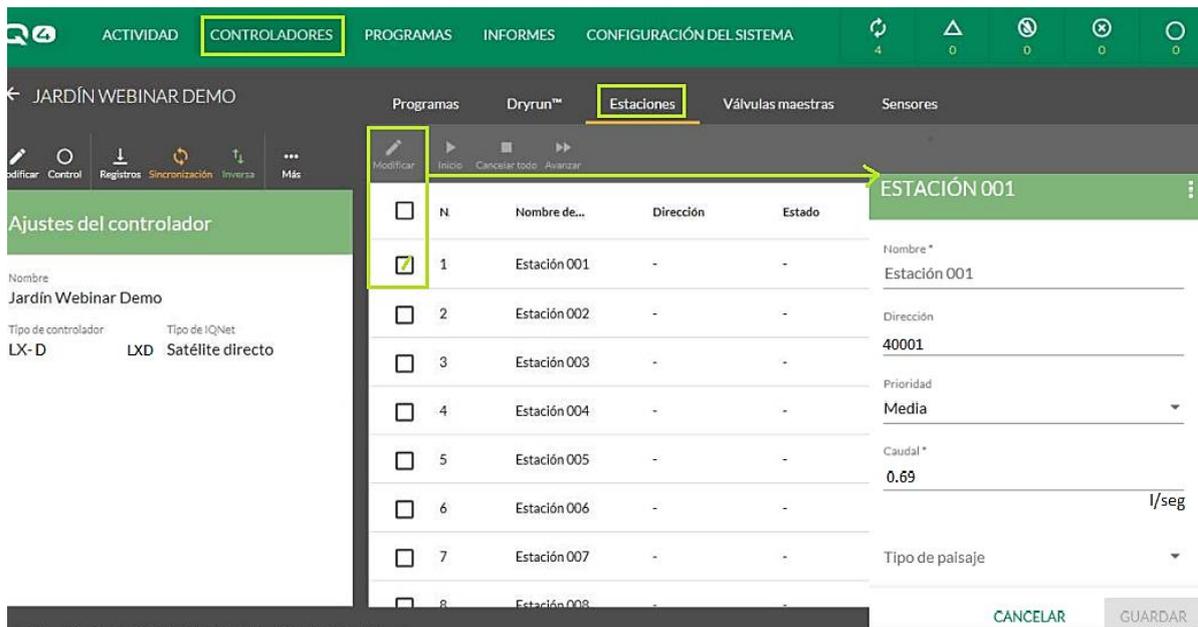


Figura 83: Configuración manual de estaciones

4.13.5. Aplicativo móvil

La configuración de la programación realizada en el ordenador central se adapta al dispositivo móvil en una interfaz reducida y táctil. Se detallan las funciones principales para la gestión del riego mediante el IQ móvil.

a. Función de sincronización automática, inversa y auto recuperación

Su interfaz se muestra en la Figura 84, permitirá el intercambio de configuraciones de forma bidireccional, entre el controlador satélite directo y el ordenador central y/o dispositivo móvil. La opción “Sync o sincronización” envía programas y configuraciones del IQ4 al controlador; la opción “Reverse o sincronización inversa” envía información del controlador al IQ4, por último, mediante la opción “Logs o registros” se recuperará registros de datos

del programador.

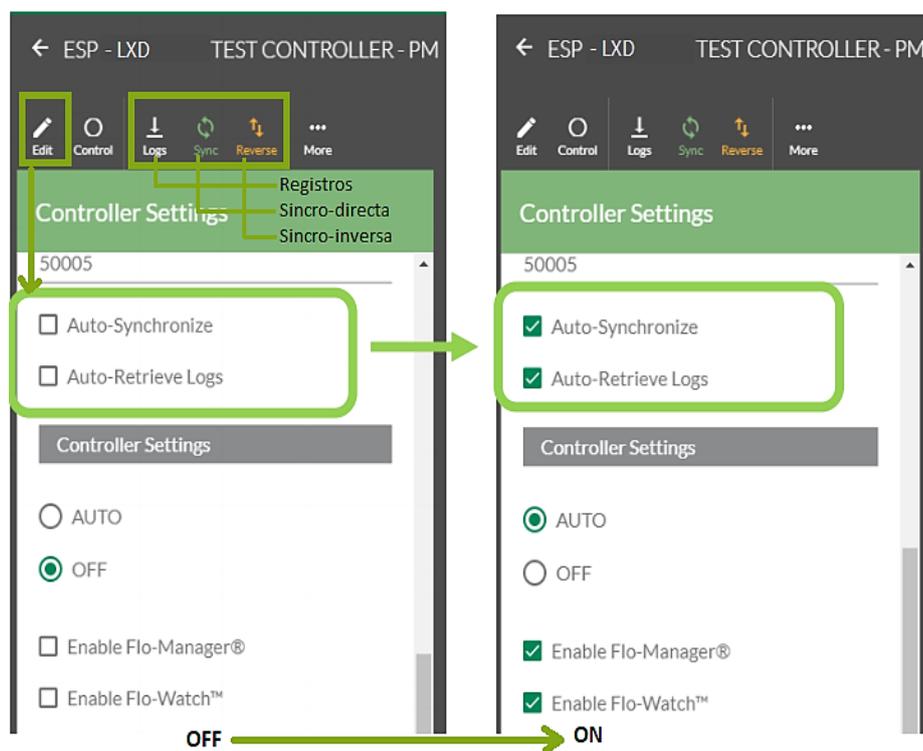


Figura 84: Sincronización automática y auto recuperación de registros

b. Función detección de caudal

Al poseer un sensor de caudal, la opción FloWatch permitirá comparar la tasa de caudal real obtenida por el sensor con la tasa de caudal esperada introducida por el usuario. El caudal de operación para turnos de riego por aspersión es en promedio 6.25 l/s, mediante la función de ajuste SEEF se buscó eliminar caudales mayores a 7.8 l/s es decir el caudal puede aumentar hasta un máximo de 125% con un tiempo de estabilización de 3 minutos , por el contrario, el caudal de operación para los turnos por goteo es en promedio de 4 l/s, mediante la función de ajuste SELF se buscó eliminar caudales menores a 3.2 l/s es decir se pudo reducir el caudal hasta el 80% también con un tiempo de estabilización de 3 min, recordar que el rango permitido para definir el umbral para la opción SEEF es de 105-200% y para la opción SELF varía entre el 5-95%. Estos ajustes permitirán configurar el comportamiento del controlador emitiendo alarmas o apagando el sistema cuando detecten estas condiciones. En la Figura 85 se observa cómo sería el comparativo de la tasa de caudal esperado (0.69 l/s) y tasa de caudal del sensor real (0.59 l/s) para la válvula 1. Se observa que este último es menor con un valor más ajustado al sistema.

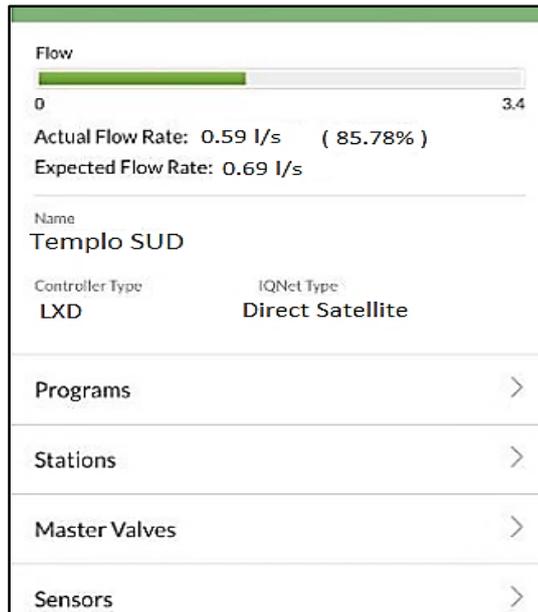


Figura 85: Control de caudal con FloWatch

4.13.6. Funcionamiento y comunicación del sistema IQ4 Cloud

Al ser un servicio basado en la nube, permitirá a los usuarios conectarse y controlar el sistema de riego desde cualquier dispositivo conectado a Internet. IQ cloud incluye IQ móvil, que permite el rápido acceso a las principales funciones en una interfaz diseñada para los dispositivos táctiles de teléfonos inteligentes.

Cada vez que se quiera realizar alguna función del riego desde algún dispositivo de manera remota se tendrá que garantizar el acceso a internet del controlador ya sea mediante una red LAN o WLAN, provisto por el router del ISP Movistar asignándole una dirección IP fija (192.168.1.0) y un puerto de red único que para Rain Bird es el 50005. El usuario controlará y monitoreará el riego a través de una cuenta gratuita que le permitirá acceder a la plataforma IQ4 de Rain Bird con el nombre de dominio (DNS) <https://iq4.rainbird.com> o traducido por el servidor DNS a la dirección IP estática 54.183.11.63. Este servicio se encuentra almacenado en la base de datos de AmazonCloud, el cual permite además guardar información y tener al alcance los registros de años anteriores. Estas funciones de la plataforma IQ (nube) realizadas por el usuario desde su dispositivo son direccionadas por el enrutador al controlador satélite directo, permitiendo de esta manera el control del riego de forma remota como se muestra en la Figura 86. Para las funciones de sincronización de la programación del riego, la comunicación será bidireccional.

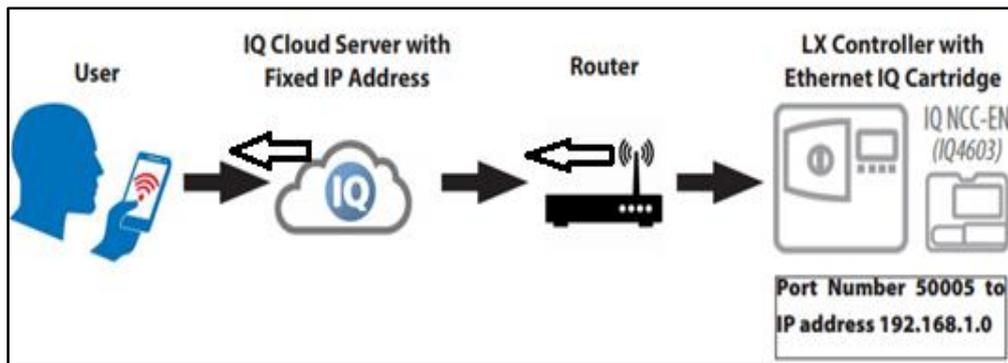


Figura 86: Comunicación del IQ Cloud.

FUENTE: Manual IQ4 de Rain Bird (2019)

4.14. COMPARATIVOS

Se muestran proyecciones del tiempo de operación y consumos de agua de los sistemas de riego manual y automatizado a nivel de telecontrol (IQ), en base a los parámetros de operación obtenidos en el diseño agronómico, la programación del riego y la experiencia en proyectos similares.

4.14.1. Automatización vs el sistema manual

a. Tiempo de operación

El tiempo en análisis corresponde netamente a la apertura y cierre de válvulas, y no a otros tiempos como reparaciones, mantenimientos, traslados, modificaciones en la programación, etc.

Según la Tabla 57 y Figura 87 se observa el comparativo de los tiempos de operación por turnos del sistema manual y del sistema automatizado, en base al tiempo de operación obtenido del diseño agronómico. Se visualiza una variación de tiempo imperceptible de 0.1 minutos por turno entre el tiempo automatizado y el tiempo obtenido del diseño agronómico, sin embargo, el tiempo de riego automatizado en comparación con el tiempo de operación manual (con dos técnicos en campo), existe una diferencia de 4.9 minutos para el accionamiento de 3 válvulas por turno bajo riego con aspersion (T1 al T12) y de 8.9 minutos para el accionamiento de 6 válvulas por turno bajo riego con goteo (T13-T17). En el acumulado el tiempo de riego total por día para el sistema manual resultó 1.75 horas demás con respecto al tiempo determinado en el diseño agronómico de 5.58 horas. En el caso del sistema automatizado fue 0.03 horas demás con respecto al tiempo del diseño agronómico.

Se observa también que el mayor tiempo de operación es para el turno 2, por el contrario los menores tiempos de operación corresponden a los turnos del 14 al 17.

Tabla 57: Tiempos de operación por día para los 17 turnos

Turnos	N° de válvulas	Tiempo de operación sistema manual	Tiempo de operación sistema automático	Tiempo de operación obtenido del diseño agronómico
		(min)	(min)	(min)
T-1	3	29	24.10	24
T-2	2	31	26.10	26
T-3	3	29	24.10	24
T-4	2	26	21.10	21
T-5	2	27	22.10	22
T-6	2	27	22.10	22
T-7	2	26	21.10	21
T-8	2	27	22.10	22
T-9	3	26	21.10	21
T-10	3	27	22.10	22
T-11	3	27	22.10	22
T-12	2	26	21.10	21
T-13	6	25	16.10	16
T-14	4	24	15.10	15
T-15	5	24	15.10	15
T-16	5	22	13.10	13
T-17	6	22	13.10	13
TOTAL	55	445	341.7	340
		(7.41 hr)	(5.69 hr)	(5.66 hr)

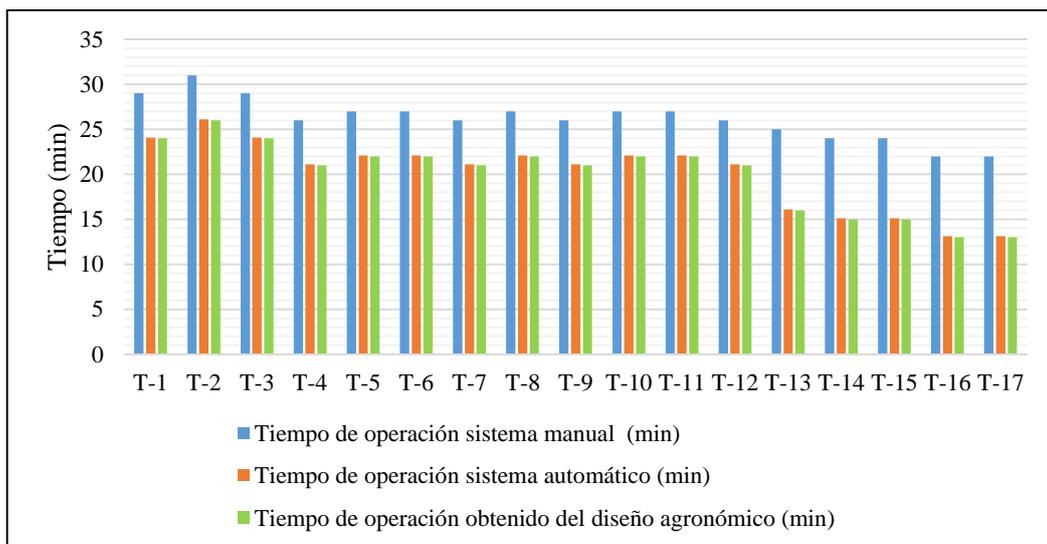


Figura 87: Comparativo de tiempos de operación de los turnos por día

b. Comparativos del consumo de agua.

Tomando como referencia los tiempos de operación adicionales por día por los sistemas de riego manual y automático determinados con la Tabla 57, se obtuvieron los consumos. En la Figura 88 se observa los consumos mensuales de agua bajo riego manual y automático en comparación al consumo mensual obtenido de la demanda de agua del sistema. Según la Tabla 58 con respecto al consumo operado manualmente, los meses de enero a marzo presentan mayores incrementos en consumos entre el 40% al 56% teniendo en cuenta que son los meses de menor demanda, el resto de meses de abril a diciembre incrementos del 31% al 33% respecto al consumo obtenido por la demanda de agua en el sistema. Para el sistema automatizado el incremento mensual con respecto a la demanda de agua varía entre el 0.5% al 0.9%, es decir ligeras diferencias. En el comparativo anual el sistema manual tiene un incremento de 33.70 % con respecto al sistema automático y de 34.44% con respecto a la demanda anual del sistema. Por último, se observa un incremento del 0.55% del consumo automático anual respecto a la demanda anual del sistema.

Tabla 58: Consumos mensuales de agua

Meses	Consumo riego manual	Consumo riego automático	Consumo obtenido de la demanda del sistema
	(m3/mes)	(m3/mes)	(m3/mes)
Ene	1,557.33	1,005.01	996.03
Feb	1,345.81	883.58	876.07
Mar	1,804.14	1,292.39	1284.06
Abr	1,968.40	1,504.33	1496.78
May	2,104.85	1,608.61	1600.54
Jun	2,105.51	1,609.11	1601.03
Jul	2,261.71	1,728.48	1719.81
Ago	2,605.77	1,991.42	1981.43
Set	2,697.99	2,061.90	2051.56
Oct	2,990.31	2,285.30	2273.84
Nov	2,854.67	2,181.65	2170.70
Dic	2,743.92	2,072.32	2061.40
Anual (m3/año)	27,040.41	20,224.10	20,113.26
(%)	34.44%	0.55%	
	33.70%		

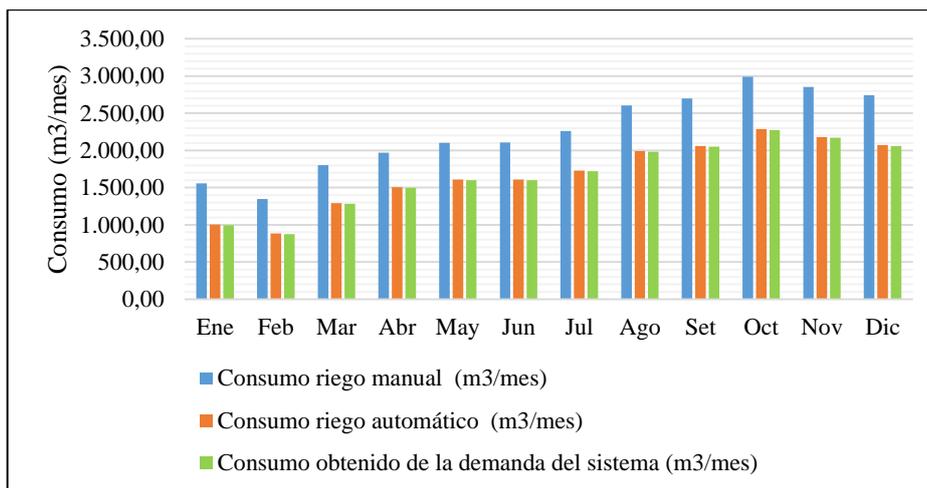


Figura 88: Comparativo de consumos mensuales de agua

c. Costo del consumo de agua

En la Tabla 59 se muestra el comparativo de costos proyectados del consumo de agua mensual y anual del sistema de riego automatizado y del sistema manual, con respecto a los costos determinados por el diseño. El costo por metro cúbico es de S/ 2.86 según la estructura de tarifas de SEDAPAR S.A. para la categoría doméstico de rango de consumo de 30 a más m3/mes. Se observa una diferencia anual a favor de S/ 285.70 entre el costo bajo el sistema automatizado con respecto al costo esperado y una diferencia de S/ 19 525.95 con respecto al sistema manual. En el Anexo 8 se adjunta la estructura tarifaria del consumo de agua.

Tabla 59: Costos de agua mensual y anual del riego automatizado y manual

Meses	Costo mensual esperado a partir del diseño	Costo mensual sistema automático	Costo mensual sistema manual
ENE	S/ 2,848.66	S/ 2,874.34	S/ 4,453.96
FEB	S/ 2,505.55	S/ 2,527.05	S/ 3,849.03
MAR	S/ 3,672.43	S/ 3,696.23	S/ 5,159.84
ABR	S/ 4,280.79	S/ 4,302.37	S/ 5,629.63
MAY	S/ 4,577.54	S/ 4,600.61	S/ 6,019.88
JUN	S/ 4,578.96	S/ 4,602.04	S/ 6,021.75
JUL	S/ 4,918.65	S/ 4,943.45	S/ 6,468.48
AGO	S/ 5,666.90	S/ 5,695.47	S/ 7,452.50
SEP	S/ 5,867.45	S/ 5,897.03	S/ 7,716.24
OCT	S/ 6,503.18	S/ 6,535.97	S/ 8,552.28
NOV	S/ 6,208.21	S/ 6,208.21	S/ 8,164.37
DIC	S/ 5,895.60	S/ 5,926.84	S/ 7,847.62
ANUAL	S/ 57,523.91	S/ 57,809.62	S/ 77,335.57

Partiendo del hecho de mantener las áreas verdes en condiciones aceptables, implementar un sistema automatizado resulta más económico. Según lo estimado, el tiempo de operación automatizado solo por apertura y cierre de válvulas es menor en 1.72 h/día, generándose un consumo de agua anual de 20 224.10 m³ con un costo anual de S/ 57 809.62 con respecto al riego manual que presenta un consumo anual de 27 040.41 m³ y un costo de S/ 77 335.57, es decir un 25.2% menos en consumo y un ahorro anual de S/ 19 525.95 en comparación al sistema manual.

4.14.2. Automatización con controlador vs telecontrol

Según la programación establecida, los tiempos de apertura y cierre de las electroválvulas serán similares para ambas alternativas de gestión del riego, sin embargo, las diferencias se manifiestan al analizar otras variables denominados imprevistos como el tiempo en identificación y respuesta por reparaciones de tuberías, por reprogramación del riego, por recalibración de sensores, por mayores requerimientos de agua, por condiciones climáticas, etc. alterando las condiciones normales establecidas, generándose mayores consumos de agua. Este tiempo es variable y dependerá de muchos factores de acuerdo al contexto en el que se genere; sin embargo, para estimar cuánto sería ese incremento en consumos, en la Figura 89 se observa la proyección por reparación de tubería; de acuerdo a las condiciones del proyecto el tiempo estimado por identificación, apagado y encendido del sistema sería de 0.32 hr (19 min) para la automatización con LXD y de 0.13 hr (8 min) para la automatización con IQ, ambos con solo un personal tal cual se observa en la Tabla 60; en consecuencia al menor tiempo efectivo de funcionamiento a favor del sistema IQ también se visualizan menores consumo de energía y agua de acuerdo a los planes tarifarios de SEAL S.A. y SEDAPAR S.A. respectivamente.

Tabla 60: Comparativo simulado de automatización con LXD y sistema IQ

Tipos	N°de personal	Tiempo efectivo de funcionamiento			Tiempo total (hr)	Consumo de electricidad (kw)	Consumo de agua (m ³)
		T. identificación de falla (min)	T. en traslado y apagado (min)	T. en traslado para verificación (min)			
Automatización controlador LXD	1	6	7	6	0.32	1.22	3.07
Automatización y telecontrol IQ4	1	6	1	1	0.13	0.50	1.26

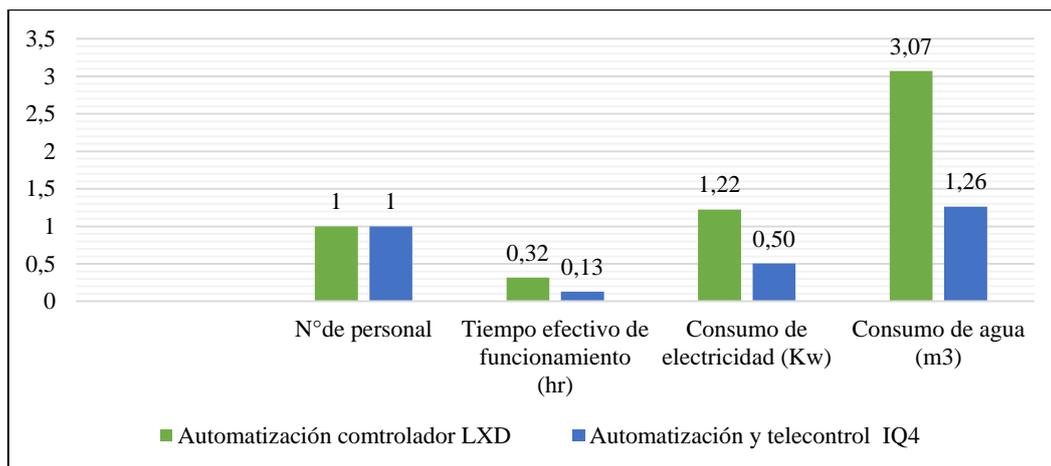


Figura 89: Comparativo en base al tiempo por modificaciones

La principal ventaja del sistema IQ frente al controlador LXD es la de permitir activar y desactivar la bomba y las válvulas de forma rápida y remota ante requerimientos distintos a la programación del riego, dado que el sistema posee hasta 4 programas independientes para controlar el riego. Este sistema es fundamental para realizar mantenimientos, pruebas y reparaciones.

Otra ventaja es la de almacenar información y generar reportes de consumos mensuales y anuales.

4.15. GUÍA DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Para aumentar su vida útil y garantizar un correcto funcionamiento, todo sistema de riego requiere proteger y conservar sus componentes y equipos mediante actividades de mantenimiento y operación. Esta guía tiene como finalidad dar orientaciones técnicas a los usuarios del sistema de riego automatizado y telecontrolado para mantener finalmente un paisajismo sostenible.

En la Tabla 61 se establece una rutina de mantenimiento a fin de conservar el sistema en óptimas condiciones y evitar problemas de mal funcionamiento.

Tabla 61: Frecuencia de mantenimiento de los componentes del sistema de riego

Tratamiento de los componentes del sistema de riego	Frecuencia
CISTERNA	Limpieza cada 6 meses
CABEZAL DE RIEGO	
Control de presiones	Evaluación permanente
Calibración de manómetros	Cada 3 meses
Limpieza de Filtros	Cada 15 días y a través del retrolavado de forma automática
Equipo de bombeo	Mantenimiento anual
CUARTO DE CONTROL	
Cobertura de internet	Verificar permanentemente
Continuidad eléctrica	Verificar permanentemente
Correcto funcionamiento del router	Verificar cada 30 días
Revisión de funcionalidades del controlador	1 vez al año
Mantenimiento del ordenador central	1 vez al año
RED DE CONDUCCIÓN	
Purgado de la red principal	2 veces por semana
Limpieza de válvulas de aire	Cada 30 días
Reparación de tuberías	En base a las alarmas y notificaciones que llegan al aplicativo
SUBUNIDAD DE RIEGO	
Mantenimiento de electroválvulas	Cada 6 meses
Purgado de tuberías secundarias y laterales	2 veces por semana
Reparación de tuberías	En base a las alarmas y notificaciones que llegan al aplicativo
Mantenimiento de emisores	Cada 6 meses

Estos tiempos están propensos a ser ajustados en base a las condiciones que se presenten en la operación. Así mismo se establecerán controles periódicos para verificar que se cumplan con estos mantenimientos. A continuación, se dan algunas recomendaciones referentes al mantenimiento de los componentes del sistema de riego.

4.15.1. Operación del sistema de riego

Para la operación del sistema de forma automática y telecontrolada hay que seguir los siguientes pasos:

a. Antes del arranque

-En la fuente de agua:

- Verificar que el nivel del agua en la cisterna esté por encima del primer paso del mismo.

Caso contrario la bomba succionará aire y ocasionará cavitación.

- Comprobar la no presencia de restos vegetales, basura y otros elementos en la cisterna de riego. Si hay exceso de restos proceder a limpiar.

-En la unidad de bombeo:

- Las llaves de ingreso de la cisterna a la bomba y salida del cuarto de bombeo deben estar completamente abiertos.

- Comprobar que la tubería de succión y la electrobomba estén cebadas. El líquido en la bomba sirve de lubricante para los elementos rotatorios que guardan pequeñas tolerancias y éstos pueden dañarse seriamente si la electrobomba se opera en seco.

- Verificar que el nivel del agua del reservorio esté por encima del nivel de succión de la unidad de bombeo.

- Comprobar que haya energía eléctrica y que los parámetros de operación del motor eléctrico (voltaje, frecuencia y amperaje), coincidan con los requeridos por la unidad.

- Constatar que todas las partes internas del motor giren libremente y que el sentido de giro coincida con el indicado por el fabricante.

-En el cabezal de riego:

- Verificar la luz energizado esté prendido.

- Verificar la luz en verde o de color anaranjado del router, indicador de cobertura de internet estable.

- Verificar en el controlador la configuración de la hora y fecha actual, así como la programación realizada. El dial del controlador debe encontrarse en AUTO.

- Colocar el dial del tablero eléctrico en AUTO, y la bomba deberá activarse cuando el programador envíe señal de 24 VCA.

-En campo:

- Verificar en campo que los solenoides de las electroválvulas deben de encontrarse en posición OFF y la llave mariposa para el control manual siempre deberá encontrarse abierta.

b. Funcionamiento (arranque).

El sistema se encenderá en base a la programación realizada, pudiendo modificarse de acuerdo a los ajustes que realice el administrador del riego o a imprevistos en campo como rotura de tuberías, excesos de presión, de caudal, recalentamiento de la bomba, etc. sin la necesidad de estar presente en el proyecto.

-En el cabezal de riego:

- Controlar los parámetros de operación del motor con los especificados por el fabricante.
- Verificar que la presión a la salida de la electrobomba coincida con la especificada en el diseño del sistema de riego.
- Revisar la temperatura del motor, un recalentamiento excesivo puede deberse a que la unidad esté trabajando en un punto de baja eficiencia, hay un excesivo desgaste de rodamientos y cojinetes, bajo voltaje en la red.
- Medir los voltajes y amperajes en el tablero y chequear que coincida con las especificaciones técnicas del fabricante.
- Si al poner en marcha la electrobomba, la presión no aumenta, puede ser señal que aún hay aire en la succión. Si esto ocurre, parar la electrobomba y cebar nuevamente.
- Chequear la diferencia de presión entre la entrada y salida de los filtros, si hay más de 0.5 bares de diferencia, proceder a efectuar el retrolavado (en el caso de los filtros de anillos).
- Verificar que el caudalímetro se encuentre en movimiento.
- Medir las presiones y caudales de trabajo con frecuencia durante el turno de riego.

-En campo:

- Luego de comprobar que las válvulas que corresponden al turno de riego en operación estén abiertas, regular la presión de trabajo de los emisores si fuera necesario con el PRS-DIAL, comprobando que marque 1.3 bares a la salida del arco de goteo y 3.2 bares a la salida del arco de aspersión.
- Verificar el correcto funcionamiento de los emisores de goteo y aspersores (rotores y rociadores), verificando el riego uniforme de los mismos.
- Revisar si hay fugas de agua por roturas en el lateral de riego.
- Regular y ajustar los emisores en campo. Verifique que otras válvulas fuera del turno no se activen.
- Finalmente, desde cualquier dispositivo inteligente a través de la plataforma web controlar y monitorear el riego.

Estos controles son necesarios para dejar una correcta operación del riego, posteriormente no se requerirá realizar de forma diaria todas estas inspecciones. Sin embargo, se recomienda realizarlo de forma mensual.

.

V. CONCLUSIONES

- El diseño paisajístico resultó eficiente debido a la selección de especies nativas y especies adaptables a las condiciones climáticas de Arequipa, se zonificó mediante hidrozonas obteniendo un ahorro de agua y se estableció una planificación de riego adecuado.
- El diseño agronómico determinó los parámetros de operación para coberturas vegetales arbóreas, arbustivas, herbáceas, tapizantes y césped, garantizando la reposición de la lámina de agua para la especie más demandante (césped) y para los meses más críticos (abril - noviembre). Por su parte el diseño hidráulico garantizó presiones y caudales para los turnos de riego permitiendo una adecuada uniformidad de riego (variaciones de presiones máximas del 20% en las subunidades de riego que significan variaciones de caudales menores del 10%).
- La automatización mediante el controlador LXD (monocable) y decodificadores resultó ser el más adecuado teniendo en cuenta las 55 válvulas a controlar, ofrece mayor practicidad en la instalación y mantenimiento a través de los decodificadores, es un sistema flexible al crecimiento e incremento de válvulas sin tender nuevos cables al controlador y permite gestionar el riego de forma remota mediante la adición de cartuchos de comunicación de red.
- El telecontrol mediante el IQ Cloud gestionará los 17 turnos de riego de acuerdo a la programación; así como también permitirá realizar modificaciones ante imprevistos con tiempos de respuestas rápidas a través del control y monitoreo en tiempo real y desde cualquier lugar a través de un dispositivo inteligente con conexión a internet; traduciéndose en ahorro de tiempo, de personal y menores gastos por consumos de agua.

VI. RECOMENDACIONES

- Desarrollar alternativas de paisajismo con el fin de seleccionar la mejor opción relacionado al consumo eficiente del agua y a la impresión estética, de este modo contar con espacios verdes que permitan obtener una certificación SITES, EDGE o LEED de sitios o de construcciones verdes, sustentables y responsables con el medio ambiente.
- Se recomienda implementar el fertirriego en paisajismo, más aún cuando se incluyan especies frutícolas, de esta manera garantizar el mantenimiento de la vegetación en condiciones óptimas, así como una mayor impresión estética.
- Reducir el consumo de agua realizando el balance del diseño paisajístico, es decir definir el tipo de uso de cada zona, por ejemplo, en las áreas de tipo de uso netamente estético sin intervención humana, lo ideal es usar un tapizante como la aptenia (*Aptenia cordifolia*) y/o otras variantes similares en lugar de césped, precisamente por el menor consumo de agua.
- Se recomienda implementar otro medio de comunicación como la red GSM (sistema global de comunicaciones móviles) a través del cartucho de comunicaciones de red GPRS/móvil (IQ-NCC-GP), dado que el controlador posee la versatilidad de comunicarse por distintos medios.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, B. (2017). Situación de las áreas verdes urbanas en Lima Metropolitana. (Monografía Ing. Agrónoma). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2990>
- Alcorta, R., Casco, P., Martínez, A., Martín, M., Novoa, G. y Viarengi, E. (2014). Planificación y diseño del paisaje, manual del Ejercicio Profesional del Arquitecto. Buenos Aires, Argentina.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Recuperado de www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm
- Ascencios, D. (2021). Eficiencia hídrica, energética y emisiones CO2 utilizando sistemas de riego presurizado en las áreas verdes de la UNALM. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. Recuperado de Repositorio Institucional-UNALM
- Ávila, C. (2011). Proyectos de paisaje y medio ambiente urbano. Recuperado de <https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/31/76/12avila.pdf>
- Barbosa, O.; Celis, J.; De la Barrera, F.; Reyes, S. (2018). Ecosistemas urbanos. Diversidad de ecosistemas. Biodiversidad de Chile. (3°ed.). Valparaíso, Chile: Ministerio del medio Ambiente.
- Bentley. (2020). Software de análisis y modelado de sistemas de distribución de agua (en línea). Recuperado de: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>

- Castro-Silva, A. (2016). Sistema de riego autónomo basado en la Internet de las Cosas. (Tesis de Maestría). Universidad Internacional de La Rioja, Colombia. Recuperado de <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/3648/CASTRO%20SILVA%2c%20JUAN%20ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cisco. (2016). Protocolos y comunicación de red. Recuperado de https://www.uv.mx/personal/angelperez/files/2019/02/CCNA_ITN_Ch3.pdf
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI). (2005). Guía de diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales. Recuperado de https://www.academia.edu/33925112/GUIA_DE_DISE%3%91O_DE_AREAS_VERDES_CONAVI
- Comisión Nacional del agua (CONAGUA). (2002). Manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario. Recuperado de Microsoft Word - MANUAL (sistemamid.com)
- Dorot. (2019). Catálogo de productos válvulas plásticas serie 75. Recuperado de <https://www.dorot.com/Files/Files/Dorot/EngineersLibrary/Catalogs/Plastic%20control%20valves/75%20Series/S75-Catalog-Eng.pdf>
- Evans, D. (2011). The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. Recuperado de Microsoft Word - IoT_IBSG_0411FINAL.doc (cisco.com)
- Figuroa, R. (2019). Selección, zonificación de plantas y programación de riego para el ahorro de agua en los jardines de la UNALM. (Tesis Ing. Agrícola). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de Repositorio Institucional-UNALM
- Fisher, S. (3 de setiembre de 2020). TCP/IP como funciona [mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.avast.com/es-es/c-what-is-tcp-ip>
- García, C. (2018). Diseño y desarrollo de un sistema de gestión de riego y bombeo para

Smart Cities. (Tesis de Maestría). Universidad Pontificia de Comillas. Recuperada de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/22919?show=full>

Iagua. (2014). Barcelona cuenta con un nuevo sistema inteligente de telegestión del riego en los parques. Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/smart-cities/14/03/26/barcelona-cuenta-con-un-nuevo-sistema-inteligente-de-telegestion-del-riego-en-los-parques-47450>

Igua. (2015). El sistema de gestión inteligente del riego en Logroño distribuirá 1,2 Hm³ de agua en las zonas verdes de la ciudad. Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/espana/ayuntamiento-logrono/15/04/28/sistema-gestion-inteligente-riego-logrono-distribuir>

Logitek. (26 de marzo, 2014). Riego Inteligente en Barcelona: presentamos el nuevo sistema. Recuperado de <http://www.creatingsmartcities.es/blog/riego-inteligente-en-barcelona/>.

Martínez, F. (2010). Diseño e implantación del sistema de automatización para integrar los procesos de un riego tecnificado. (Tesis Ing. Mecatrónica). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Recuperado de Repositorio Institucional - UNI: Diseño e implementación del sistema de automatización para integrar los procesos de un riego tecnificado

Matheus, F. (2011). Diseño de un sistema de riego por aspersión para el cultivo de papa (*solanum tuberosum*) en un sector de la finca “ESTAPAPE”, sector estapape, parroquia la quebrada, municipio Urdaneta, estado Trujillo. (Tesis ing. Agrícola). Universidad de los Andes. Trujillo, Perú. Recuperado de DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN (studylib.es)

Montero, E. (noviembre, 2014). Un oasis en el asfalto. Funciones ambientales de las zonas verdes urbanas. Exposición interpretativa itinerante. Congreso nacional del medio Ambiente. Recuperado de <http://www.conama2014.conama.org/conama2014/download/files/conama2014/CT%202014/1896711613.pdf>

- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2009). The NIST Definition of Cloud Computing. Recuperado de <http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/cloud-def-v15.pdf>
- Nicoll. (2020). Tubos PCV-U Presión NTP 333.002. Recuperado de F.T. Tubo PVCU Presion NTP 399.003 - 399.002 (nicoll.com.pe)
- Orellana, J. (2011). La arquitectura del paisaje en la costa central del Perú y su sostenibilidad. *Concensus-Unifé*, 16(1):183-213.
- Paz, M. (2018). Riego inteligente para una ciudad inteligente. Recuperado de <https://www.larioja.com/logrono/logrono-digital/como-hemos-cambiado/riego-inteligente-ciudad-20180712120028-nt.html>
- Sarmiento, M. (2009). Automatismos eléctricos industriales-1 automatismos Cableados. Recuperado de <https://todoclase.files.wordpress.com/2011/11/1-introduccc3b3n.pdf>
- Sistema Nacional de informes Ambientales [SINIA]. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias. Recuperado de Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental (minam.gob.pe)
- Soto, J. (14 de diciembre 2020). 5 protocolos de seguridad para cuidar tus datos en la web. INC. Recuperado de <https://www.inchosting.pe/blog/sitio-web/5-protocolos-de-seguridad-para-cuidar-tus-datos-en-la-web>
- Rain Bird. (2015). Guía de diseño instalación funcionamiento y programación del sistema decodificador de 2 cables ESP-LXD. Recuperado de https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/man_ESP-LXD2-WireDecoderSystemDesignGuide_es.pdf
- Rain Bird. (2019). - Guía de diseño, instalación, funcionamiento y programación del sistema de control central IQTM. Recuperado de

https://ww3.rainbird.com/documents/turf/man_IQNCC%20Installation%20Guide_es.pdf

Rodríguez, A., Albarces, R., Morillo, C., Zarza, R., Quesada, A. y Gómez, R. (2003). Manual de riego de jardines. Editorial Junta de Andalucía. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165055Manual_de_Riego_de_Jardines_BAJA.pdf

Ruiz Vadillo, D. (2012). Montaje y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos de bienes de equipo y máquinas industriales (Primera ed.). Málaga, España: INNOVA.

Saldarriaga, V. (1998). Hidráulica de tuberías. Bogotá, Colombia. Editorial McGraw-Hill Interamericana.

Sotelo, A. (1997). Hidráulica general. México. Editorial Limusa S.A.

Water Use Classification Of Landscape Species (WUCOLS).(2000). A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California. The landscape coefficient method & WUCOLS III. University of California Cooperative Extension. Ed. California Dept. of Water Resources. California. Recuperado de <https://cimis.water.ca.gov/Content/PDF/wucols00.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Evapotranspiración mediante el *software Cropwat 8* - Estación la Pampilla

ETo Penman-Monteith Mensual - H:\procesam_tesis\Necesidades hidricas\Eto_arequipa_la pa...

País PERU Estación LA PAMPILLA

Altitud 2330 m. Latitud 16.41 °S Longitud 71.53 °W

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Enero	12.2	22.9	67	207	7.9	22.9	4.63
Febrero	12.0	22.5	72	207	7.6	22.1	4.29
Marzo	12.0	23.5	68	190	8.0	21.5	4.29
Abril	10.5	23.5	63	181	8.6	20.2	4.02
Mayo	8.7	24.1	53	233	9.5	19.0	4.16
Junio	8.4	24.1	44	259	9.4	17.6	4.30
Julio	7.7	23.7	40	259	9.5	18.3	4.47
Agosto	7.6	24.2	37	277	10.0	21.0	5.15
Septiembre	9.0	24.3	39	268	9.7	23.1	5.51
Octubre	9.4	24.5	39	259	10.0	25.3	5.91
Noviembre	10.4	24.3	44	251	9.7	25.6	5.83
Diciembre	11.0	24.3	50	233	9.6	25.6	5.63
Promedio	9.9	23.8	51	235	9.1	21.8	4.85

Anexo 2: Especificaciones técnicas de los emisores para aspersión y goteo

- Difusores (rociadores)



"El RD1800 es la mejor opción para los sistemas de riego con agua tratada, podemos ofrecer a nuestros clientes productos profesionales con la mejor garantía y confiabilidad."

*Luis Enrique Ruano
Bombas y Riegos Profesionales
Guadalajara, México*

Productos principales

	1802, 1804, 1806	1812	1800 PRS	1800 SAM	1800 SAM- PRS	1800 SAM- PRS-45	US-400	Burbujeadores 1300/1400	PA-80 PA-85 PA-85-NP PA-85-PRS	RD-04, RD-06	RD-12	RD1800 SAM-PRS	RD1800 SAM-PRS-F	RD1800 SAM-PRS- 45-F
Aplicaciones primarias														
Césped	●		●	●	●	●	●			●		●	●	●
Pendientes				●	●	●	●					●	●	●
Cubierta vegetal/Arbustos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Sistemas de alta presión			●		●	●		●	●	●	●	●	●	●
Sistemas de baja presión	●	●					●	●	●	●	●			
Áreas con mucho viento	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Agua no potable									●	●	●	●	●	●
Áreas dañadas/ expuestas al vandalismo													●	●
Agua sucia										●	●	●	●	●

-Serie 1800 SAM y SAM-PRS

Características

- **Serie 1800[®]-SAM:** Válvula de retención incorporada Seal-A-Matic™ (SAM). Elimina la necesidad de válvulas de retención bajo el cabezal. Capta el agua en las tuberías laterales en cambios de elevación de hasta 14 pies (4.2 m) Reduce el desgaste de los componentes del sistema al minimizar el golpe de agua durante el arranque
- **Serie 1800[®]-PRS:** Mantiene la presión de salida constante en 30 psi (2.1 bares) El regulador de presión PRS incorporado en el sistema simplifica el diseño. Elimina la atomización y nebulización causadas por la alta presión. Ahorra tiempo y dinero
- **Serie 1800[®]-SAM-PRS:** Incorpora todas las características de la Serie 1800 SAM y PRS. Cubre los requerimientos de riego por aspersión en todas las áreas, sin importar cambios de elevación o presiones de agua
- **Serie 1800[®]-SAM-P45:** Mantiene la presión de salida constante en 45 psi (3.1 bares) aunque varíe la presión de entrada. Asegura el rendimiento máximo de la boquilla y del cuerpo del aspersor, incluso si varían las presiones de entrada. Mantiene la presión constante independiente de la boquilla que use

Especificaciones

- Capacidad de SAM: retiene hasta 14 pies (4.2 m) de presión de desnivel; 6 psi (0.4 bar)
- Los modelos PRS regulan la presión de la boquilla a un promedio de 30 o 45 psi (2.1 o 3.1 bares) con presiones de entrada de hasta 70 psi (4.8 bares).
- Pérdida de agua: 0 gpm a 8psi (0.6 bares) o más; de lo contrario 0.10 gpm (0.02 m³/h; 0.36 l/m)
- Instalación: entrada lateral o inferior
- En climas con temperaturas bajo cero, no se recomienda la instalación de la entrada lateral
- Garantía comercial de cinco años

Modelos 1800-SAM

- 1804-SAM: Altura de vástago retráctil de 4" (10.2 cm)
- 1806-SAM: Altura de vástago retráctil de 6" (15.2 cm)
- 1812-SAM: Altura de vástago retráctil de 12" (30.5 cm)

Modelos 1800-PRS

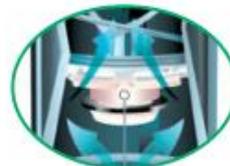
- 1804 PRS: Altura de vástago retráctil de 4" (10.2 cm)
- 1806 PRS: Altura de vástago retráctil de 6" (15.2 cm)
- 1812 PRS: Altura de vástago retráctil de 12" (30.5 cm)

Modelos 1800-SAM-PRS

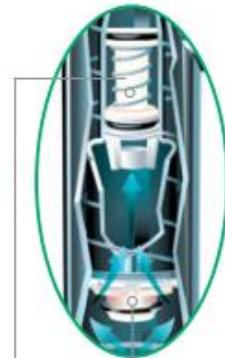
- 1804-SAM-PRS: Altura de vástago retráctil de 4" (10.2 cm)
- 1806-SAM-PRS: Altura de vástago retráctil de 6" (15.2 cm)
- 1812-SAM-PRS: Altura de vástago retráctil de 12" (30.5 cm)

Rango operativo

- Espaciamiento: de 2.5 a 24 pies (de 0.8 a 7.3m)*
- Presión: de 15 a 70 psi (de 1.0 a 4.8 bares)



La válvula de retención incorporada Seal-A-Matic evita el drenaje de los aspersores bajos, ideal para usar en cambios de elevación



El aspersor de la gama más alta incluye todas las características de la Serie SAM y PRS, y es ideal independiente de la presión o la elevación

- Boquillas rotativas y fijas

Productos principales							
Aplicaciones primarias	Boquillas rotativas		Aspersores de arco variable		Aspersores de arco fijo		
	R-VAN	Patrón circular rotativo	HE-VAN	VAN	Serie U	Boquillas SQ	MPR
	Lo mejor	Lo mejor	Lo mejor	Estándar	Lo mejor	Estándar	Estándar
Césped	●	●	●	●	●	●	●
Pendientes	●	●					
Franjas angostas						●	●
Áreas pequeñas	●	●	●			●	
Canteros en paisajes	●	●	●	●	●	●	●
Altamente eficiente	●	●	●		●		
Mucho viento	●	●	●		●		
Alta presión	●	●	●				

-Toberas R-VAN

R-VAN14 De 2,4 a 4,6 m					
Tobera	Presión bar	Radio m	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
270° 	2,1	4,0	3,18	16	19
	2,4	4,0	3,29	17	19
	2,8	4,3	3,48	15	18
	3,1	4,3	3,56	16	18
	3,4	4,6	4,20	16	19
3,8	4,6	4,43	17	20	
210° 	2,1	4,0	2,46	16	19
	2,4	4,0	2,57	17	19
	2,8	4,3	2,73	15	18
	3,1	4,3	2,76	16	18
	3,4	4,6	3,26	16	19
3,8	4,6	3,44	17	20	
180° 	2,1	4,0	2,12	16	19
	2,4	4,0	2,20	17	19
	2,8	4,3	2,31	15	18
	3,1	4,3	2,38	16	18
	3,4	4,6	2,80	16	19
3,8	4,6	2,95	17	20	
90° 	2,1	4,0	1,06	16	19
	2,4	4,0	1,10	17	19
	2,8	4,3	1,17	16	18
	3,1	4,3	1,21	15	18
	3,4	4,6	1,40	16	19
3,8	4,6	1,48	17	20	

R-VAN18 De 4,0 a 5,5 m					
Tobera	Presión bar	Radio m	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
270° 	2,1	4,9	4,77	17	19
	2,4	4,9	5,11	16	19
	2,8	5,2	5,38	16	19
	3,1	5,2	5,72	16	19
	3,4	5,5	5,94	15	18
3,8	5,5	6,13	0	18	
210° 	2,1	4,9	3,71	16	19
	2,4	4,9	3,97	17	20
	2,8	5,2	4,16	16	19
	3,1	5,2	4,43	16	20
	3,4	5,5	4,62	16	18
3,8	5,5	4,77	16	19	
180° 	2,1	4,9	3,22	17	19
	2,4	4,9	3,44	16	19
	2,8	5,2	3,71	16	19
	3,1	5,2	3,82	16	19
	3,4	5,5	4,05	15	18
3,8	5,5	4,13	15	18	
90° 	2,1	4,9	1,59	17	19
	2,4	4,9	1,78	16	19
	2,8	5,2	1,89	16	19
	3,1	5,2	1,89	16	19
	3,4	5,5	2,04	15	18
3,8	5,5	2,20	15	18	

Toberas de círculo completo (360°)

R-VAN14-360 De 2,4 a 4,6 m					
Tobera	Presión bar	Radio m	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
360° 	2,1	4,0	4,16	16	18
	2,4	4,0	4,24	16	19
	2,8	4,3	4,62	15	18
	3,1	4,3	4,81	16	18
	3,4	4,6	5,34	15	18
3,8	4,6	5,49	16	18	

R-VAN18 De 4,0 a 5,5 m					
Tobera	Presión bar	Radio m	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
360° 	2,1	4,9	6,25	16	18
	2,4	4,9	6,32	16	19
	2,8	5,2	6,81	15	18
	3,1	5,2	7,00	16	18
	3,4	5,5	7,76	15	18
3,8	5,5	7,99	16	18	

Nota: todas las toberas R-VAN se probaron con vástagos retráctiles de 10 cm
 ■ Separación en cuadrado basada en un 50% de diámetro de alcance.
 ▲ Separación en triángulo basada en un 50% de diámetro de alcance.

Datos de rendimiento tomados en condiciones de viento cero
 R-VAN24 y R-VAN24-360: no reduzca el radio por debajo de los 5,2 m.
 R-VAN18 y R-VAN18-360: no reduzca el radio por debajo de los 4,0 m.
 R-VAN14 y R-VAN14-360: no reduzca el radio por debajo de los 2,4 m.

R-VAN24 De 5,2 a 7,3 m					
Tobera	Presión bar	Radio m	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
270° 	2,1	5,8	6,81	16	19
	2,4	6,1	7,38	16	18
	2,8	6,7	8,74	15	18
	3,1	7,0	9,54	15	18
	3,4	7,3	10,67	16	19
210° 	2,1	5,8	5,30	16	19
	2,4	6,1	5,75	16	18
	2,8	6,7	6,81	15	18
	3,1	7,0	7,42	15	18
	3,4	7,3	8,29	16	19
180° 	2,1	5,8	4,54	16	19
	2,4	6,1	4,92	16	18
	2,8	6,7	5,83	15	18
	3,1	7,0	6,36	15	18
	3,4	7,3	7,12	16	19
90° 	2,1	5,8	2,27	16	19
	2,4	6,1	2,46	16	18
	2,8	6,7	2,91	15	18
	3,1	7,0	3,18	15	18
	3,4	7,3	3,56	16	19
3,8	7,3	3,63	16	19	

Toberas de círculo completo (360°)

R-VAN24 De 5,2 a 7,3 m					
Tobera	Presión bar	Radio m	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
360° 	2,1	5,8	8,90	16	18
	2,4	6,1	9,54	15	18
	2,8	6,7	11,85	16	18
	3,1	7,0	13,17	16	19
	3,4	7,3	13,67	15	18
3,8	7,3	14,16	16	18	

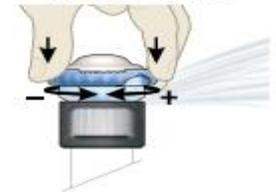
Toberas de arco ajustable

R-VAN14, R-VAN18, R-VAN24

AJUSTE DE RADIO



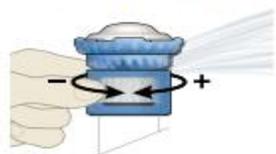
AJUSTE DE ARCO



Toberas de círculo completo

R-VAN14-360, R-VAN18-360, RVAN24-360

AJUSTE DE RADIO



Toberas de franja

R-VAN-LCS, R-VAN-RCS, R-VAN-SST

AJUSTE DE TAMAÑO

-Tobera HE-VAN

Serie 10 HE-VAN							
Trayectoria de 27°							
Tobera	Presión bar	Radio m	Caudal m³/h	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h	
Arco de 360° 	1,03	2,13	0,29	4,78	64	74	
	1,38	2,44	0,34	5,52	56	65	
	1,72	2,74	0,37	6,17	50	57	
	2,07	3,05	0,41	6,76	44	51	
Arco de 270° 	1,03	2,13	0,22	3,59	64	74	
	1,38	2,44	0,25	4,14	56	65	
	1,72	2,74	0,28	4,63	50	57	
	2,07	3,05	0,31	5,07	44	51	
Arco de 180° 	1,03	2,13	0,15	2,39	64	74	
	1,38	2,44	0,17	2,76	56	65	
	1,72	2,74	0,19	3,09	50	57	
	2,07	3,05	0,21	3,38	44	51	
Arco de 90° 	1,03	2,13	0,07	1,20	64	74	
	1,38	2,44	0,08	1,38	56	65	
	1,72	2,74	0,09	1,54	50	57	
	2,07	3,05	0,10	1,69	44	51	

Nota: todas las toberas HE-VAN se probaron con vástagos retráctiles de 10 cm

■ Separación en cuadrado basada en un 50% de diámetro de alcance.

▲ Separación en triángulo basada en un 50% de diámetro de alcance.

- Aspersores 3504

Productos principales	Aspersores de carcasa cerrada				Aspersores de carcasa abierta	
	Serie 3504	Serie 5000	Serie 8005	Falcon™ Serie 6504	Maxi-Paw™ Serie 2045A	Cañón de riego Serie XLR
Aplicaciones primarias						
Césped de entre 4,6 m y 10,7 m	●	●				
Césped de entre 7,6 m y 15,2 m		●	●	●	●	
Césped de más de 15,2 m			●	●		●
Aplicación residencial	●	●			●	
Aplicación comercial		●	●	●	●	●
Áreas propensas a vandalismo/daños			●			
Pendientes	●	●	●	●	●	●
Cubiertas vegetales/arbustos	●	●				
Campos deportivos			●	●		●
Regulación de presión		●				
Áreas con mucho viento	●	●	●	●	●	●
Césped más alto		●	●			●
Agua no potable	●	●	●	●	●	●

Serie 3500

Compacto aspersor residencial. Grande en valor y comodidad.

Características

- Las toberas Rain Curtain™ ofrecen una distribución uniforme en todo su radio, incluyendo unas gotas grandes resistentes al viento y un riego de corto alcance, lo que da lugar a un césped más verde con un menor consumo de agua.
- Junta limpiadora de grandes dimensiones para evitar fugas y proteger los componentes internos de la suciedad.
- Ajuste del arco desde la parte superior del aspersor con solo un destornillador de cabeza plana.
- Garantía comercial de 3 años.

Opciones

- Válvula de retención Seal-A-Matic™ (SAM).
- Tapa violeta (NP) para sistemas de agua no potable

Especificaciones de funcionamiento

- Pluviometría: de 9 a 21 mm/h
- Radio: de 4,6 a 10,7 m
- El radio puede reducirse hasta un 25% con el tornillo para reducir el radio
- Presión: de 1,7 a 3,8 bar
- Caudal: de 2,0 a 17,4 l/m
- Entrada roscada hembra de 1/2" NPT
- Ajuste de retorno de círculo completo y círculo parcial de 40° a 360°
- La válvula de retención Seal-A-Matic™ (SAM) opcional admite hasta 2 m de cambio de elevación
- Trayectoria de la tobera de 25°

Modelos

Se muestran algunos modelos seleccionados. Consulte la lista de precios regional para conocer los modelos disponibles.

- 3504-PC: círculo completo inverso/parcial de 4°
- 3504-PC-SAM: círculo completo inverso/parcial de 4° con SAM
- 3504-PC-SAM-NP: círculo completo inverso/parcial de 4° con SAM y cubierta NP



de 9 a 21 mm/h

Rendimiento de toberas Serie 3504

Presión bar	Tobera	Radio m	Caudal m³/h	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
1,7	0,75	4,6	0,12	2,04	12	14
	1,0	6,1	0,17	2,91	9	11
	1,5	7,0	0,24	4,01	10	11
	2,0	8,2	0,32	5,30	9	11
	3,0	8,8	0,49	8,21	13	15
	4,0	9,4	0,67	11,24	15	17
2,0	0,75	4,8	0,13	2,24	12	13
	1,0	6,2	0,19	3,14	10	11
	1,5	7,0	0,26	4,35	11	12
	2,0	8,2	0,34	5,74	10	12
	3,0	9,1	0,53	8,87	13	15
	4,0	9,7	0,73	12,17	16	18
2,5	0,75	5,2	0,16	2,58	12	13
	1,0	6,4	0,21	3,55	10	12
	1,5	7,0	0,30	4,94	12	14
	2,0	8,2	0,39	6,51	12	13
	3,0	9,4	0,60	10,03	13	16
	4,0	10,1	0,83	13,82	16	19
3,0	0,75	5,2	0,17	2,86	13	15
	1,0	6,4	0,24	3,93	12	13
	1,5	7,3	0,33	5,49	12	14
	2,0	8,2	0,43	7,17	13	15
	3,0	9,4	0,67	11,13	15	17
	4,0	10,6	0,92	15,32	16	19
3,5	0,75	5,4	0,19	3,09	13	15
	1,0	6,6	0,26	4,27	12	14
	1,5	7,3	0,36	5,97	13	15
	2,0	8,4	0,47	7,79	13	15
	3,0	9,6	0,71	11,90	15	18
	4,0	10,7	1,00	16,66	18	20
3,8	0,75	5,5	0,19	3,22	13	15
	1,0	6,7	0,27	4,47	12	14
	1,5	7,3	0,37	6,25	14	16
	2,0	8,5	0,49	8,14	13	15
	3,0	9,8	0,74	12,30	16	18
	4,0	10,7	1,04	17,41	18	21

Pluviometría basada en un funcionamiento de medio círculo

■ Separación en cuadrado basada en un 50% de diámetro de alcance.

▲ Separación en triángulo basada en un 50% de diámetro de alcance.

- Mangueras autocompensada XFD usada en el sistema de riego por goteo

Tubería de goteo superficial XFD

La tubería con goteros autocompensantes más flexible del mercado para el riego de cubiertas vegetales, setos, plantaciones densas, etc.

Características

- Instalación muy rápida y sencilla gracias a su a extra flexibilidad.
- La tubería de doble capa (marrón sobre negro o violeta sobre negro) proporciona una resistencia sin competencia a los productos químicos, los daños debidos a los rayos UV y al crecimiento de algas.
- Gotero muy fiable (patente pendiente)
- Distancias laterales más largas que la competencia.
- Material único que ofrece una flexibilidad significativamente mayor, permitiendo giros más cerrados con menos codos para una instalación más sencilla.
- La elección de caudales, la separación y las longitudes de la bobina proporcionan flexibilidad en el diseño para diferentes aplicaciones de césped.
- Use un kit de válvula de alivio de aire/vacío para instalaciones de riego enterrado (pág. 116)



Tubería de goteo XFD

Rango de funcionamiento

- Presión: de 0,58 a 4,1 bar
- Rangos de caudal: 1,6 l/h, 2,3 l/h y 3,5 l/h
- Temperatura: del agua hasta 37,8 °C; ambiente hasta 51,7 °C
- Filtrado necesario: 125 micrones

Especificaciones

- Diámetro exterior: 16,1 mm
- Diámetro interior: 13,6 mm
- Espesor de la pared: 1,2 mm
- Separación: 33, 40 o 50 cm
- Longitudes: bobinas de 25, 50, 100 m
- Utilicelo con accesorios de inserción para tuberías de goteo XF.



La tubería de goteo XFD ofrece una flexibilidad mejorada para la resistencia al estrangulamiento y una fácil instalación. La tubería de goteo se puede doblar hacia abajo a un radio de 7,62 cm sin torceduras.

Longitudes laterales máximas de la tubería de goteo en superficie XFD (metros)

Presión de entrada (bar)	Longitud lateral máxima (metros)					
	33 cm		40 cm		50 cm	
	Caudal nominal (l/h)					
	1,6	2,3	3,5	1,6	2,3	3,5
1,00	104	79	54	112	85	100
1,70	131	104	77	136	108	129
2,40	146	121	93	153	127	152
3,10	160	135	105	168	141	162
3,80	172	143	116	176	148	169

- Goteros insertados Xeri-Bug

Goteros Xeri-Bug™

Goteros autocompensantes de caudal bajo para el riego de zonas de plantas, árboles y macetas

Características

- Los únicos goteros con lengüetas de autoperforación que facilitan al máximo su instalación con la herramienta XM Tool.
- La selección más amplia de goteros de compensación de presión, con 3 opciones de caudal.
- Los goteros más compactos y discretos.
- Rangos de caudal de 2, 4 y 8 l/h.
- El diseño del compensador de presión proporciona un caudal uniforme a lo largo de un amplio rango de presión (de 1,0 a 3,5 bar).
- Disponible con conectores arponados autoperforantes para una rápida inserción de un solo paso en la tubería de goteo de 12 mm o 16 mm.
- La salida arponada sujeta de forma segura la tubería de distribución (XQ) de 6 mm.
- El diseño hace que la instalación y el mantenimiento sean sencillos.
 - La acción de limpieza automática minimiza las obstrucciones.
 - Diseño robusto fabricado en materiales altamente inertes y resistentes a sustancias químicas.
 - Estructura de plástico duradero resistente a radiación UV.
- Codificados por colores para identificar el caudal.

Rango de funcionamiento

- Caudal: de 2 a 8 l/h
- Presión: 1,0 a 3,5 bar
- Filtrado necesario: de 75 a 100 micrones

Modelos: lengüeta de entrada x lengüeta de salida

Se muestran algunos modelos seleccionados. Consulte la lista de precios regional para conocer los modelos disponibles.

- XB-05PC: azul, 2 l/h
- XB-10PC: negro, 4 l/h
- XB-20PC: rojo, 8 l/h

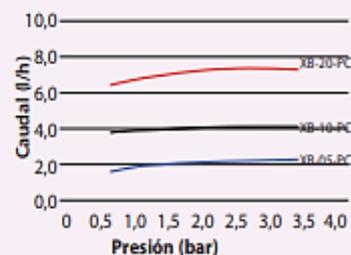
Modelos y especificaciones de los goteros Xeri-Bug

Modelo	Color/tipo de entrada	Caudal nominal l/h	Filtro requerido en micrones
XB-05PC	Arponado/azul	2	75
XB-10PC	Arponado/negro	4	100
XB-20PC	Arponado/rojo	8	100

Modelos y cantidad de bolsas de los goteros Xeri-Bug

Rango de caudal	Color	Cantidad de bolsas	Número de modelo
2 l/h	Azul	100	XB05PCBULK
		8000	XB05MAXPAK
4 l/h	Negro	100	XB10PCBULK
		8000	XB10MAXPAK
8 l/h	Rojo	100	XB20PCBULK
		8000	XB20MAXPAK

Datos de rendimiento de los goteros Xeri-Bug



FUENTE: Catálogo Rain Bird (2019)

Anexo 3: Especificaciones técnicas de equipos hidráulicos

- PRS-Dial

El PRS-Dial es un medio excelente de regular la presión de salida en la válvula, independientemente de las fluctuaciones de presión de entrada. La escala visible se ajusta de forma rápida y sencilla. El regulador se ajusta a las válvulas de las series Rain Bird® PGA, PEB, PESB, PESB-R, GB, EFB-CP y BPES,

- Regula y mantiene una presión de salida constante entre 1,04 y 6,9 bares en $\pm 0,21$ bares.
- El mando de ajuste con retén permite el ajuste fino en incrementos de 0,02 bares. El cartucho del dial se instala y se ajusta de forma rápida, sencilla y precisa.

FUNCIONES

- Las mejoras de reducción de picos reducen los golpes de ariete.
- El diseño ergonómico con una tapa protectora minimiza el riesgo de vandalismo.
- El cartucho de dial hermético elimina la nebulización y el agarrotamiento.
- El cartucho del dial se actualiza en todas las unidades PRS-D existentes.
- La válvula Schrader conecta el manómetro de la manguera de presión, solicitado por separado.
- Fácil de instalar sobre el terreno; el PRS-Dial se rosca entre el solenoide y el adaptador.
- Nailon relleno con vidrio resistente a la corrosión para darle la mayor resistencia.

ESPECIFICACIONES

Rango de funcionamiento:

Presión: hasta 6,9 bares *

Regulación: De 1,04 a 6,9 bar

Caudal: Consulte el cuadro

Modelo: PRS-D

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

- El funcionamiento adecuado requiere una presión de entrada no inferior a 1,04 bares por encima de la presión de salida deseada.
- Para áreas con presiones muy altas o terrenos desiguales, instale difusores con regulación de presión interna en vástago (PRS) y/o con válvulas de retención SAM.
- Cuando la presión de entrada sea superior a 6,9 bares, se requiere una válvula maestra con regulación de presión o un regulador de presión en línea.



FUENTE: Catálogo Rain Bird (2019)

- Filtros automáticos AZUD serie Helix 200

FILTRACION. Máximo caudal por elemento filtrante.

AZUD HELIX AUTOMATIC DLP	micron mesh	400 200		130		100		50		20		10		5		
		40	75	120	150	50	20	10	5	20	10	5	20	10	5	
AGUA BUENA	m³/h	36	32	24	17	9	7	6								
	gpm	157	139	105	77	38	31	26								
AGUA MEDIA	m³/h	32	30	20	14	7	5	4								
	gpm	139	131	88	61	31	23	18								
AGUA MALA	m³/h	26	24	18	10	5	4	3								
	gpm	113	105	79	46	23	18	15								
AGUA MUY MALA	m³/h	16	14	12	7	3	2	1								
	gpm	70	61	53	31	15	9	5								

Disponibles otros grados de filtración.

AZUD HELIX AUTOMATIC DLP	Superficie filtrante
2S	1492 cm² 231 in²
3N	1492 cm² 231 in²
4S	2984 cm² 463 in²

400 micron. (40 mesh)	200 micron. (75 mesh)	130 micron. (120 mesh)	100 micron. (150 mesh)
50 micron.	20 micron.	10 micron.	5 micron.

MATERIALES

Carcasa	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
Elemento filtrante	Discos de PP
Abrazadera	Acero inoxidable
Elemento sellado	NBR

pH>4 • Máxima presión 6 bar / 87 psi • Máxima temperatura 60°C / 140 F

AZUD HELIX AUTOMATIC DLP

	2" SUPER // 3"	4"
Minima presión de contralavado por filtro	1.5 bar	1.5 bar
	21 psi	21 psi
Minimo caudal de contralavado por filtro	2.5 l/s	5 l/s
	39 gpm	78 gpm

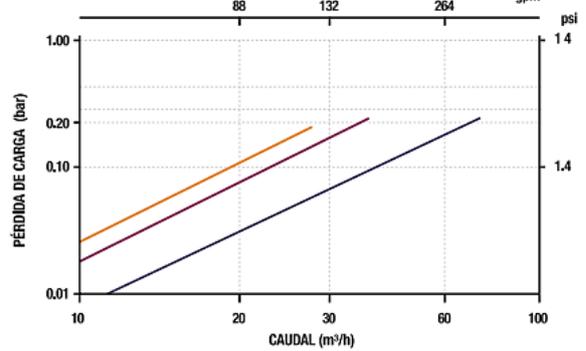
SERIES

La tecnología de los filtros DLP es compatible con todas las gamas standard de AZUD.



AZUD HELIX AUTOMATIC DLP PÉRDIDA DE CARGA

130 micron



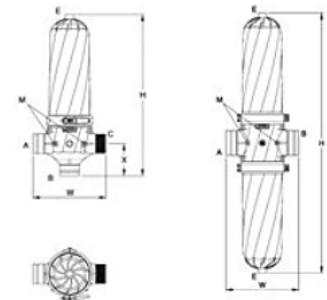
AZUD HELIX AUTOMATIC DLP

— 2S — 3N — 4S

AZUD HELIX AUTOMATIC DLP

2S, 3N

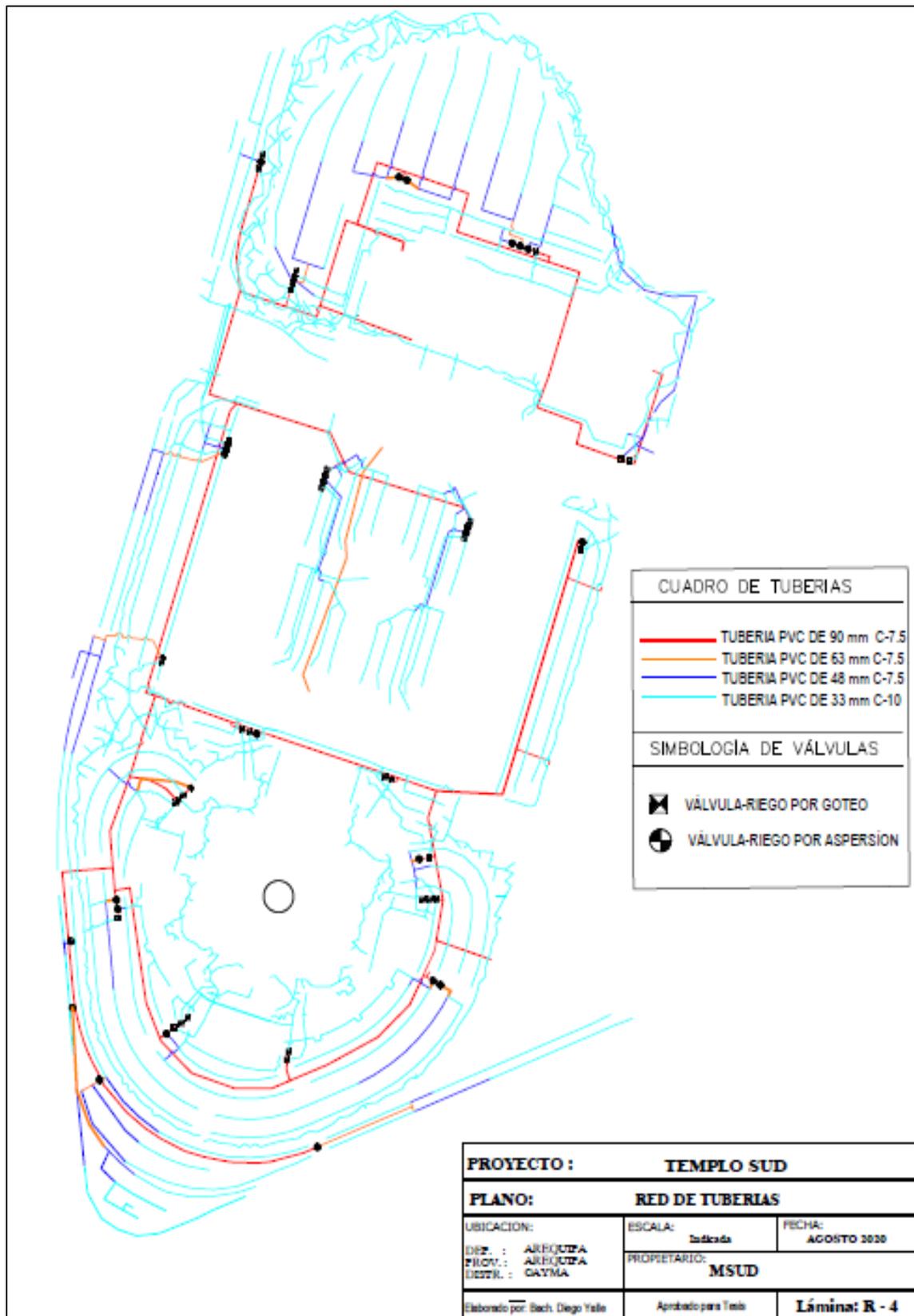
4S



CONFIGURACIÓN DEL FILTRO	Diámetro	Modelo	Conexión			Dimensiones					
			A	B	C	H	W	X			
	2"Super	2SR	BSP	BSP	BSP	721	28	309	12	133	5
		2SA	NPT	NPT	NPT						
		2SV	RANURADA	RANURADA	BSP						
		2SW	RANURADA	BSP	RANURADA						
	3"	3NR	BSP	BSP	BSP	727	29	336	13	147	6
		3NA	NPT	NPT	NPT						
		3NV	RANURADA	RANURADA	BSP						
		3NW	RANURADA	BSP	RANURADA						
	4"Super	4SL	RANURADA	RANURADA	-	1200	47	341	13	-	-

FUENTE: Ficha técnica filtro AZUD Helix automático serie 200/300 DLP

Anexo 4: Topología de la red de tuberías del sistema de riego



Anexo 5: Cálculo de pérdida de carga para los turnos de riego

Turno 1

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-1	J-5	J-4	1.08	1.79	0.6	48	140	0.02	0.009	0	46	46
TL-2	J-7	J-6	0.23	1.21	0.27	33	140	0	0.003	0	45	45
TL-3	J-11	J-10	0.45	1.48	0.53	33	140	0.02	0.011	0	45	45
TL-4	J-15	J-16	0.06	2.16	0.07	33	140	0	0	0	45	45
TL-5	J-4	J-17	1.03	2.19	1.2	33	140	0.1	0.048	0.1	46	46
TL-6	J-19	J-18	0.65	2.26	0.36	48	140	0.01	0.003	0	46	46
TL-7	J-21	J-22	0.06	2.31	0.07	33	140	0	0	0	45	45
TL-8	J-6	J-23	0.11	2.42	0.13	33	140	0	0.001	0	45	44
TL-9	J-21	J-7	0.29	2.43	0.33	33	140	0.01	0.004	0	45	45
TL-10	J-25	J-24	0.26	2.67	0.31	33	140	0.01	0.004	0	45	45
TL-11	J-10	J-26	0.28	2.88	0.33	33	140	0.01	0.004	0	45	45
TL-12	J-16	J-27	0.06	2.9	0.07	33	140	0	0	0	45	45
TL-13	J-29	J-28	1.2	3.39	0.66	48	140	0.03	0.01	0	45	45
TL-14	J-29	J-30	1.8	3.52	0.99	48	140	0.08	0.022	0.1	45	45
TL-15	J-26	J-32	0.23	3.58	0.26	33	140	0.01	0.003	0	45	44
TL-16	J-10	J-15	0.11	3.72	0.13	33	140	0	0.001	0	45	45
TL-17	J-6	J-33	0.06	3.79	0.07	33	140	0	0	0	45	44
TL-18	J-18	J-36	0.65	4.04	0.76	33	140	0.08	0.021	0.1	46	46
TL-19	J-37	J-25	0.26	4.11	0.31	33	140	0.02	0.004	0	45	45
TL-20	J-32	J-38	0.17	4.4	0.2	33	140	0.01	0.002	0	44	45
TL-21	J-44	J-45	0.6	5.87	0.7	33	140	0.1	0.018	0.1	43	43
TL-22	J-36	J-46	0.52	6.07	0.61	33	140	0.08	0.014	0.1	46	46
TL-23	J-47	J-44	0.9	6.48	1.05	33	140	0.24	0.037	0.2	43	43
TL-24	J-24	J-49	0.13	6.76	0.15	33	140	0.01	0.001	0	45	45
TL-25	J-46	J-37	0.39	6.76	0.46	33	140	0.05	0.008	0.1	46	45
TL-26	J-48	J-50	0.65	6.75	0.76	33	140	0.14	0.021	0.1	45	45
TL-27	J-51	J-52	1.2	6.78	1.4	33	140	0.43	0.064	0.4	45	44
TL-28	J-54	J-53	0.6	6.78	0.7	33	140	0.12	0.018	0.1	45	44
TL-29	J-28	J-54	0.9	6.78	1.05	33	140	0.25	0.037	0.3	45	45

Continuación

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-30	J-52	J-47	1.2	6.78	1.4	33	140	0.43	0.064	0.4	44	43
TL-31	J-30	J-51	1.5	6.78	0.83	48	140	0.11	0.016	0.1	45	45
TL-32	J-55	J-56	0.13	6.83	0.15	33	140	0.01	0.001	0	44	44
TL-33	J-57	J-55	0.26	6.92	0.31	33	140	0.03	0.004	0	44	44
TL-34	J-58	J-57	0.39	7.02	0.46	33	140	0.06	0.008	0.1	45	44
TL-35	J-50	J-58	0.52	7.06	0.61	33	140	0.1	0.014	0.1	45	45
TL-36	J-45	J-59	0.3	7.22	0.35	33	140	0.04	0.005	0	43	43
TL-37	J-70	J-11	0.45	16.13	0.53	33	140	0.17	0.011	0.2	45	45
TL-38	J-63	J-77	0	1.73	0	90	140	0	0	0	47	47
TL-39	J-78	H-1	0.31	1.93	0.05	90	140	0	0	0	46	46
TL-40	J-81	J-80	0.1	2.33	0.02	90	140	0	0	0	48	48
TL-41	J-85	J-86	0.61	5.49	0.1	90	140	0	0	0	48	48
TL-42	J-3	J-89	0.79	6.34	0.12	90	140	0	0	0	46	46
TL-43	J-91	J-90	0.28	6.5	0.04	90	140	0	0	0	51	51
TL-44	J-95	J-91	0.28	7.6	0.04	90	140	0	0	0	51	51
TL-45	J-96	J-81	0.1	8.4	0.02	90	140	0	0	0	48	48
TL-46	J-90	J-97	0.28	9.32	0.04	90	140	0	0	0	51	51
TL-47	J-83	J-98	6.98	12.66	1.1	90	140	0.16	0.013	0.2	46	46
TL-48	J-99	J-85	0.61	12.26	0.1	90	140	0	0	0	48	48
TL-49	J-100	J-101	1.86	14.34	0.29	90	140	0.02	0.001	0	45	45
TL-50	J-93	J-104	1.22	23.42	0.19	90	140	0.01	0	0	48	48
TL-51	J-101	J-108	1.86	27.98	0.29	90	140	0.03	0.001	0	45	46
TL-52	J-102	J-72	1.86	27.67	0.29	90	140	0.03	0.001	0	46	47
TL-53	J-138	J-19	0.78	4.58	0.43	48	140	0.02	0.005	0	46	46
TL-54	J-135	J-48	0.78	3.82	0.43	48	140	0.02	0.005	0	45	45
TL-55	FCV-2	J-138	0.78	1.3	0.43	48	140	0.01	0.005	0	46	46
TL-56	FCV-2	J-135	0.92	3.42	0.51	48	140	0.02	0.006	0	46	45
TL-57	FCV-3	J-29	3	4.7	1.66	48	140	0.26	0.056	0.3	46	45
TL-58	FCV-4	J-5	1.2	8.2	0.66	48	140	0.08	0.01	0.1	46	46

Turno 2

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-59	J-159	J-62	0.89	6.48	0.49	48	150	0.04	0.006	0	43	43
TL-60	J-54	J-66	0.89	6.49	0.49	48	150	0.04	0.006	0	43	43
TL-61	J-150	J-151	1.11	2.27	0.62	48	150	0.02	0.009	0	43	43
TL-62	J-53	J-63	0.96	6.49	0.53	48	150	0.04	0.007	0	43	43
TL-63	J-165	J-65	0.96	6.49	0.53	48	150	0.04	0.007	0	43	43
TL-64	J-152	J-166	1.44	7.01	0.8	48	150	0.1	0.014	0.1	43	43
TL-65	J-166	J-165	1.2	6.04	0.66	48	150	0.06	0.01	0.1	43	43
TL-66	J-152	J-53	1.2	6.05	0.66	48	150	0.06	0.01	0.1	43	43
TL-67	J-150	J-54	1.11	6.04	0.62	48	150	0.05	0.009	0.1	43	43
TL-68	J-151	J-159	1.11	5.58	0.62	48	150	0.05	0.009	0	43	43
TL-69	J-153	J-152	2.88	1.94	1.59	48	150	0.1	0.052	0.1	43	43
TL-70	J-62	J-157	0.67	6.48	0.37	48	150	0.02	0.003	0	43	43
TL-71	J-157	J-158	0.45	4.62	0.52	33	150	0.05	0.01	0	43	42
TL-72	J-158	J-61	0.22	5.86	0.26	33	150	0.02	0.003	0	42	42
TL-73	J-58	J-147	0.45	5.66	0.52	33	150	0.06	0.01	0.1	42	42
TL-74	J-66	J-58	0.67	6.49	0.78	33	150	0.14	0.022	0.1	43	42
TL-75	J-63	J-60	0.72	6.48	0.84	33	150	0.16	0.025	0.2	43	43
TL-76	J-60	J-163	0.48	5.72	0.56	33	150	0.07	0.012	0.1	43	42
TL-77	J-163	J-164	0.24	5.44	0.28	33	150	0.02	0.003	0	42	42
TL-78	J-56	J-55	0.24	5.53	0.28	33	150	0.02	0.003	0	42	42
TL-79	J-64	J-56	0.48	6.49	0.56	33	150	0.08	0.012	0.1	42	42
TL-80	J-65	J-64	0.72	6.48	0.84	33	150	0.16	0.025	0.2	43	42
TL-81	J-147	J-148	0.22	2.21	0.26	33	150	0.01	0.003	0	42	42
TL-82	J-90	J-111	0.79	17.66	0.12	90	150	0	0	0	46	46
TL-83	J-111	J-100	0.79	19.03	0.12	90	150	0	0	0	46	46
TL-84	J-110	J-149	0	1.47	0	90	150	0	0	0	46	46
TL-86	FCV-8	J-150	2.45	2.29	1.35	48	150	0.09	0.039	0.1	43	43
TL-87	FCV-9	J-153	2.88	1.26	1.59	48	150	0.07	0.052	0.1	43	43

Turno3

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-88	J-195	J-197	1.25	7.01	0.69	48	150	0.08	0.011	0.1	46	46
TL-89	J-197	J-198	1.04	5.5	0.58	48	150	0.04	0.008	0	46	46
TL-90	J-198	J-206	0.83	6.5	0.97	33	150	0.21	0.032	0.2	46	45
TL-91	J-195	J-200	1.04	5.51	0.58	48	150	0.04	0.008	0	46	46
TL-92	J-190	J-199	1.26	5.5	0.7	48	150	0.06	0.011	0.1	46	46
TL-93	J-199	J-174	0.36	6.23	0.42	33	150	0.04	0.007	0	46	46
TL-94	J-174	J-175	0.18	2.42	0.21	33	150	0	0.002	0	46	46
TL-95	J-178	J-179	0.31	2.6	0.36	33	150	0.01	0.005	0	45	45
TL-96	J-186	J-182	0.15	2.83	0.18	33	150	0	0.001	0	45	45
TL-97	J-206	J-202	0.62	6.46	0.73	33	150	0.12	0.019	0.1	45	45
TL-98	J-202	J-193	0.42	5.57	0.49	33	150	0.05	0.009	0.1	45	45
TL-99	J-193	J-194	0.21	5.35	0.24	33	150	0.01	0.002	0	45	45
TL-100	J-177	J-176	0.21	2.44	0.24	33	150	0.01	0.003	0	45	45
TL-101	J-204	J-177	0.42	6.45	0.49	33	150	0.06	0.009	0.1	45	45
TL-102	J-205	J-204	0.62	5.83	0.73	33	150	0.11	0.019	0.1	45	45
TL-103	J-200	J-205	0.83	6.49	0.97	33	150	0.21	0.032	0.2	46	45
TL-104	J-187	J-207	0.18	7.14	0.21	33	150	0.01	0.002	0	45	45
TL-105	J-188	J-187	0.36	4.7	0.42	33	150	0.03	0.007	0	45	45
TL-106	J-199	J-188	0.72	5.81	0.84	33	150	0.14	0.025	0.1	46	45
TL-107	J-188	J-192	0.18	5.25	0.21	33	150	0.01	0.002	0	45	45
TL-108	J-209	J-180	0.51	2.83	0.6	33	150	0.04	0.013	0	45	45
TL-114	J-55	J-76	0.63	17.66	0.1	90	150	0	0	0	49	49
TL-115	J-84	FCV-6	1.7	0.79	0.27	90	150	0	0.001	0	46	46
TL-116	FCV-6	J-209	1.7	1.14	0.94	48	150	0.02	0.02	0	46	45
TL-117	FCV-11	J-190	1.8	5.87	0.99	48	150	0.13	0.022	0.1	46	46
TL-118	FCV-12	J-195	2.5	6.88	1.38	48	150	0.28	0.04	0.3	46	46
TL-155	J-178	J-189	0.31	2.97	0.36	33	150	0.02	0.005	0	45	45
TL-156	J-111	J-178	0.67	3.58	0.78	33	150	0.08	0.022	0.1	45	45

Turno 4

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-157	J-237	J-238	0.89	2.57	0.49	48	150	0.02	0.006	0	48	47
TL-163	J-257	J-305	1.43	3.98	0.46	63	150	0.02	0.004	0	48	48
TL-197	J-80	J-81	0.33	5.06	0.39	33	150	0.03	0.006	0	49	49
TL-198	J-81	J-82	0.22	4.39	0.26	33	150	0.01	0.003	0	49	49
TL-199	J-82	J-246	0.11	4.4	0.13	33	150	0	0.001	0	49	49
TL-200	J-270	J-291	0.63	17.66	0.1	90	150	0	0	0	49	49
TL-201	J-238	J-84	0.84	3.29	0.46	48	150	0.02	0.005	0	47	48
TL-202	J-85	J-242	0.73	2.8	0.41	48	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-203	J-242	J-86	0.68	2.95	0.8	33	150	0.07	0.022	0.1	48	48
TL-204	J-86	J-87	0.63	2.73	0.73	33	150	0.05	0.019	0.1	48	48
TL-205	J-87	J-88	0.57	2.97	0.67	33	150	0.05	0.016	0	48	48
TL-206	J-89	J-251	0.47	3.23	0.55	33	150	0.04	0.011	0	48	48
TL-207	J-88	J-89	0.52	2.83	0.61	33	150	0.04	0.014	0	48	48
TL-208	J-251	J-90	0.42	3.03	0.49	33	150	0.03	0.009	0	48	48
TL-209	J-90	J-91	0.36	2.85	0.42	33	150	0.02	0.007	0	48	48
TL-210	J-91	J-92	0.31	2.96	0.36	33	150	0.02	0.005	0	48	48
TL-211	J-92	J-93	0.26	2	0.3	33	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-212	J-93	J-94	0.2	1.9	0.24	33	150	0	0.002	0	48	49
TL-213	J-94	J-95	0.15	2.06	0.18	33	150	0	0.001	0	49	50
TL-214	J-95	J-96	0.1	2.28	0.12	33	150	0	0.001	0	50	51
TL-215	J-96	J-97	0.07	2.63	0.08	33	150	0	0	0	51	49
TL-216	J-97	J-98	0.03	2.63	0.04	33	150	0	0	0	49	49
TL-217	J-84	J-99	0.79	2.55	0.43	48	150	0.01	0.005	0	48	48
TL-218	J-99	J-100	0.73	2.86	0.41	48	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-219	J-100	J-101	0.68	2.96	0.8	33	150	0.07	0.022	0.1	48	48
TL-220	J-101	J-102	0.63	2.7	0.73	33	150	0.05	0.019	0.1	48	48
TL-221	J-102	J-103	0.57	2.8	0.67	33	150	0.05	0.016	0	48	48
TL-222	J-103	J-104	0.52	2.9	0.61	33	150	0.04	0.014	0	48	48
TL-223	J-104	J-254	0.47	3.73	0.55	33	150	0.04	0.011	0	48	48
TL-224	J-254	J-105	0.42	3.09	0.49	33	150	0.03	0.009	0	48	48
TL-225	J-105	J-106	0.36	2.89	0.42	33	150	0.02	0.007	0	48	48
TL-226	J-106	J-107	0.31	3.18	0.36	33	150	0.02	0.005	0	48	49
TL-227	J-107	J-108	0.26	1.88	0.3	33	150	0.01	0.004	0	49	49
TL-228	J-108	J-109	0.2	2.41	0.24	33	150	0.01	0.002	0	49	49
TL-229	J-109	J-110	0.15	1.96	0.18	33	150	0	0.001	0	49	51
TL-230	J-110	J-111	0.1	2.83	0.12	33	150	0	0.001	0	51	51
TL-231	J-111	J-112	0.07	2.43	0.08	33	150	0	0	0	51	51
TL-232	J-112	J-255	0.03	3.17	0.04	33	150	0	0	0	51	49
TL-233	J-239	J-85	0.79	2.78	0.43	48	150	0.01	0.005	0	48	48
TL-234	J-248	FCV-30	1.76	12.44	0.4	75	150	0.03	0.002	0	48	48
TL-235	J-291	J-280	0.63	19.03	0.1	90	150	0	0	0	49	49
TL-236	J-290	J-236	0	1.47	0	90	150	0	0	0	49	49
TL-239	FCV-30	J-237	0.95	0.85	0.52	48	150	0.01	0.006	0	48	48
TL-240	FCV-30	J-239	0.82	2.62	0.45	48	150	0.01	0.005	0	48	48
TL-241	FCV-16	J-230	1.24	0.95	0.4	63	150	0	0.003	0	48	48
TL-242	FCV-16	J-62	2.96	1.06	0.95	63	150	0.02	0.015	0	48	48

Turno 5

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-243	J-316	J-315	0.88	2.34	0.49	48	150	0.01	0.006	0	48	48
TL-244	FCV-13	J-334	0.95	2.96	0.52	48	150	0.02	0.007	0	46	46
TL-247	J-337	J-68	0.35	3.55	0.41	33	150	0.02	0.007	0	48	48
TL-248	J-68	J-69	0.26	3.14	0.31	33	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-249	J-70	J-336	0.09	3.26	0.1	33	150	0	0.001	0	48	48
TL-250	J-69	J-70	0.18	2.9	0.21	33	150	0.01	0.002	0	48	48
TL-251	J-71	J-72	0.35	2.98	0.41	33	150	0.02	0.007	0	48	48
TL-252	J-72	J-73	0.26	3.07	0.31	33	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-253	J-74	J-344	0.09	2.97	0.1	33	150	0	0.001	0	48	48
TL-254	J-73	J-74	0.18	3.24	0.21	33	150	0.01	0.002	0	48	48
TL-255	J-75	J-346	0.09	2.87	0.1	33	150	0	0.001	0	48	48
TL-256	J-318	J-76	0.53	2.68	0.62	33	150	0.04	0.014	0	48	48
TL-257	J-76	J-77	0.44	3.2	0.51	33	150	0.03	0.01	0	48	48
TL-258	J-77	J-78	0.35	3.47	0.41	33	150	0.02	0.007	0	48	48
TL-259	J-79	J-75	0.18	3.38	0.21	33	150	0.01	0.002	0	48	48
TL-260	J-78	J-79	0.26	3.37	0.31	33	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-261	J-315	J-80	0.79	3.21	0.92	33	150	0.09	0.029	0.1	48	48
TL-262	J-80	J-81	0.35	3.02	0.41	33	150	0.02	0.007	0	48	48
TL-263	J-81	J-82	0.26	3.19	0.31	33	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-264	J-83	J-345	0.09	3.31	0.1	33	150	0	0	0	48	48
TL-265	J-82	J-83	0.18	2.95	0.21	33	150	0.01	0.002	0	48	48
TL-266	J-84	J-340	0.09	3.78	0.1	33	150	0	0.001	0	48	48
TL-267	J-85	J-84	0.18	4.32	0.21	33	150	0.01	0.002	0	48	48
TL-268	J-86	J-85	0.26	3.68	0.31	33	150	0.01	0.004	0	48	48
TL-269	J-316	J-87	1.76	4.51	0.97	48	150	0.09	0.021	0.1	48	48
TL-283	FCV-18	J-105	2.81	1.04	0.9	63	150	0.01	0.013	0	48	48
TL-312	FCV-13	J-320	1.95	2.36	1.08	48	150	0.06	0.025	0.1	46	46
TL-313	J-108	J-117	0.27	5.65	0.32	33	150	0.02	0.004	0	46	47
TL-314	J-117	J-118	0.14	6.49	0.16	33	150	0.01	0.001	0	47	47

Turno 6

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-315	J-389	J-390	1.03	2.15	0.57	48	150	0.02	0.008	0	46	46
TL-316	J-379	J-387	0.47	3.41	0.55	33	150	0.04	0.011	0	46	46
TL-317	J-382	J-383	1.07	0.93	0.59	48	150	0.01	0.008	0	47	47
TL-318	J-410	J-62	0	0.59	0	75	150	0	0	0	46	46
TL-319	J-63	J-62	2.9	0.59	0.66	75	150	0	0.006	0	46	46
TL-320	J-64	J-397	2.43	1.9	0.78	63	150	0.02	0.01	0	46	46
TL-321	J-404	J-65	0.37	3.85	0.44	33	150	0.03	0.007	0	46	46
TL-322	J-65	J-69	0.28	2.77	0.33	33	150	0.01	0.004	0	46	46
TL-323	J-69	J-70	0.19	2.99	0.22	33	150	0.01	0.002	0	46	46
TL-324	J-70	J-405	0.09	3.21	0.11	33	150	0	0.001	0	46	46
TL-325	J-71	J-412	0.09	2.75	0.11	33	150	0	0.001	0	46	46
TL-326	J-72	J-71	0.19	2.99	0.22	33	150	0.01	0.002	0	46	46
TL-327	J-73	J-72	0.28	2.92	0.33	33	150	0.01	0.004	0	46	46
TL-328	J-66	J-73	0.37	3.15	0.44	33	150	0.02	0.007	0	46	46
TL-329	J-74	J-414	0.09	3.39	0.11	33	150	0	0.001	0	46	46
TL-330	J-68	J-75	0.37	2.87	0.44	33	150	0.02	0.007	0	46	46
TL-331	J-76	J-74	0.19	4.28	0.22	33	150	0.01	0.002	0	46	46
TL-332	J-75	J-76	0.28	3.45	0.33	33	150	0.01	0.004	0	46	46
TL-333	J-64	J-77	0.37	4.17	0.44	33	150	0.03	0.007	0	46	46
TL-374	FCV-20	J-392	2.95	1.78	0.95	63	150	0.03	0.014	0	46	46
TL-375	J-378	FCV-20	2.95	0.93	0.67	75	150	0.01	0.006	0	46	46
TL-376	J-62	FCV-23	2.9	0.81	0.66	75	150	0	0.006	0	46	46
TL-377	FCV-23	J-64	2.9	2.14	0.93	63	150	0.03	0.014	0	46	46
TL-378	J-415	J-114	1.16	1.85	0.64	48	150	0.02	0.01	0	47	47
TL-379	J-114	J-115	1.07	3.35	0.59	48	150	0.03	0.008	0	47	47
TL-380	J-115	J-409	0.98	0.86	0.54	48	150	0.01	0.007	0	47	47
TL-381	J-439	J-53	0.44	19.03	0.07	90	150	0	0	0	48	47
TL-385	J-390	J-404	0.47	3.14	0.55	33	150	0.03	0.011	0	46	46
TL-386	J-449	J-391	0	1.47	0	90	150	0	0	0	48	48

Turno 7

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-387	J-453	J-454	1.5	1.32	0.83	48	150	0.02	0.016	0	47	47
TL-388	J-450	J-458	0.68	4.42	0.79	33	150	0.1	0.022	0.1	35	35
TL-389	J-458	J-459	0.08	2.4	0.09	33	150	0	0	0	35	35
TL-421	J-85	J-482	0.14	5.76	0.16	33	150	0.01	0.001	0	47	47
TL-422	J-495	J-516	0.85	17.66	0.13	90	150	0	0	0	48	48
TL-423	J-92	J-478	0.05	3.98	0.06	33	150	0	0	0	36	36
TL-424	J-93	J-473	0.05	3.78	0.06	33	150	0	0	0	36	35
TL-425	J-94	J-476	0.05	4.07	0.06	33	150	0	0	0	36	36
TL-426	J-95	J-94	0.13	4.91	0.15	33	150	0.01	0.001	0	35	36
TL-427	J-96	J-95	0.21	3.65	0.24	33	150	0.01	0.002	0	35	35
TL-428	J-97	J-96	0.29	3.72	0.33	33	150	0.02	0.005	0	35	35
TL-429	J-98	J-97	0.36	4.48	0.43	33	150	0.03	0.007	0	35	35
TL-430	J-99	J-93	0.13	3.71	0.15	33	150	0	0.001	0	35	36
TL-431	J-100	J-99	0.21	4.05	0.24	33	150	0.01	0.002	0	35	35
TL-432	J-101	J-100	0.29	3	0.33	33	150	0.01	0.005	0	35	35
TL-433	J-102	J-101	0.36	3.53	0.43	33	150	0.02	0.007	0	35	35
TL-434	J-103	J-102	0.44	4.18	0.52	33	150	0.04	0.01	0	35	35
TL-435	J-58	FCV-27	4.65	1	1.05	75	150	0.01	0.014	0	47	47
TL-436	FCV-27	J-453	4.65	3.81	1.05	75	150	0.05	0.014	0.1	47	47
TL-437	J-461	PRV-42	1.8	0.79	0.99	48	150	0.02	0.022	0	51	51
TL-438	PRV-42	J-450	1.8	3.07	0.99	48	150	0.07	0.022	0.1	35	35
TL-439	J-62	J-65	1.23	5.86	0.68	48	150	0.06	0.011	0.1	47	47
TL-440	J-105	J-92	0.13	3.67	0.15	33	150	0	0.001	0	36	36
TL-441	J-106	J-105	0.21	4.34	0.24	33	150	0.01	0.003	0	35	36
TL-442	J-107	J-106	0.29	4.33	0.33	33	150	0.02	0.005	0	35	35
TL-443	J-108	J-107	0.36	3.99	0.43	33	150	0.03	0.007	0	35	35
TL-444	J-109	J-108	0.44	3.87	0.52	33	150	0.04	0.01	0	35	35
TL-445	J-110	J-109	0.52	3.87	0.61	33	150	0.05	0.014	0.1	35	35
TL-446	J-458	J-110	0.6	1.76	0.7	33	150	0.03	0.018	0	35	35
TL-448	J-515	J-457	0	1.47	0	90	150	0	0	0	49	49
TL-449	J-466	J-60	1.23	12.81	0.68	48	150	0.14	0.011	0.1	47	47
TL-450	J-466	J-481	0.14	3.36	0.16	33	150	0	0.001	0	47	47
TL-451	J-465	J-58	4.65	0.64	1.05	75	150	0.01	0.014	0	47	47
TL-452	J-450	J-98	0.44	1.99	0.52	33	150	0.02	0.01	0	35	35
TL-453	J-450	J-477	0.68	1.99	0.79	33	150	0.04	0.022	0	35	35
TL-454	J-477	J-103	0.52	1.77	0.61	33	150	0.02	0.014	0	35	35
TL-455	J-477	J-474	0.08	2.81	0.09	33	150	0	0	0	35	35

Turno 8

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-457	J-529	J-528	1.35	2.44	0.75	48	150	0.03	0.013	0	35	34
TL-458	J-600	J-546	2.7	0.84	0.61	75	150	0	0.005	0	47	47
TL-490	J-627	J-552	0.1	3.85	0.11	33	150	0	0.001	0	35	35
TL-491	J-628	J-627	0.19	3.01	0.22	33	150	0.01	0.002	0	35	35
TL-492	J-629	J-628	0.29	3.41	0.33	33	150	0.02	0.004	0	35	35
TL-493	J-630	J-629	0.38	3.15	0.45	33	150	0.02	0.008	0	35	35
TL-494	J-534	J-630	0.46	3.04	0.54	33	150	0.03	0.011	0	35	35
TL-495	J-632	J-532	0.1	2.77	0.11	33	150	0	0.001	0	35	35
TL-496	J-631	J-633	0.38	2.99	0.45	33	150	0.02	0.008	0	35	35
TL-497	J-634	J-632	0.19	3.2	0.22	33	150	0.01	0.002	0	35	35
TL-498	J-633	J-634	0.29	3.39	0.33	33	150	0.02	0.004	0	35	35
TL-499	J-636	J-533	0.1	3.15	0.11	33	150	0	0.001	0	35	35
TL-500	J-635	J-637	0.38	2.91	0.45	33	150	0.02	0.008	0	35	35
TL-501	J-637	J-638	0.29	3.1	0.33	33	150	0.01	0.004	0	35	35
TL-502	J-638	J-636	0.19	3.26	0.22	33	150	0.01	0.002	0	35	35
TL-503	J-590	J-569	0.35	17.66	0.06	90	150	0	0	0	49	48
TL-504	J-549	PRV-24	2.95	0.82	0.95	63	150	0.01	0.014	0	48	48
TL-505	PRV-24	J-539	2.95	15.16	0.95	63	150	0.22	0.014	0.2	35	35
TL-506	J-546	PRV-29	2.7	0.95	0.61	75	150	0.01	0.005	0	47	47
TL-507	PRV-29	J-529	2.7	13.84	0.87	63	150	0.17	0.012	0.2	35	35
TL-508	J-579	J-590	0.35	19.03	0.06	90	150	0	0	0	49	49
TL-509	J-619	J-620	0.29	3.69	0.33	33	150	0.02	0.004	0	35	35
TL-510	J-620	J-621	0.19	4.05	0.22	33	150	0.01	0.002	0	35	35
TL-511	J-621	J-551	0.1	4.52	0.11	33	150	0	0.001	0	35	35
TL-512	J-529	J-520	1.05	4.26	0.58	48	150	0.03	0.008	0	35	35
TL-513	J-520	J-607	0.9	4.49	0.5	48	150	0.03	0.006	0	35	35
TL-514	J-535	J-631	0.48	2.25	0.56	33	150	0.03	0.012	0	35	35
TL-515	J-535	J-635	0.48	2.38	0.56	33	150	0.03	0.011	0	35	35
TL-516	J-538	J-534	0.56	2.9	0.65	33	150	0.04	0.015	0	35	35
TL-517	J-538	J-535	1.06	5.83	0.58	48	150	0.05	0.008	0	35	35
TL-518	J-589	J-527	0	1.47	0	90	150	0	0	0	49	49
TL-519	J-537	J-599	2.7	0.64	0.61	75	150	0	0.005	0	47	47

Turno 9

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-520	J-701	J-700	0.81	3.92	0.45	48	150	0.02	0.005	0	38	38
TL-521	J-702	J-701	0.88	3.92	0.49	48	150	0.02	0.006	0	38	38
TL-522	J-681	J-702	0.95	3.92	0.52	48	150	0.03	0.007	0	38	38
TL-523	J-668	J-681	1.02	2.68	0.56	48	150	0.02	0.008	0	38	38
TL-524	J-672	J-673	0.65	1.73	0.76	33	150	0.04	0.02	0	38	38
TL-525	J-654	J-699	0.61	3.92	0.71	33	150	0.07	0.018	0.1	38	38
TL-526	J-684	J-654	0.68	3.92	0.79	33	150	0.09	0.022	0.1	38	38
TL-527	J-700	J-684	0.74	3.92	0.87	33	150	0.1	0.026	0.1	38	38
TL-528	J-676	J-716	0.71	4.49	0.83	33	150	0.11	0.024	0.1	38	38
TL-529	J-821	J-672	1.65	4.57	0.91	48	150	0.08	0.019	0.1	38	38
TL-530	J-671	PRV-39	2.3	0.99	0.52	75	150	0	0.004	0	52	52
TL-531	J-669	J-668	2.1	1.24	0.67	63	150	0.01	0.008	0	38	38
TL-532	PRV-39	J-669	2.1	2.49	0.67	63	150	0.02	0.008	0	38	38
TL-533	J-667	J-715	0.07	5.78	0.08	33	150	0	0	0	37	37
TL-534	J-706	J-709	0.29	4.01	0.34	33	150	0.02	0.004	0	38	38
TL-535	J-661	J-667	0.14	1.19	0.17	33	150	0	0.001	0	37	37
TL-536	J-662	J-661	0.22	0.99	0.25	33	150	0	0.003	0	37	37
TL-537	J-655	J-662	0.22	1.47	0.25	33	150	0	0.003	0	37	37
TL-538	J-656	J-655	0.22	0.83	0.25	33	150	0	0.003	0	37	37
TL-539	J-680	J-656	0.29	2.41	0.34	33	150	0.01	0.005	0	37	37
TL-540	J-679	J-680	0.36	3.3	0.42	33	150	0.02	0.007	0	38	37
TL-541	J-659	J-679	0.43	2.32	0.5	33	150	0.02	0.01	0	38	38
TL-542	J-660	J-659	0.5	0.96	0.59	33	150	0.01	0.013	0	38	38
TL-543	J-657	J-660	0.5	1.22	0.59	33	150	0.02	0.013	0	38	38
TL-544	J-658	J-657	0.5	0.95	0.59	33	150	0.01	0.013	0	38	38
TL-613	J-683	J-658	0.58	2.74	0.67	33	150	0.04	0.016	0	38	38
TL-614	J-677	J-683	0.65	3.17	0.76	33	150	0.06	0.02	0.1	38	38
TL-615	J-665	J-677	0.72	2.13	0.84	33	150	0.05	0.025	0.1	38	38
TL-616	J-666	J-665	0.79	1.03	0.92	33	150	0.03	0.03	0	38	38
TL-617	J-663	J-666	0.79	1.36	0.92	33	150	0.04	0.03	0	38	38
TL-618	J-664	J-663	0.79	1.03	0.92	33	150	0.03	0.03	0	38	38

Turno 10

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-629	J-845	J-850	1.75	1.78	0.97	48	150	0.04	0.021	0	39	39
TL-630	J-850	J-838	0.64	3.49	0.74	33	150	0.07	0.02	0.1	39	39
TL-631	J-845	J-855	0.87	2.03	0.48	48	150	0.01	0.006	0	39	39
TL-632	J-850	J-863	1.03	4.19	0.57	48	150	0.03	0.008	0	39	39
TL-633	PRV-36	J-845	2.7	1.61	0.87	63	150	0.02	0.012	0	39	39
TL-634	J-875	J-876	0.16	4.55	0.19	33	150	0.01	0.002	0	41	41
TL-635	J-849	J-857	0.08	2.23	0.09	33	150	0	0	0	39	39
TL-636	J-834	J-870	0.08	4.36	0.09	33	150	0	0	0	41	41
TL-637	J-859	J-834	0.16	3.48	0.19	33	150	0.01	0.001	0	41	41
TL-638	J-868	J-859	0.24	3.92	0.28	33	150	0.01	0.003	0	41	41
TL-639	J-865	J-868	0.32	3.91	0.37	33	150	0.02	0.005	0	41	41
TL-640	J-866	J-865	0.4	3.88	0.46	33	150	0.03	0.008	0	41	41
TL-641	J-853	J-866	0.48	3.88	0.56	33	150	0.04	0.012	0	39	41
TL-642	J-837	J-853	0.56	2.81	0.65	33	150	0.04	0.015	0	39	39
TL-643	J-838	J-837	0.56	1.07	0.65	33	150	0.02	0.015	0	39	39
TL-644	J-863	J-841	0.48	3.58	0.56	33	150	0.04	0.012	0	39	41
TL-645	J-841	J-842	0.4	1.24	0.46	33	150	0.01	0.008	0	41	41
TL-646	J-842	J-846	0.4	2.58	0.46	33	150	0.02	0.008	0	41	41
TL-647	J-846	J-867	0.32	3.9	0.37	33	150	0.02	0.005	0	41	41
TL-648	J-867	J-875	0.24	4.01	0.28	33	150	0.01	0.003	0	41	41
TL-703	J-996	J-997	0.19	3.85	0.22	33	150	0.01	0.002	0	39	39
TL-704	J-990	J-992	0.29	4.01	0.34	33	150	0.02	0.005	0	39	39
TL-705	J-839	PRV-33	2.5	0.52	0.8	63	150	0.01	0.011	0	49	49
TL-706	PRV-33	J-840	2.5	0.69	0.8	63	150	0.01	0.011	0	39	39
TL-707	J-848	PRV-47	1.93	0.6	1.07	48	150	0.01	0.025	0	50	50
TL-708	PRV-47	J-849	1.93	1.09	1.07	48	150	0.03	0.025	0	39	39
TL-730	J-874	J-872	0.48	3.97	0.56	33	150	0.05	0.012	0	41	41
TL-731	J-872	J-873	0.4	3.97	0.46	33	150	0.03	0.008	0	41	41
TL-733	J-873	J-879	0.32	4.14	0.37	33	150	0.02	0.005	0	41	41
TL-734	J-879	J-843	0.24	4.13	0.28	33	150	0.01	0.003	0	41	41
TL-736	J-843	J-851	0.16	3.75	0.19	33	150	0.01	0.002	0	41	41

Turno 11

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-737	J-1029	J-1030	1	2.09	0.55	48	150	0.02	0.007	0	38	38
TL-738	J-1030	J-1057	0.93	3.92	0.51	48	150	0.02	0.006	0	38	38
TL-739	J-1055	J-1049	0.69	3.92	0.81	33	150	0.09	0.023	0.1	38	38
TL-740	J-1056	J-1055	0.77	3.92	0.9	33	150	0.11	0.028	0.1	38	38
TL-741	J-1057	J-1056	0.85	3.92	0.99	33	150	0.13	0.034	0.1	38	38
TL-742	J-1035	J-1036	0.91	3.34	0.5	48	150	0.02	0.006	0	36	36
TL-743	J-1034	J-1035	1.66	4.79	0.92	48	150	0.09	0.019	0.1	36	36
TL-744	PRV-51	J-1033	2.82	10.66	0.9	63	150	0.14	0.013	0.1	37	37
TL-745	J-1033	J-1034	2.82	3	0.9	63	150	0.04	0.013	0	37	36
TL-746	J-1052	J-1054	0.08	3.92	0.09	33	150	0	0	0	39	40
TL-747	J-1053	J-1052	0.15	3.92	0.18	33	150	0.01	0.001	0	39	39
TL-748	J-1040	J-1053	0.23	3.92	0.27	33	150	0.01	0.003	0	39	39
TL-749	J-1041	J-1040	0.31	3.84	0.36	33	150	0.02	0.005	0	39	39
TL-750	J-1051	J-1041	0.39	4	0.45	33	150	0.03	0.008	0	39	39
TL-751	J-1050	J-1051	0.46	3.92	0.54	33	150	0.04	0.011	0	38	39
TL-752	J-1048	J-1050	0.54	3.92	0.63	33	150	0.06	0.015	0.1	38	38
TL-753	J-1049	J-1048	0.62	3.92	0.72	33	150	0.07	0.019	0.1	38	38
TL-754	J-1046	J-1047	0.08	3.92	0.1	33	150	0	0	0	37	37
TL-806	J-1100	J-1121	4.89	17.66	0.77	90	150	0.11	0.007	0.1	48	48
TL-807	J-1031	PRV-46	2.31	1.04	0.74	63	150	0.01	0.009	0	49	49
TL-808	PRV-46	J-1029	2.31	1.25	0.74	63	150	0.01	0.009	0	38	38
TL-809	J-1142	J-1190	0.08	3.42	0.1	33	150	0	0	0	37	37
TL-810	J-1029	J-1064	1.16	3.56	0.64	48	150	0.03	0.01	0	38	38
TL-811	J-1029	J-1191	0.15	1.74	0.18	33	150	0	0.001	0	38	38
TL-812	J-1191	J-1065	0.08	4.02	0.09	33	150	0	0	0	38	38
TL-813	PRV-52	J-1192	1.65	0.66	0.91	48	150	0.01	0.019	0	33	33
TL-814	J-1088	PRV-52	1.65	0.74	0.91	48	150	0.01	0.019	0	49	49
TL-837	J-1145	J-1144	0.25	3.93	0.29	33	150	0.01	0.003	0	36	36
TL-838	J-1146	J-1145	0.33	3.92	0.39	33	150	0.02	0.006	0	36	36
TL-839	J-1147	J-1146	0.41	4.1	0.48	33	150	0.04	0.009	0	36	36
TL-840	J-1148	J-1150	0.33	4.14	0.39	33	150	0.02	0.006	0	36	36

Turno 12

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-842	J-1223	J-1222	0.62	3.95	0.72	33	150	0.07	0.019	0.1	38	38
TL-843	J-1219	J-1224	0.83	4.13	0.97	33	150	0.13	0.032	0.1	38	38
TL-844	J-1220	J-1219	0.93	3.75	0.51	48	150	0.02	0.006	0	38	38
TL-845	J-1231	J-1226	1.96	7.28	1.08	48	150	0.19	0.026	0.2	39	39
TL-846	J-1226	J-1225	1.86	5.41	1.03	48	150	0.13	0.023	0.1	39	38
TL-847	J-1215	J-1216	0.1	3.08	0.12	33	150	0	0.001	0	40	39
TL-848	PRV-53	J-1231	3.1	16.47	0.99	63	150	0.26	0.016	0.3	37	39
TL-849	J-1297	J-1243	0.13	5	0.15	33	150	0.01	0.001	0	39	39
TL-850	J-1298	J-1297	0.26	5.26	0.3	33	150	0.02	0.004	0	39	39
TL-851	J-1241	J-1298	0.39	6	0.45	33	150	0.05	0.008	0	38	39
TL-852	J-1240	J-1299	0.64	11.49	0.75	33	150	0.23	0.02	0.2	38	38
TL-853	J-1299	J-1241	0.52	3.64	0.6	33	150	0.05	0.013	0	38	38
TL-854	J-1301	J-1300	0.77	4.85	0.9	33	150	0.14	0.028	0.1	39	39
TL-855	J-1302	J-1301	0.9	4.52	0.5	48	150	0.03	0.006	0	39	39
TL-856	J-1244	J-1302	1.03	5.24	0.57	48	150	0.04	0.008	0	38	39
TL-857	J-1303	J-1304	0.39	6.86	0.45	33	150	0.05	0.008	0.1	39	39
TL-858	J-1305	J-1249	0.13	5.06	0.15	33	150	0.01	0.001	0	39	39
TL-859	J-1304	J-1305	0.26	5	0.3	33	150	0.02	0.004	0	39	39
TL-860	J-1306	J-1244	1.16	5.27	0.64	48	150	0.05	0.01	0.1	38	38
TL-861	J-1307	J-1247	0.13	2.92	0.15	33	150	0	0.001	0	38	38
TL-862	J-1308	J-1307	0.26	4.1	0.3	33	150	0.02	0.004	0	38	38
TL-863	J-1309	J-1308	0.39	4.19	0.45	33	150	0.03	0.008	0	39	38
TL-864	J-1310	J-1309	0.52	4.91	0.6	33	150	0.07	0.013	0.1	39	39
TL-865	J-1311	J-1310	0.64	5.04	0.75	33	150	0.1	0.02	0.1	39	39
TL-895	J-1262	J-1283	4.59	17.66	0.72	90	150	0.1	0.006	0.1	48	48
TL-896	J-1328	PRV-54	3.72	1.27	1.19	63	150	0.03	0.022	0	49	49
TL-897	PRV-54	J-1327	3.72	0.74	1.19	63	150	0.02	0.022	0	38	38
TL-903	J-1230	J-1314	1.29	6.43	0.71	48	150	0.08	0.012	0.1	38	38
TL-904	J-1314	J-1313	1.16	5.26	0.64	48	150	0.05	0.01	0.1	38	38
TL-905	J-1315	J-1246	0.1	4.48	0.12	33	150	0	0.001	0	40	40
TL-906	J-1316	J-1315	0.21	4.89	0.24	33	150	0.01	0.002	0	39	40

Turno 13

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-907	J-1358	J-1449	0.01	1.5	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-908	J-1448	J-1398	0.04	2.59	0.05	33	150	0	0	0	14	14
TL-909	J-1398	J-1358	0.03	1.57	0.03	33	150	0	0	0	14	14
TL-910	J-1517	J-1496	0.01	1.42	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-911	J-1517	J-1448	0.08	1.14	0.09	33	150	0	0	0	14	14
TL-912	J-1425	J-1426	0.23	2.1	0.27	33	150	0.01	0.003	0	14	14
TL-913	J-1461	J-1402	0.25	4.03	0.3	33	150	0.01	0.004	0	14	14
TL-914	J-1402	J-1403	0.24	1.65	0.28	33	150	0.01	0.003	0	14	14
TL-915	J-1403	J-1495	0.23	6.85	0.26	33	150	0.02	0.003	0	14	13
TL-916	J-1468	J-1469	0.01	3.99	0.02	33	150	0	0	0	14	14
TL-917	J-1399	J-1416	0.06	6.39	0.07	33	150	0	0	0	13	12
TL-918	J-1353	J-1440	0	6.95	0	33	150	0	0	0	15	15
TL-919	J-1336	J-1501	0.01	9.11	0.02	33	150	0	0	0	14	14
TL-920	J-1458	J-1459	0.01	4.25	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-921	J-1454	J-1453	0.01	3.6	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-922	J-1398	J-1397	0.01	3.32	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-923	J-1450	J-1451	0.01	3.03	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-924	J-1484	J-1483	0.01	6.41	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-925	J-1363	J-1343	0.04	0.94	0.04	33	150	0	0	0	14	14
TL-926	J-1369	J-1368	0.01	1.32	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-927	J-1408	J-1470	0.01	4.96	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-1081	PRV-5	J-1383	0.78	0.65	0.91	33	150	0.02	0.029	0	13	13
TL-1082	J-1612	PRV-7	0.72	1.38	0.85	33	150	0.03	0.025	0	26	26
TL-1083	J-1649	J-1436	0	5.93	0	33	150	0	0	0	14	14
TL-1084	J-1484	J-1517	0.1	3.07	0.12	33	150	0	0.001	0	14	14
TL-1085	PRV-14	J-1468	0.54	2.93	0.63	33	150	0.04	0.014	0	14	14
TL-1086	PRV-15	J-1410	0.31	1.05	0.36	33	150	0.01	0.005	0	14	14
TL-1225	J-1351	J-1589	0.16	11.22	0.19	33	150	0.02	0.002	0	14	14
TL-1226	PRV-1	J-1649	0.65	2.22	0.75	33	150	0.04	0.02	0	14	14
TL-1227	J-1716	PRV-1	0.64	0.91	0.75	33	150	0.02	0.02	0	28	28
TL-1228	J-1382	PRV-5	0.78	0.83	0.91	33	150	0.02	0.029	0	26	26

Turno 14

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-1229	J-1739	J-1740	0.55	4.2	0.64	33	150	0.06	0.015	0.1	13	13
TL-1230	J-1745	J-1746	0.34	6.33	0.39	33	150	0.04	0.006	0	14	13
TL-1231	J-1760	J-1761	0.59	21.25	0.69	33	150	0.36	0.017	0.4	12	12
TL-1232	J-1724	J-1725	0.04	1.15	0.04	33	150	0	0	0	13	13
TL-1233	J-1728	J-1727	0.01	1.36	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-1234	J-1808	J-1815	0.1	3.85	0.12	33	150	0	0.001	0	13	13
TL-1235	J-1795	J-1774	0.2	17.66	0.03	90	150	0	0	0	29	29
TL-1236	J-1818	J-1817	0.04	2.1	0.04	33	150	0	0	0	13	13
TL-1237	J-1821	J-1733	0.01	1.41	0.01	33	150	0	0	0	12	13
TL-1238	J-1820	J-1822	0.04	1.59	0.04	33	150	0	0	0	13	13
TL-1239	J-1822	J-1821	0.03	1.39	0.03	33	150	0	0	0	13	12
TL-1240	J-1823	J-1820	0.05	1.51	0.06	33	150	0	0	0	13	13
TL-1241	J-1825	J-1749	0.01	2.32	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-1242	J-1750	J-1825	0.6	7.49	0.7	33	150	0.13	0.018	0.1	13	13
TL-1243	J-1826	J-1757	0.39	7	0.45	33	150	0.06	0.008	0.1	13	13
TL-1244	J-1825	J-1826	0.4	2	0.47	33	150	0.02	0.008	0	13	13
TL-1245	J-1827	J-1812	0.18	3.79	0.2	33	150	0.01	0.002	0	13	13
TL-1246	J-1813	J-1827	0.19	2.31	0.22	33	150	0	0.002	0	13	13
TL-1247	J-1828	J-1811	0.15	1.78	0.18	33	150	0	0.001	0	13	13
TL-1248	J-1812	J-1828	0.16	4.72	0.19	33	150	0.01	0.002	0	13	13
TL-1249	J-1811	J-1829	0.14	3.55	0.16	33	150	0	0.001	0	13	13
TL-1250	J-1830	J-1813	0.31	3.91	0.37	33	150	0.02	0.005	0	13	13
TL-1251	J-1814	J-1830	0.33	4.01	0.38	33	150	0.02	0.006	0	13	13
TL-1252	J-1719	J-1760	1.18	15.89	1.38	33	150	0.98	0.062	1	13	12
TL-1253	J-1760	J-1756	0.59	2.69	0.69	33	150	0.05	0.017	0	12	12
TL-1254	PRV-19	J-1750	0.6	1.07	0.7	33	150	0.02	0.018	0	13	13
TL-1282	PRV-19	J-1742	1.1	3.44	0.61	48	150	0.03	0.009	0	13	13
TL-1283	J-1806	PRV-19	1.1	2.09	0.61	48	150	0.02	0.009	0	28	28
TL-1284	PRV-21	J-1719	1.18	3.96	1.38	33	150	0.25	0.062	0.2	13	13
TL-1285	J-1735	PRV-21	1.18	0.91	0.65	48	150	0.01	0.01	0	28	28
TL-1286	J-1804	PRV-22	1.04	0.89	0.57	48	150	0.01	0.008	0	28	28

Turno 15

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-1287	J-1842	J-1843	0.01	2.32	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-1288	J-1853	J-1852	0.01	3.97	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-1322	J-1950	J-1961	0.02	9.97	0.03	33	150	0	0	0	13	13
TL-1323	J-1962	J-1955	0.2	1.74	0.23	33	150	0	0.002	0	13	13
TL-1324	J-1962	J-1872	0.01	1.9	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-1325	J-1967	J-1863	0.17	1.69	0.19	33	150	0	0.002	0	13	13
TL-1326	J-1966	J-1967	0.18	2.88	0.21	33	150	0.01	0.002	0	13	13
TL-1327	PRV-25	J-1858	1.24	4.15	1.45	33	150	0.28	0.068	0.3	13	13
TL-1328	J-1859	PRV-25	1.24	0.68	0.69	48	150	0.01	0.011	0	28	28
TL-1329	J-1865	PRV-26	0.72	0.95	0.4	48	150	0	0.004	0	28	28
TL-1330	PRV-26	J-1854	0.72	7.63	0.84	33	150	0.19	0.025	0.2	13	13
TL-1331	J-1940	PRV-28	0.89	1.26	0.49	48	150	0.01	0.006	0	28	28
TL-1332	PRV-28	J-1879	0.89	11.06	1.04	33	150	0.41	0.037	0.4	13	12
TL-1333	J-1863	J-1965	0.06	3.46	0.07	33	150	0	0	0	13	13
TL-1334	J-1879	J-1941	0.59	3.88	0.7	33	150	0.07	0.017	0.1	12	12
TL-1335	J-1941	J-1975	0.55	2.97	0.64	33	150	0.04	0.015	0	12	12
TL-1336	J-1975	J-1974	0.5	3.03	0.59	33	150	0.04	0.013	0	12	12
TL-1337	J-1973	J-1976	0.4	2.89	0.47	33	150	0.02	0.008	0	12	12
TL-1338	J-1976	J-1972	0.36	2.72	0.42	33	150	0.02	0.007	0	12	12
TL-1339	J-1970	J-1977	0.32	1.53	0.38	33	150	0.01	0.006	0	12	12
TL-1340	J-1969	J-1978	0.26	1.07	0.31	33	150	0	0.004	0	12	12
TL-1341	J-1971	J-1979	0.29	2.04	0.33	33	150	0.01	0.004	0	12	12
TL-1342	J-1979	J-1969	0.27	3.46	0.32	33	150	0.01	0.004	0	12	12
TL-1343	J-1978	J-1980	0.25	2.04	0.29	33	150	0.01	0.004	0	12	12
TL-1344	J-1980	J-1895	0.24	4.69	0.28	33	150	0.02	0.003	0	12	13
TL-1345	J-1877	J-1981	0.75	0.92	0.87	33	150	0.02	0.026	0	28	28
TL-1346	J-1981	PRV-31	0.75	0.67	0.87	33	150	0.02	0.027	0	28	28
TL-1347	PRV-31	J-1878	0.75	12.35	0.87	33	150	0.33	0.026	0.3	13	13
TL-1348	J-1982	J-35	0.01	0.92	0.01	33	150	0	0	0	12	12
TL-1349	J-1983	J-1982	0.02	1.17	0.03	33	150	0	0	0	12	12
TL-1421	J-2016	J-1894	0.41	4.27	0.48	33	150	0.04	0.009	0	12	12
TL-1422	PRV-32	J-2017	0.54	10.76	0.63	33	150	0.16	0.015	0.2	13	13
TL-1352	J-1986	J-1985	0.02	1.1	0.03	33	150	0	0	0	12	12

Turno 16

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-1460	PRV-38	J-2091	0.5	7.81	0.58	33	150	0.1	0.013	0.1	14	12
TL-1461	J-2055	J-2105	0.01	1.74	0.01	33	150	0	0	0	12	12
TL-1443	J-2129	J-2150	1.16	17.66	0.18	90	150	0.01	0	0	28	28
TL-1444	J-2102	PRV-41	0.97	1.6	0.54	48	150	0.01	0.007	0	31	31
TL-1464	J-2052	J-2202	0.09	1.76	0.11	33	150	0	0.001	0	12	12
TL-1465	J-2202	J-2201	0.08	2.15	0.09	33	150	0	0	0	12	12
TL-1466	J-2079	J-2095	0.04	2.4	0.05	33	150	0	0	0	14	14
TL-1467	J-2068	J-2075	0.73	3.01	0.85	33	150	0.08	0.025	0.1	14	14
TL-1468	J-2079	J-2068	0.75	2.23	0.87	33	150	0.06	0.027	0.1	14	14
TL-1469	J-2175	J-2204	0.45	2.44	0.53	33	150	0.03	0.01	0	15	15
TL-1470	J-2204	J-2205	0.44	4.86	0.51	33	150	0.05	0.01	0	15	15
TL-1471	J-2205	J-2176	0.43	1.87	0.5	33	150	0.02	0.009	0	15	15
TL-1472	J-2206	J-2082	0.01	2.52	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-1473	J-2209	J-2210	0.03	1.62	0.03	33	150	0	0	0	12	12
TL-1474	J-2213	J-2087	0.01	2.1	0.01	33	150	0	0	0	13	13
TL-1475	PRV-35	J-2196	1.02	2.86	1.2	33	150	0.14	0.047	0.1	14	14
TL-1476	J-2096	PRV-35	1.02	0.68	1.2	33	150	0.03	0.047	0	29	29
TL-1477	J-2215	J-2097	0.2	10.83	0.23	33	150	0.03	0.002	0	14	12
TL-1478	PRV-37	J-2215	0.8	1.04	0.94	33	150	0.03	0.03	0	14	14
TL-1479	J-2215	J-2077	0.6	1.98	0.7	33	150	0.03	0.018	0	14	14
TL-1480	J-2216	J-2098	0.19	2.08	0.22	33	150	0	0.002	0	14	14
TL-1481	J-2217	J-2099	0.19	2.46	0.22	33	150	0	0.002	0	14	14
TL-1482	J-2216	J-2217	0.19	5.06	0.22	33	150	0.01	0.002	0	14	14
TL-1483	PRV-41	J-2218	0.97	4.43	1.13	33	150	0.19	0.043	0.2	14	14
TL-1484	J-2218	J-2092	0.36	2.92	0.42	33	150	0.02	0.007	0	14	14
TL-1485	J-2219	J-2043	0.61	2.38	0.71	33	150	0.04	0.018	0	14	14
TL-1486	J-2218	J-2219	0.61	2.73	0.71	33	150	0.05	0.018	0	14	14
TL-1487	J-2220	J-2073	0.68	4.41	0.8	33	150	0.1	0.022	0.1	15	15
TL-1488	J-2093	J-2220	0.69	2.72	0.81	33	150	0.06	0.023	0.1	14	15
TL-1489	J-2115	J-2221	0.65	1.99	0.76	33	150	0.04	0.02	0	15	15
TL-1490	J-2221	J-2178	0.64	2.18	0.75	33	150	0.04	0.02	0	15	15
TL-1491	J-2177	J-2222	0.57	1.59	0.67	33	150	0.03	0.016	0	15	15
TL-1492	J-2222	J-2175	0.46	1.91	0.54	33	150	0.02	0.011	0	15	15

Turno 17

Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (m)	Velocity (m/s)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Headloss (m)	Headloss Gradient (m/m)	Pressure Loss (m H2O)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)
TL-1624	PRV-48	J-2347	0.58	8.74	0.67	33	150	0.14	0.016	0.1	14	14
TL-1625	PRV-45	J-2341	0.69	5.71	0.81	33	150	0.13	0.023	0.1	15	15
TL-1626	J-2332	J-2331	0.34	2.71	0.4	33	150	0.02	0.006	0	14	14
TL-1627	J-2342	J-2332	0.34	5.53	0.4	33	150	0.04	0.006	0	15	14
TL-1628	J-2308	J-2309	0.01	1.02	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-1629	J-2303	J-2302	0.01	1.04	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-1630	J-2310	J-2311	0.01	1	0.01	33	150	0	0	0	15	15
TL-1631	J-2304	J-2305	0.01	0.91	0.01	33	150	0	0	0	15	15
TL-1632	J-2294	J-2295	0.01	0.8	0.01	33	150	0	0	0	15	15
TL-1633	J-2299	J-2321	0.1	1.72	0.11	33	150	0	0.001	0	15	15
TL-1634	J-2312	J-2300	0.33	1.04	0.39	33	150	0.01	0.006	0	15	15
TL-1635	J-2300	J-2301	0.33	0.86	0.38	33	150	0	0.006	0	15	15
TL-1636	J-2301	J-2306	0.32	1.52	0.37	33	150	0.01	0.005	0	15	15
TL-1637	J-2306	J-2307	0.31	0.97	0.36	33	150	0	0.005	0	15	15
TL-1638	J-2307	J-2313	0.3	1.08	0.35	33	150	0.01	0.005	0	15	15
TL-1639	J-2313	J-2314	0.29	1.17	0.34	33	150	0.01	0.005	0	15	15
TL-1640	J-2314	J-2320	0.28	1.7	0.33	33	150	0.01	0.004	0	15	15
TL-1641	J-2320	J-2318	0.12	1.81	0.14	33	150	0	0.001	0	15	15
TL-1642	J-2318	J-2298	0.11	1.69	0.13	33	150	0	0.001	0	15	15
TL-1643	J-2298	J-2299	0.05	0.84	0.06	33	150	0	0	0	15	15
TL-1686	J-2298	J-2299	0.05	0.84	0.06	33	150	0	0	0	15	15
TL-1687	J-2420	J-2421	0.07	1.21	0.08	33	150	0	0	0	15	15
TL-1688	J-2384	J-2405	2.9	17.66	0.46	90	150	0.04	0.002	0	26	26
TL-1689	J-2341	J-2342	0.34	1.16	0.4	33	150	0.01	0.006	0	15	15
TL-1676	PRV-49	J-2346	0.84	7.99	0.98	33	150	0.26	0.033	0.3	15	15
TL-1677	J-2419	PRV-50	0.63	0.88	0.74	33	150	0.02	0.019	0	26	26
TL-1678	PRV-50	J-2457	0.63	2.31	0.74	33	150	0.04	0.019	0	15	15
TL-1727	PRV-43	J-2489	1.12	3.73	1.31	33	150	0.21	0.056	0.2	15	15
TL-1748	PRV-44	J-2505	0.45	7.73	0.52	33	150	0.08	0.01	0.1	15	15
TL-1790	J-2330	J-2362	0.01	1.39	0.01	33	150	0	0	0	14	14
TL-1791	J-2496	J-2330	0.07	1.34	0.08	33	150	0	0	0	14	14
TL-1792	J-2308	J-2501	0.06	1.07	0.07	33	150	0	0	0	14	14
TL-1793	J-2502	J-2308	0.08	0.8	0.09	33	150	0	0	0	14	14

Anexo 6: Elementos e indicadores para la automatización

- Especificaciones técnicas de sensores

-Sensor de caudal FS 300PBSP

CARACTERÍSTICAS

- Los programadores de la serie ESP-LX pueden aceptar la conexión directa de un sensor de caudal FS sin necesidad de transmisor.
- En el ESP-LXD, el sensor de caudal debe conectarse al módulo Flow Smart, con un decodificador de sensor SD-210.
- Para los programadores ESP-LXM/LXME debe instalarse un módulo FSM opcional.
- Para el programador de decodificadores MDC, y el sistema de decodificadores Maxi (Maxicom2® y SiteControl™ y Sistemas centralizados de Golf en versión de decodificadores).
- El sensor de caudal FS debe instalarse con un decodificador de sensor SD-210 - No se necesita transmisor.

ESPECIFICACIONES

- **Sensores**
 - Diseño de impulsos simple de seis palas
 - Preinstalado en T.
 - Diseñado para aplicaciones de exterior y enterradas.
- **Especificaciones**
 - Precisión: $\pm 1\%$ (escala completa)
 - Velocidad: 0,15 - 9,2 metros por segundo, dependiendo del modelo
 - Presión: 6,9 bar (máx)
 - Temperatura: 60° C (máx.)

MODELOS

- **Sensores**
 - FS100PBSP
 - FS150PBSP
 - FS200PBSP
 - FS300PBSP
 - FS400PBSP



GAMA DE FUNCIONAMIENTO SUGERIDA PARA SENSORES DE CAUDAL RAIN BIRD

La tabla siguiente indica el rango de caudal sugerido para Sensores de caudal Rain Bird. Los sensores de caudal Rain Bird funcionan por encima y por debajo del caudal indicado. Sin embargo, son las prácticas de diseño adecuadas las que dictan el uso de esta gama para lograr su mejor rendimiento. El tamaño de los sensores dependerá más del caudal que del tamaño de las tuberías.

Modelos	DN	Ø	Rango de funcionamiento (m³/h) recomendado
FS100PBSP	25	32 mm	1.2 - 12.2
FS150PBSP	40	50 mm	1.1 - 22.7
FS200PBSP	50	65 mm	2.3 - 45.4
FS300PBSP	80	90 mm	4.5 - 68.1
FS400PBSP	100	110/125 mm	9.1 - 113.6

-Sensor de humedad

Operating Specifications

- 25 Volts AC at 12W
- Operating temperature range: -4°F to 158°F (-20°C to 70°C)
- Survival temperature range: -40°F to 185°F (-40°C to 85°C)
- UL, CUL, C-TICK certifications

Dimensions

Sensor Control

- Overall Width: 3.0" (76mm)
- Overall Height: 3.0" (76mm)
- Overall Depth: 0.75" (19mm)

In-Ground Soil Moisture Sensor

(without wires)

- Overall Width: 2.0" (50mm)
- Overall Length: 8.0" (200mm)
- Overall Depth: 0.5" (12mm)

SMRT-Y Kit

Includes

- Controller User Interface
- In-Ground Soil Moisture Sensor
- Anodized, rust-proof screws, 1.5" (two per package)
- Wire nuts – 5 blue, 2 gray, 1 yellow
- Multilingual instruction manual, "Quick Start" Guide and sticker that reads: "This controller is connected to a Rain Bird Soil Moisture Sensor"

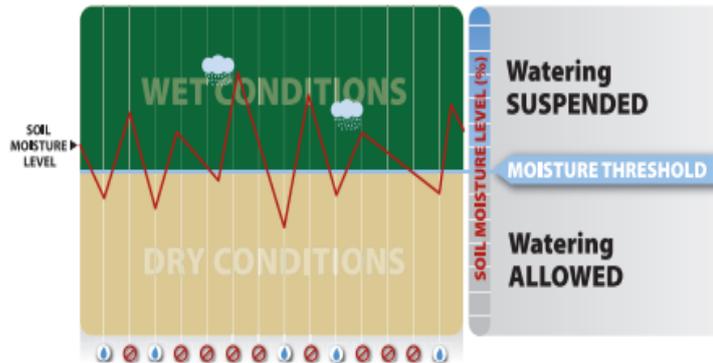
Technical Specifications

The SMRT-Y Soil Moisture Sensor shall be a watering control device for use with a standard 24-Volt AC irrigation controller. It shall take digital readings every 10 minutes of soil Volumetric Water Content (VWC) utilizing advanced Time Domain Transmissometry (TDT) digital signal processing that delivers accurate readings independent of soil temperature and electrical conductivity.

It shall consist of a 304 stainless steel digital Soil Moisture Sensor and a User Interface. In operation, the SMRT-Y Soil Moisture Sensor shall only allow a programmed watering cycle when the soil moisture drops below a set moisture threshold. When the moisture

is above that threshold, the SMRT-Y Soil Moisture Sensor shall suspend the normal watering cycle by interrupting the common line to the valve solenoids.

Features shall include automatic setting of soil moisture threshold with increase/decrease adjustment as well as bypass mode. User interface shall enable instant readings of soil moisture, temperature and electrical conductivity plus review of 7-cycle watering history. The SMRT-Y Soil Moisture Sensor shall be sold by Rain Bird Corporation.



-Señor de lluvia WR2

Sensor inalámbrico de lluvia/heladas

- Diseñado para sistemas de riego residenciales y comerciales de 24 VCA
- Dispositivo inteligente para la cancelación del riego. La lógica de programación del WRS puede suspender el riego cuando la lluvia caida supera una cantidad programada. Del mismo modo, el sensor de lluvia / heladas inalámbrico suspenderá el riego cuando el sistema alcance una temperatura inferior a la temperatura programada
- El indicador LED del sensor permite la configuración por una sola persona, reduciendo el tiempo de instalación



CARACTERÍSTICAS

• Ahorro de agua

- Ahorra agua y prolonga la vida útil del sistema de riego detectando automáticamente las precipitaciones e interrumpiendo el riego durante periodos de lluvia y/o con temperaturas extremadamente bajas
- La función de "Apagado rápido" suspende el riego cuando se producen precipitaciones
- Cómodo ajuste y monitorizado de los ajustes de lluvia y heladas en la interfaz del programador

• Fiable y fácil de utilizar

- La intuitiva interfaz del programador con iconos simplifica la programación
- Una antena mejorada proporciona una excelente señal que supera la mayor parte de los obstáculos
- Cambio de baterías sin necesidad de herramientas y sin tener que desmontar el sensor
- El soporte del sensor se instala fácilmente gracias a su sistema de autnivelación. Se puede montar en superficies planas o canalones
- Fabricado en polímero de alta resistencia protegido contra los rayos UV. Soporta los entornos más adversos

ESPECIFICACIONES

Ajustes de precipitaciones de 3 a 19 mm

Ajuste de bajas temperaturas de 0,5° a 5°C (Sólo modelo de lluvia/heladas)

Se pueden seleccionar tres modos de riego:

Programado, Riego suspendido durante 72 horas,

Anulación de sensor durante 72 horas

La interfaz se suministra con 76,2 cm de cable para la conexión al programador

Alcance de comunicación del sensor WR2 inalámbrico: superior a 90 m



ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

Adecuado para la utilización con programadores de 24VCA (con o sin arranque de bomba / válvula maestra)

Capacidad eléctrica adecuada para la utilización con hasta seis solenoides de 24VCA 7VA más una válvula maestra adicional o arranque con bomba que no supere 53VA

Cable de interfaz de programador: 76 cm de longitud de cable de 0,64 mm resistente a los rayos UV

La antena se ajusta para mantener una transmisión óptima de la intensidad de la señal reduciendo el consumo de energía

Duración de la batería: tres o cuatro años bajo condiciones normales de funcionamiento

Protección contra sobrecargas / rayos de 6 KV

DIMENSIONES

Interfaz de programador WR2

Anchura: 7,9 cm

Longitud: 17,2 cm

Fondo: 3,3 cm

Distancia entre orificios de montaje: 15,9 cm

Conjunto de sensor WR2

Longitud del sensor: 14,7 cm

Longitud del soporte de fijación: 11,7 cm

Distancia entre orificios de montaje: 10,8 cm

Desplazamiento horizontal (soporte + brazo de bola fijo): 14,0 cm

MODELOS

WR2-RC: Conjunto de lluvia

WR2-RFC: Conjunto de lluvia/heladas

FUENTE: Catálogo Rain Bird (2019)

- Indicadores LED, puerto IQ - estado de transmisión de datos

Estado del LED	Estado del NCC-RS	Estado del NCC-PH	Estado del NCC-EN	Estado del NCC-GP	Estado del NCC-WF
Oscuro	Puerto desactivado	Puerto desactivado	Puerto desactivado	Puerto desactivado	Puerto desactivado
Rojo fijo	N/C	Extensión en uso	Conectado a red activa (dirección de IP predeterminada)	No hay tarjeta SIM instalada	Conectado a red activa (dirección de IP predeterminada) o SSID
Rojo intermitente	No hay conexión de ordenador IQ/no se detectó módem de radio	Preparado, no se detectó voltaje	No hay conexión al cable/interruptor	No hay señal RF de la antena de telefonía móvil	No hay conexión al punto de acceso
Amarillo fijo	Conexión de ordenador IQ/módem de radio detectado, sin conexión a IQ	Preparado, línea conectada	Conectado a red activa y con dirección de IP válida, pero sin autenticar	Conectado a la antena de telefonía móvil	Conectado a red activa y con dirección de IP válida, pero sin autenticar
Amarillo intermitente	Conectado a IQ pero sin completar autenticación	Descolgado, contestando, marcando	Recibiendo datos pero no está autenticado	Recibiendo datos pero no está autenticado	Recibiendo datos pero no está autenticado
Verde fijo	Autenticado con IQ pero no se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ pero no se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ pero no se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ pero no se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ pero no se están enviando/recibiendo datos
Verde intermitente	Autenticado con IQ y se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ y se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ y se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ y se están enviando/recibiendo datos	Autenticado con IQ y se están enviando/recibiendo datos
Rojo/amarillo intermitentes (sincronización de los 3 LED)	Reinstalación o restablecimiento	Reinstalación o restablecimiento	Reinstalación o restablecimiento	Reinstalación o restablecimiento	Reinstalación o restablecimiento

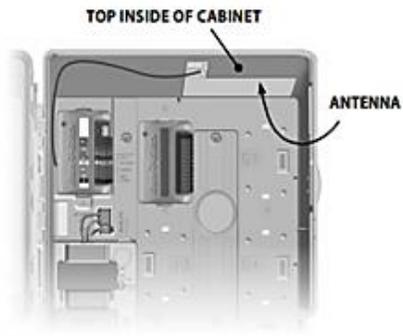
FUENTE: Guía de funcionamiento controlador LXD (2015)

Anexo 7: Instalación y configuración del cartucho de comunicación de red IQ-WF

1 Install Internal Antena WiFi

• (Plastic case cabinet only)

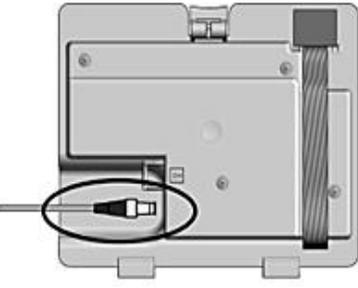
TOP INSIDE OF CABINET



ANTENNA

2 Cellular Antenna Connection

• External cellular antenna required for metal cabinets



3 Configure Cartridge

• See User-manual for Server/ Client Configurations

For LX-D and LX-ME:

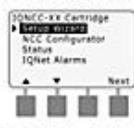
- Turn the controller dial to ETM/IQ Settings.



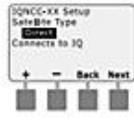
For LX-IVM:

- Turn the controller dial to Advanced Settings and choose Configure Cartridge.

① The IQ Settings main menu is displayed. Use the UP or DOWN arrows to select Setup Wizard; press Next.



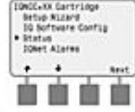
② The Setup - Satellite Type screen is displayed. Use + or - to select Direct; press Next.



4 Verify Cellular Connections

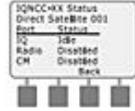
• IQ port status should be IDLE

① The IQ Settings main menu is displayed. Use the UP or DOWN arrows to select Status; press Next.



NOTE: Cellular connection may take 10 minutes or more.

② The Satellite Status screen is displayed. Current status of IQ, Radio and CM ports are shown.



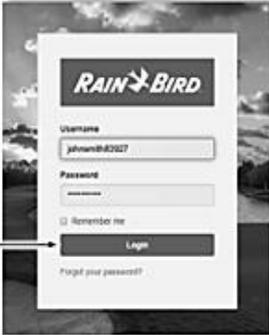
5 Get IP Address from the Sticker on the Back of the Cartridge



IQ40136
NCC 2547830927
IP Address: 10.84.177.16
SM: 9458367383094628

6 Go to IQ4.RAINBIRD.COM

① Enter User Name & Password to Logon to IQ4.



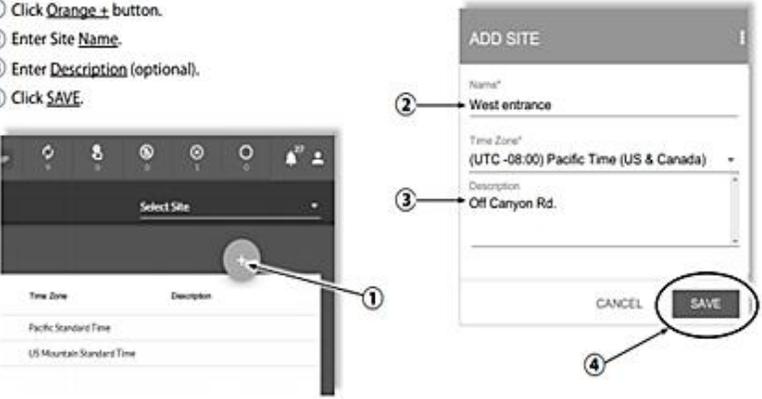
7 Add Site

① Click **Orange +** button.

② Enter Site Name.

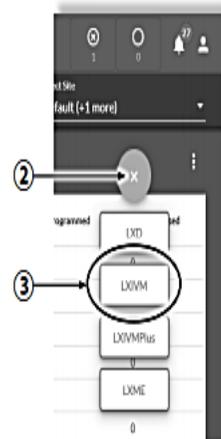
③ Enter Description (optional).

④ Click **SAVE**.



8 Add Satellite

- 1 Choose the **CONTROLLERS** Tab.
- 2 Click **Orange +** button.
- 3 Select **ESP-LX** Controller Type.



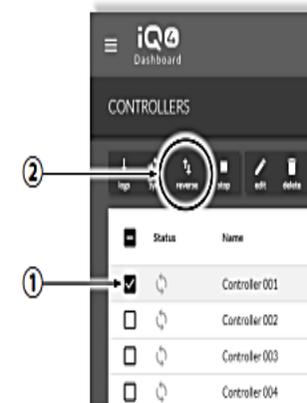
9 Select Configuration and Stations

- 1 Select **Site**.
- 2 Select **IQNet Type**.
- 3 Select **IP Connection Type**.
- 4 Enter **IP Address** from cartridge sticker.
- 5 Click **SAVE**.

The screenshot shows the 'ADD CONTROLLER' form with the following fields filled out: Name: Controller 003, Site: West entrance, Type: LX-IVM, IQNet Type: Direct Satellite, Connection Type: IP Connection, IP Address: 10.84.111.16, and Port: 50005. The 'SAVE' button is circled in orange.

10 Reverse Sync Data from Controller

- 1 Select which **Controller** to Reverse Sync.
- 2 Click the **Reverse** button.



© 2019 Rain Bird Corporation
Registered trademark of Rain Bird Corporation
P/N: 690654-02 Rev. 11/19

-Estructura tarifaria del servicio de agua potable - SEDAPAR S.A

Estructura Tarifaria del quinquenio regulatorio 2015-2020 para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de SEDAPAR S.A. Reajuste por acumulación del IPM 3.10% periodo octubre 2016 - setiembre 2018

A ÁPLICAR A PARTIR DEL SIGUIENTE CICLO DE FACTURACIÓN INMEDIATO POSTERIOR A LA PUBLICACIÓN DE LA PRESENTE RESOLUCIÓN

A. ESTRUCTURA TARIFARIA PARA LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO POR LOCALIDADES

CARGO FIJO (S/. / MES)	2.96
-------------------------------	------

a. Estructura Tarifaria de la Localidad de: Arequipa Metropolitana

Cargo por Volumen de Agua Potable		
CLASE	RANGOS	Tarifa (S/. / m3)
CATEGORIA	(m3/mes)	Reajuste 3.10%
RESIDENCIAL		
Social	0 a más	0.717
Doméstico	0 a 10	0.717
	10 a 30	1.245
	30 a más	2.865
NO RESIDENCIAL		
Comercial	0 a más	4.551
Industrial	0 a más	4.551
Estatal	0 a más	3.517

(*) Las tarifas no incluyen IGV

Cargo por Volumen de Alcantarillado		
CLASE	RANGOS	Tarifa (S/. / m3)
CATEGORIA	(m3/mes)	Reajuste 3.10%
RESIDENCIAL		
Social	0 a más	0.279
Doméstico	0 a 10	0.279
	10 a 30	0.487
	30 a más	1.120
NO RESIDENCIAL		
Comercial	0 a más	1.869
Industrial	0 a más	3.389
Estatal	0 a más	1.444

(*) Las tarifas no incluyen IGV

Asignación Máxima de Consumo

VOLUMEN ASIGNADO (m3/mes)				
Social	Doméstico	Comercial	Industrial	Estatal
15	15	15	50	95

Anexo 9: Plano del diseño paisajístico

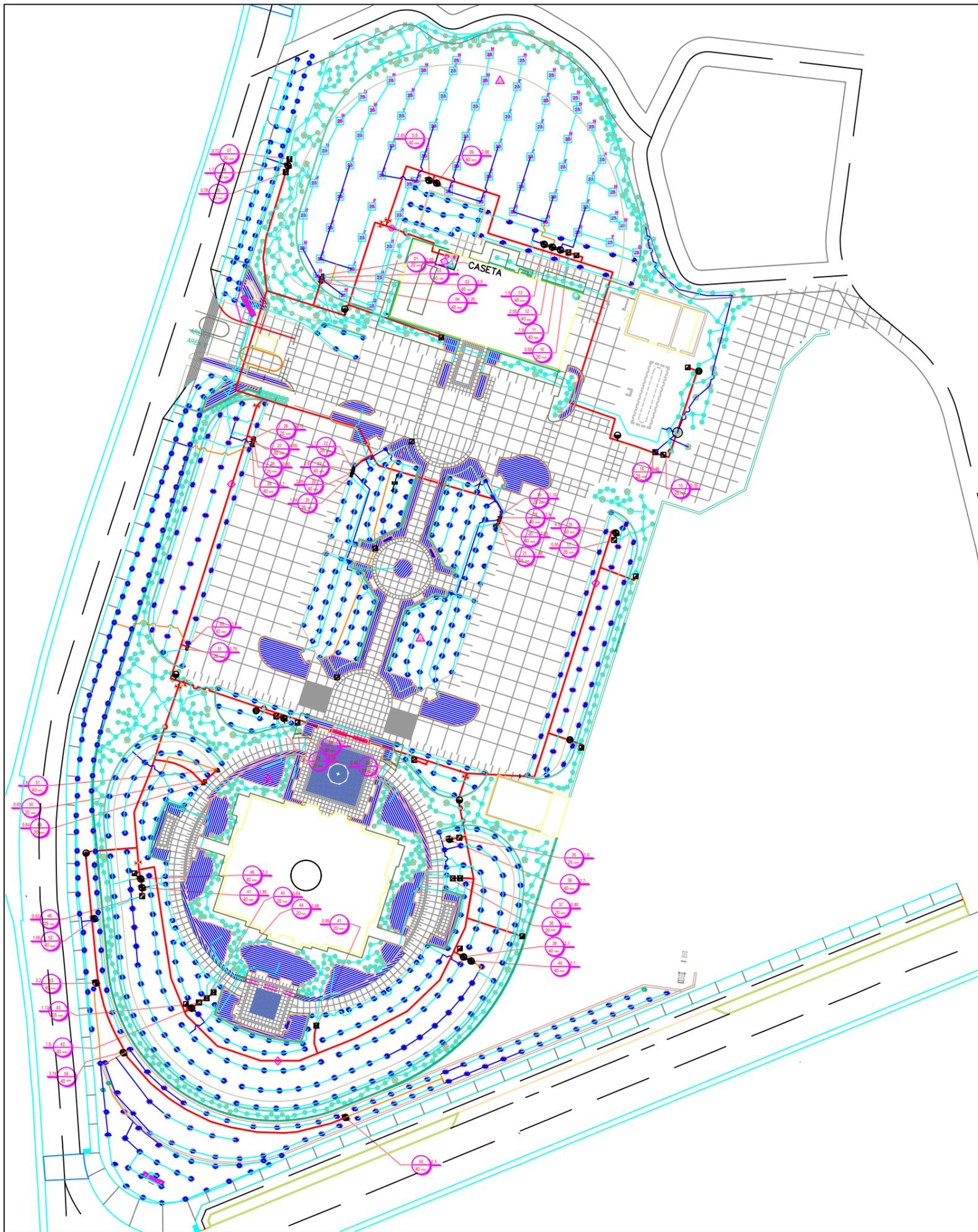


PLANTA GEN.
GENERAL PLA
ESC

PLANTAS DEL PROYECTO					
ÁRBOLES (TREES)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	DIÁMETRO (CALIPER)	ALT. RA (BR. HT.)	CAN. (QTY.)
	ACA MAC	Acacia macracantha 'Vilco' / Porknut	80 mm	1.5 m	20
	BRU ARB	Brugmansia arborea / Floripondio	80 mm	1.5 m	4
	SAM PER	Sambucus peruvian 'Sauco' / Sauco	80 mm	1.5 m	30
	EUP PUL	Euphorbia pulcherrima / Carolinense	60 mm	1.5 m	4
	FRA AME	Fraxinus americana / Fresno	80 mm	2.0 m	1
	GRE SIL	Grevillea robusta / Grevillea	80 mm	1.5 m	2
	JAC MIM	Jacaranda mimosifolia 'Jacaranda' / Jacaranda	80 mm	1.75 m	35
	LAU NOB	Laurus nobilis / Laurel Comes Fible	60 mm	1.5 m	4
	MYR COM	Myrtus communis 'Mirtó' / Myrtus	50 mm	1.0 m	48
	PAR ACU	Parkinsonia aculeata / Palo Verde	60 mm	1.75 m	4
	SCH MOL	Schinus molle 'molle serrano' / Molle Serrano	80 mm	1.75 m	4
	SEN DID	Senna didymobotrya / Mutuy	50 mm	1.5 m	12
	SYA ROM	Syagrus romanzoffiana / Cocotero	-	6.0 m	24
	TEC STA	Tecoma stans / Iluvia de Oro	60 mm	1.75 m	6
ARBUSTOS (SHRUBS)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	BOLSA (CONT.)	ALTURA (HEIGHT)	CAN. (QTY.)
	AGA AF2	Agapanthus africanus / Agapanto	Bolsa 5	0.50m	190
	CAE PUL	Caesalpinia pulcherrima / Flamboyán	Bolsa 6	0.30m	35
	CAN BUX	Cantua buxifolia / Cantuta	Bolsa 5	0.75m	123
	CAR TOM	Carissa macrocarpa 'Tomlinson' / Carissa	Bolsa 5	0.60m	424
	COP REP	Coprosma repens / Coprosma	Bolsa 5	0.60m	117
	HIB ROS	Hibiscus rosa-sinensis / Cucarda Simple	Bolsa 5	0.60m	1
	LAN MON	Lantana montevidensis / Lantana Rastrera	Bolsa 5	0.30m	89
	NER OLE	Nerium oleander / Laurel con flor blanca	Bolsa 5	0.60m	32
	NER DWA	Nerium oleander 'Dwarf' / Laurel Enano	Bolsa 5	0.60m	1
	ROS IC2	Rosa floribunda 'Iceberg' / Rosa	Bolsa 5	0.60m	123
	ROS OFF	Rosmarinus officinalis / Romero	Bolsa 5	0.50m	121
	RUS EQU	Russelia equisetiformis / Cuetecillo	Bolsa 5	0.60m	219
	SAL LEU	Salvia leucantha / Salvia Rusa	Bolsa 5	0.50m	82
	THU OCC	Thuja occidentalis 'Tjuta' / American Arborvitae	Bolsa 8	2.0m	5
	WES FRU	Westringia fruticosa / Westringia	Bolsa 5	0.60m	60

ANUARIOS/PERMANENTES (ANNUALS/PERENNIALS)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	BOLSA (CONT.)	ALTURA (HEIGHT)	CAN. (QTY.)	
	HEM FUL	Hemerocallis fulva / Flor de un día	Bolsa 3	0.30m	307	
CACTÁREAS (CACTI)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	BOLSA (CONT.)	ALTURA (HEIGHT)	CAN. (QTY.)	
	CUM SPH	Cumulopuntia Sphaerica / Choclo	Bolsa 3	0.15m	4	
ARBUSTOS NATIVOS (NATIVE SHRUBS)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	BOLSA (CONT.)	ALTURA (HEIGHT)	CAN. (QTY.)	
	MUT ARE	Mutisia arequipensis / Chinchilcumá	Bolsa 5	0.60m	42	
	PUY CYL	Puya cylindrica / Achupaya	Bolsa 5	0.60m	59	
CARNOSAS (SUCCULENTS)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	BOLSA (CONT.)	ALTURA (HEIGHT)	CAN. (QTY.)	
	AGA ATT	Agave attenuata / Agave	Bolsa 7	0.50m	20	
	ALO VER	Aloe vera / Sábila	Bolsa 3	0.30m	42	
	CRA GOL	Crassula ovata 'Gollum' / Coral Jade Plant	Bolsa 3	0.30m	22	
	KAL BLO	Kalanchoe blossfeldiana / Kalanchoe	Bolsa 3	0.15m	494	
AREA DE ARBUSTOS (HERBACEAS)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	BOLSA (CONT.)	ALTURA (HEIGHT)	ESPACIO (SPACING)	CAN. (QTY.)
	AGA AFR	Agapanthus africanus / Agapanto	Bolsa 5	0.50m	600mm	64
	GAZ RIG	Gazania rigens / Gazania	Bolsa 3	0.15m	300mm	294
	LIR MUS	Liriope muscari / Liriope Gigante	Bolsa 3	0.15m	300mm	84
	LOB MAR	Lobularia maritima / Lagrimas de la Virgen	Bolsa 3	0.15m	300mm	777
	PEP VAR	Peperomia obtusifolia 'Variegata' / Peperomia Variegada	Bolsa 3	0.15m	400mm	742
COBERTURAS DEL SUELO (GROUND COVERS)	CÓDIGO (CODE)	NOMBRE BOTÁNICO / NOMBRE COMÚN (BOTANICAL NAME / COMMON NAME)	PRODUCTO (PRODUCT)	PROF. (DEPTH)	CANTIDAD (QUANT.)	
	CES SE1	Césped americano sembrado por tepes o alfombra	Seed		7 366 m²	
	CES SE2	Césped americano sembrado por esquejes	Seed		12 153 m²	
	MAN GRA	Mantillo de Grava - Gravel Mulch / Grava de 6mm de color beige	Stone	0.10m	4 904 m²	

PROYECTO :		TEMPLO SUD	
PLANO:		PAISAJISMO GENERAL	
UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	
DEP. : AREQUIPA	1/500	JULIO 2019	
PROV. : AREQUIPA	PROPIETARIO:		
DISTR. : CAYMA	MSUD		
Elaborado por: Bach. Diego Yalle		Aprobado para tesis	Lámina: R - 1



LEYENDA DEL SISTEMA DE RIEGO	
SÍMBOLO	
	Rain Bird R-1318 RD-1804-SAM-P45-NP Boquillas rotativas ajustables para césped, 2.4 m-4.6 m. Ajusta el arco y el radio sin herramientas con RD-1800 cuerpos de aspersores. 10 cm de altura de vástago retráctil, regula la presión de desnivel de 3,1 bar. Con Flow-Shield Tecnología y cubierta para agua no potable (tapa morada). Entrada con rosca hembra NPT de 1.27 cm
	Rain Bird R-1318 RD-06-SAM-P45-NP (2) Boquillas rotativas ajustables para césped, 4 m-5.5 m. Ajusta el arco y el radio sin herramientas con RD-1800 cuerpos de aspersores. 10 cm de altura de vástago retráctil, regula la presión de desnivel de 3,1 bar. Con Flow-Shield Tecnología y cubierta para agua no potable (tapa morada). Entrada con rosca hembra NPT de 1.27 cm
	Rain Bird R-1724 RD-06-SAM-P45-NP (2) Boquillas rotativas ajustables para césped, 5.2 m-7.3 m. Ajusta el arco y el radio sin herramientas con RD-1800 cuerpos de aspersores. 10 cm de altura de vástago retráctil, regula la presión de desnivel de 3,1 bar. Con Flow-Shield Tecnología y cubierta para agua no potable (tapa morada). Entrada con rosca hembra NPT de 1.27 cm
SÍMBOLO	FABRICANTE / MODELO
	Rain Bird 5006-PL-MPR-SAM-R-NP-SS Rotor para césped, 15 cm de altura de vástago retráctil de acero inoxidable con Interrupción de flujo. Boquillas de cobertura balanceada (Boquillas MPR) 25=Rojo, 30=Verde, 35=Beige. Con regulador de presión y cubierta para agua no potable (tapa morada)
SÍMBOLO	FABRICANTE / MODELO
	Rain Bird 100-PGA-GLOBO Electroválvula modelo PGA para riego por goteo de 1 pulgada.
	Rain Bird Purgas del sistema de riego, mediante llaves de paso y tapones inyectados.
	EMISORES POR GOTEO @ ARBOLES PEQUEÑOS Rain Bird XERIBUG Radio de interior del círculo = 0.3m Radio de medio del círculo = 0.75m Radio de exterior del círculo = 2m
	EMISORES POR GOTEO @ ARBUSTOS PEQUEÑOS Rain Bird XERIBUG Radio de interior del círculo = 0.15m
	EMISORES POR GOTEO @ ARBOLES GRANDES Rain Bird XERIBUG Radio de interior del círculo = 0.3m Radio de medio del círculo = 0.9m Radio de exterior del círculo = 3m
	EMISORES POR GOTEO @ ARBUSTOS GRANDES Rain Bird XERIBUG Radio de interior del círculo = 0.15m Radio de exterior del círculo = 0.75m
	AREA QUE RECIBIRA GOTEO EN LINEA Rain Bird XFD-06-18 (18) XFD Paisaje de línea en superficie de goteo. Presión de 0.58 a 4.1 bares. Caudal de 2,3 L/h y 3.5 L/h. Líneas de goteo laterales espaciadas a 33 cm de separación, con goteros de compensación para el cambio de elevación. Manguera flexible
SÍMBOLO	MANUFACTURER/MODEL/DESCRIPTION
	Rain Bird modelo PGA Electroválvulas plásticas de riego profesional resistentes al cloro para aplicaciones de riego. Manija de control de caudal color negro. Módulo regulador de presión PRS-D, conexión en globo y ángulo. Modelos 100, 150 y 200-PGA.
	Rain Bird 5-LRC 26/34 Hidrantes o acoples rápidos de goma 2.5 cm, cuerpo de 1 pieza
	Matco-Norca 200RTD Válvula de cierre o aislamiento. Mismo tamaño que la tubería principal. Opción de anillo tite. Tamaños de 51 mm a 110 mm de hierro dúctil revestido de epoxy y cuña flexible
	Válvula de aire trifuncional de 1 pulgada.
	Rain Bird ESP-LXD with (1) ESPLXD-SM75 Controlador comercial con decodificador monocable de dos hilos. 200 Estaciones. Caja plástica de montaje seguro a la pared con resistencia UV
	Rain Bird FD-101TURF Decodificador de campo en interfaz con línea de señal y válvula. Instalar en la caja de válvula. Opera una válvula, usar la protección de sobretensiones según las direcciones del fabricante.
	Rain Bird LSP-1TURF Protección de sobretensión de línea conectado a la varilla de tierra o placa de tierra.
	Rain Bird FS300PBSP Sensor de caudal compatible con el controlador, permite monitorear el flujo y ajustar el riego según requerimiento en tiempo real.
	Rain Bird Humidity sensor Sensor de humedad para ESP-LXD. Medición precisa de la humedad con interfaz propia y la vez de fácil comunicación con el controlador LXD.
	Rain Bird RAINGAUGE Sensor de lluvia para Maxicom o SiteControl. Personaliza los datos del tiempo por proporcionar mediciones de precipitaciones específicas del lugar, y el envío al centro de control diario.
	Rain Bird SD-210TURF Decodificador para sensores de interfaz con línea de señal y decodificadores analógicos y digitales. Configuradas en el controlador LXD.
	Rain Bird FD-101TURF Decodificador para la VM conectada a una sola bomba que ofrece eficiencia al sistema de riego.

CUADRO DE TUBERIAS	
TUBERIA PVC DN 90 mm. C-7.5	
TUBERIA PVC DN 63 mm. C-7.5	
TUBERIA PVC DN 48 mm. C-7.5	
TUBERIA PVC DN 33 mm. C-10	

NOTACIONES	
	Caseta de bombeo y cisterna de riego
	CÓDIGO DE VÁLVULA
	FLUJO DE VÁLVULA (L/S)
	TAMAÑO DE VÁLVULA

PROYECTO : TEMPLO SUD	
PLANO: PLANO GENERAL DE RIEGO	
UBICACION:	ESCALA: 1/500
DEP. : AREQUIPA	PROPIETARIO: MSUD
PROV. : AREQUIPA	FECHA: AGOSTO 2020
DISTR. : CAYMA	Elaborado por: Bach. Diego Yalle
Aprobado para Tesis	
Lámina: R - 3	