

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA



DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO  
TECNIFICADO EN EL CAMPAMENTO VILLA CUAJONE, SOUTHERN  
PERU COPPER CORPORATION, MOQUEGUA, PERU

Presentado por:

**BACH. DIEGO ALBERTO TAKAEZU ROMERO**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
**INGENIERO AGRICOLA**

LIMA – PERU

2017

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar el presente trabajo a varias personas de gran importancia en mi vida:

A mi Padre, por ser mi ejemplo y modelo a seguir.

A mi Madre, por brindarme la fuerza necesaria cada día.

A mi Esposa, por ser mi fuente de inspiración y perseverancia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida plena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis Padres, Luis Alberto y Ana María, por apoyarme en todo momento, por los valores inculcados y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi Esposa, Victoria, por haberme apoyado en todo momento. Por creer en mí y sobre todo por su paciencia y perseverancia.

Agradezco a mi Asesor el Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo por darme la oportunidad de realizar mi Tesis Profesional, por sus consejos y dedicación.

Agradezco al Ing. Alberto Bengoa Huamán, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender nuevas tecnologías en riego tecnificado.

Finalmente agradecer a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Agrícola que nos impartieron sus conocimientos a través de las asignaturas.

A todos Uds. Muchísimas Gracias.

## RESUMEN

El presente trabajo consistió en desarrollar una propuesta de diseño para la implementación de un sistema de riego tecnificado para el riego eficiente de las áreas verdes del Campamento Villa Cuajone – Southern Peru Copper Corporation.

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en la provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata, departamento de Moquegua, Latitud Sur de  $17^{\circ}04'52.54''$  a  $17^{\circ}05'06.64''$  y Longitud Oeste  $70^{\circ}48'56.78''$  a  $70^{\circ}49'24.35''$ , con una altitud que varía entre los 2740 y 2800 m.s.n.m.

El área en estudio del Campamento Villa Cuajone tiene una extensión de  $27050 \text{ m}^2$  de áreas verdes (solo césped: Rye Grass, *Lolium Perenne*) en 60 viviendas distribuidas de la siguiente manera: 19 viviendas en la calle Arequipa, 07 viviendas en la calle Moquegua, 09 viviendas en la calle Suches y 25 viviendas en la avenida Moquegua, donde  $16120 \text{ m}^2$  corresponden a las viviendas de la zona de Moquegua Baja y  $10930 \text{ m}^2$  a la zona de Moquegua Alta.

La Villa Cuajone cuenta con un tanque de almacenamiento de agua potable de capacidad máxima de 150,000 galones (aproximadamente  $568 \text{ m}^3$ ) en la parte más alta del campamento: 2825 m.s.n.m., la oferta de agua potable para las viviendas del campamento no tiene restricción. Se utilizará la energía potencial (diferencia de altura) en lugar de una unidad de bombeo, por lo tanto, se implementará el sistema de riego tecnificado sobre la red de tuberías existentes de agua potable.

Los cálculos hidráulicos se realizaron para cada una de las viviendas a intervenir, este cálculo consistió en determinar las dimensiones óptimas de las tuberías con la fórmula de Hazen - Williams con el *software excel* cumpliendo con los criterios de velocidad y pérdida de carga óptimos para su correcto dimensionamiento.

Luego de los cálculos hidráulicos, se instalaron los controladores para el riego automático nocturno y designó los turnos de riego según el requerimiento de presión y caudal de la tubería principal del campamento.

## **ABSTRACT**

This paper consists of the development of a design proposal for the implementation of a technical irrigation system that provides an efficient irrigation for the Villa Cuajone Camp's greenspace, property of Southern Peru Copper Corporation.

This project is located in Mariscal Nieto Province, Torata District, Moquegua. Latitude S 17°04'52.54" to 17°05'06.64" and longitude W 70°48'56.78" a 70°49'24.35", with an elevation between 2,740 and 2,800 meters above sea level.

The area of Villa Cuajone Camp has an extension of 27,050 m<sup>2</sup> greenspace in 60 households distributed as follow: 19 in Arequipa Street, 07 in Moquegua Street, 09 in Suches street and 25 in Moquegua Avenue, where 16,120 m<sup>2</sup> belong to Moquegua Baja zone and 10,930 m<sup>2</sup> to Moquegua Alta.

Villa Cuajone has a water tank for a maximum capacity of 150,000 gallons (568 m<sup>3</sup>) at the highest part of the camp: 2,825 above sea level. Water supplies for these households have no restriction. The project will use potential energy for the irrigation system, instead of a water pump. Thus, the technical irrigation system implemented on top of the potable water network already in use was the best way to start this project.

Hydraulic calculations performed for each of the households consisted of potable water network optimal dimension determination utilizing Hazen-Williams formula, using Microsoft Office Excel spreadsheet software, reaching minimal speed and charge loss criteria.

Finally, after hydraulic calculations, controlling hardware installed for nocturne automatic irrigation provided automated control and irrigation intervals that matched pressure and caudal of the camp's original water network.

# INDICE GENERAL

I. INTRODUCCION:.....	1
1.1. Objetivo de la investigación.....	3
1.1.1. Objetivo principal.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Definición del riego.....	4
2.2 El agua y la jardinería.....	5
2.3 Relación agua-suelo-planta.....	6
2.4 Sistemas de riego tecnificado.....	7
2.5 Riego por aspersión.....	8
2.6 Características del riego por aspersión.....	9
2.6.1 Ventajas del riego por aspersión.....	9
2.6.2 Desventajas del riego por aspersión.....	10
2.7 Diseño de riego.....	11
2.8 Automatización de sistemas de riego.....	12
2.9 Válvulas hidráulicas.....	13
2.10 Válvulas de solenoide.....	14
<b>III .MATERIALES Y METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
3.1 Descripción del Área de Estudio.....	16
3.1.1 Ubicación y extensión.....	16
3.2 Materiales, herramientas y equipos.....	20
3.3 Metodología.....	26
3.3.1 Etapa de precampo.....	26
a) Datos básicos.....	26
b) Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.....	27
3.3.2 Etapa de gabinete.....	29
a) Diseño agronómico.....	29

b)	Diseño hidráulico.....	29
c)	Diseño de sectores de riego .....	30
d)	Diseño de red de tuberías .....	31
3.3.3	Etapa de campo.....	32
a)	Procedimiento de trabajo seguro y responsable .....	32
b)	Acometida desde la tubería matriz .....	33
c)	Cruce de pista .....	35
IV.	RESULTADOS .....	36
4.1.	Datos climatológicos .....	36
4.2.	Demanda de agua de las áreas verdes: Césped.....	37
4.3.	Diseño agronómico .....	38
4.4.	Red de tuberías de PVC .....	39
4.5.	Cálculos hidráulicos.....	40
4.5.1.	Circuito N°1: Rotores Modelo 5004 Rain Bird .....	41
4.5.2.	Circuito N°2: Rociadores Modelo 1804 Rain Bird.....	44
4.6.	Descripción de componentes del sistema de riego seleccionado .....	50
a)	Electroválvulas, modelo PGA y DV – Rain Bird.....	50
b)	Difusor POP-UP de ½”, Serie 1804 con boquillas de arco variable (VAN) Rain Bird .....	51
c)	Rotor POP-UP de ¾”, serie 5004 con boquillas rain curtain – Rain Bird .....	53
d)	Controlador modelo RZX – Rain Bird.....	55
4.7	Instalación de tuberías, válvulas y accesorios de PVC .....	58
4.8	Colocación de emisores de riego y limpieza de redes .....	60
4.9	Calibración de emisores de riego.....	61
4.10	Automatización del riego .....	62
4.11	Operación final del sistema de riego tecnificado.....	63
4.12	Planos Constructivos.....	64
4.13-a	Turnos de riego: Moquegua Baja.....	65
4.13-b	Turnos de riego: Moquegua Alta.....	70

4.14	Información técnica para el mantenimientos y operación del sistema de riego (elaboracion propia).....	74
4.14.1.	Rutinas de operación y mantenimiento .....	75
a.	Fuente de agua.....	75
b.	Redes de distribución y conducción.....	76
c.	Arcos de riego: Electroválvulas .....	77
d.	Válvulas de control .....	78
e.	Emisores de riego .....	80
f.	Controlador de riego .....	81
V.	Conclusiones.....	83
VI.	Recomendaciones .....	85
VII.	Referencias bibliográficas .....	86
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>
8.1.	Anexo I.....	88
8.1.1.	Plano Topografico: Viviendas Villa Cuajone.....	88
8.1.2.	Plano Constructivos de la Vivienda N° 28.....	88
8.1.3.	Plano Eléctrico de la Vivienda N° 28 .....	88
8.1.4.	Planos de turnos de riego MA - MB .....	88
8.2.	Anexo II .....	89
8.2.1.	Cálculos hidráulicos: Vivienda N° 28.....	89
a)	Vivienda N° 28 - Rociadores.....	89
b)	Vivienda N° 28 - Rotores.....	90

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Vías de acceso .....	18
Cuadro 2: Áreas Verdes (Solo césped), Noquegua Baja .....	19
Cuadro 3: Áreas Verdes (Solo césped), Noquegua Alta .....	19
Cuadro 4: Diseño hidráulico.....	31
Cuadro 5: Demanda hídrica de áreas verdes urbanas .....	37
Cuadro 6: Diseño agronómico – Áreas verdes urbanas (Jardines) .....	38
Cuadro 7: Tramos circuito N°1 .....	42
Cuadro 8: Caudales de rotores según boquillas .....	42
Cuadro 9: Selección de diámetros de tuberías: Rotores.....	43
Cuadro 10: Tramos circuito N°2 .....	46
Cuadro 11: Caudales de rociadores según boquillas.....	47
Cuadro 12: Selección de diámetros de tuberías: Rociadores .....	48
Cuadro 13: Turnos de riego: Moquegua Baja .....	65
Cuadro 14: Turnos de riego: Moquegua Alta.....	70
Cuadro 15: Vivienda N°28 – Rociadores.....	89
Cuadro 16: Vivienda N°28 - Rotores.....	90

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Funcionamiento de válvula hidráulica (a) cerrada, (b) abierta.....	13
Figura 2: Campo producido por una bobina.....	15
Figura 3: Movimiento del embolo dentro de una bobina.....	15
Figura 4: Ubicación del proyecto.....	17
Figura 5: Equipos de riego.....	22
Figura 6: Controlado RZX.....	25
Figura 7: Sectores de riego: rotores, difusores.....	30
Figura 8: Identificación de tomas de agua: Moquegua Alta.....	33
Figura 9: Identificación de tomas de agua: Moquegua Baja.....	34
Figura 10: Cálculo de ETo por Penman-Monteith.....	36
Figura 11: Plano de riego: Vivienda N° 28.....	40
Figura 12: Ubicación de tramos: Rotores.....	41
Figura 13: Plano final de diseño hidráulico: Rotores ¾” Rain Bird.....	44
Figura 14: Ubicación de tramos: Rociadores.....	45
Figura 15: Plano final de diseño hidráulico: Rociadores ½” Rain Bird.....	49
Figura 16: Modelo PGA, Modelo DV.....	50
Figura 17: Difusor emergente con boquilla de arco variable.....	51
Figura 18: Boquillas VAN (Variable Arc Nozzle).....	52
Figura 19: Aspersor rotor emergente de ¾”.....	53
Figura 20: Especificaciones técnicas de boquillas rain Curtain.....	54
Figura 21: Controlador RZX.....	57

## INDICE DE FOTOS

Foto 1: Riego por aspersión.....	7
Foto 2: Tanque elevado – Villa Cuajone.....	22
Foto 3: Tendido de tuberías portaemisores .....	24
Foto 4: Emisores de riego para areas verdes .....	24
Foto 5: Instalación de collarín .....	34
Foto 6: Instalación de válvula tipo compuerta .....	34
Foto 7: Cruce de pista .....	35
Foto 8: Material rocoso .....	58
Foto 9: Martillo demoledor .....	59
Foto 10: Electroválvulas de control .....	59
Foto 11: Emisores de riego: Rociador.....	60
Foto 12: Regulación de Difusor: Rango de riego .....	61
Foto 13: Regulacion del Rotor: Rango de riego .....	61
Foto 14: Controlador de riego en caja hermética y conexiones .....	62
Foto 15: Operación del sistema: difusores .....	63
Foto 16: Operación de sistemas: rotores .....	63

## I. INTRODUCCION

El presente trabajo está orientado a realizar un diseño hidráulico para la implementación de un sistema de riego tecnificado por aspersión para las áreas verdes del Campamento Villa Cuajone - SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, ubicada en la Región de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata, con 27050m<sup>2</sup> de áreas verdes (*Grass, Lolium Perenne*) en 60 viviendas distribuidas de la siguiente manera: 19 viviendas en la calle Arequipa, siete viviendas en la calle Moquegua, nueve viviendas en la calle Suches y 25 viviendas en la avenida Moquegua.

El riego, como parte de las labores agronómicas de gran importancia, nos permite el desarrollo de los cultivos incrementando sus rendimientos. Sin embargo, para los jardines, el principal objetivo es la supervivencia de la vegetación y su mantenimiento. La falta de conocimientos de los usuarios de la Villa Cuajone, de los jardineros particulares y del personal de mantenimiento de áreas verdes sobre los sistemas de riego tecnificado, hace que utilicen el recurso hídrico de manera inadecuada y se malgaste en cada riego diario (riego por manguera), por lo que es necesario implementar un sistema de riego que optimice el uso de agua y mejore la aplicación del riego.

Los sistemas de riego tecnificado mantienen en el suelo, una cantidad suficiente de humedad para que sea fácilmente aprovechable por el cultivo, requieren menor uso del agua por unidad de superficie y es posible aplicarla de acuerdo a las necesidades hídricas de los cultivos. El riego por aspersión consiste en la aplicación del recurso hídrico en forma de lluvia artificial producida por la precipitación de los emisores de riego.

La tecnificación del riego es una solución a los problemas que se presentan por la racionalidad del recurso hídrico. Aplicar el agua de manera adecuada y racional es una de las principales características de los sistemas de riego tecnificado.

El campamento cuenta con un tanque de almacenamiento de agua potable (150000 galones máximo) que proviene de un proceso de tratamiento de agua de la mina Cuajone. Dicho tanque cuenta con un nivel automático para controlar el nivel de almacenamiento del agua. Debido que el tanque se encuentra ubicado en la parte más alta de campamento, se utilizará la diferencia de altura (energía potencial) para el funcionamiento de las electroválvulas y emisores de riego, es decir, el sistema se instalará en la red principal de agua potable que abastece a los usuarios del campamento.

El riego de las áreas verdes del campamento Villa Cuajone se realiza de forma manual, es decir, el jardinero particular o el personal de mantenimiento de las áreas verdes, riega con una manguera de  $\frac{3}{4}$  de pulgada aproximadamente dos horas encharcando en un solo sitio, la falta de conocimiento de un riego tecnificado y sus bondades, hace que utilicen ciertas técnicas que no son convenientes para la aplicación (botellas con perforaciones) y distribución racional del agua.

Debido al método de riego del Campamento, se propone un diseño hidráulico por aspersión para las áreas verdes y de manera complementaria, se elaborará el procedimiento de la implementación de los equipos del sistema y así mismo una manual de operación y mantenimiento del sistema de riego para su correcto funcionamiento.

De manera complementaria, se instalará un programador de riego por lo que se regará en horas de menor consumo de agua/presión, es decir, de manera nocturna.

## **1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.1.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

El objetivo principal es desarrollar una propuesta de diseño para la implementación de un sistema de riego por aspersión en las áreas verdes del Campamento Villa Cuajone – Moquegua.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar el diseño agronómico para determinar las necesidades hídricas del césped.
- Proponer el diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión.
- Proponer un sistema de riego tecnificado automatizado para el riego nocturno.
- Elaborar el procedimiento para la implementación, mantenimiento, operación del sistema y la capacitación del personal a cargo de las áreas verdes y regadores.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Definición del riego

El riego se define como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo. ISRAELSEN (1975); HENSEN (1975).

Según TARJUELO (1991), el objetivo que se pretende con el riego es satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, aplicando el agua uniformemente y de forma eficiente, es decir, que la mayor cantidad de agua aplicada quede almacenada en la zona radicular a disposición del cultivo. Este objetivo debe alcanzarse sin alterar la fertilidad del suelo y con una mínima interferencia sobre el resto de las labores del cultivo.

Quiere decir que la aplicación del riego no debe generar o crear cambios en los horizontes del suelo, como por ejemplo la erosión del suelo, compactación de la superficie.

En un sentido más amplio, la irrigación puede definirse como la aplicación de agua al terreno con los siguientes objetivos:

- Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.
- Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración

- Refrescar la temperatura del suelo y la atmósfera para de esta forma mejorar las condiciones ambientales para su desarrollo vegetal. Disolver sales contenidas en el suelo.
- Reducir la probabilidad de formación de drenajes naturales.
- Dar las características óptimas de humedad de suelo.

En términos generales, según González (2007), el objetivo que se persigue con el riego es aplicar a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua en el momento adecuado y en la cantidad necesaria para lograr un crecimiento óptimo.

## **2.2 El agua y la jardinería**

El agua es un componente del jardín que forma parte estructural de su función decorativa en fuentes, surtidores, cascadas o láminas, al tiempo que es un elemento vital para las plantas que lo componen, ya que entra a formar parte de procesos tan importantes como la nutrición, la regulación térmica o el transporte de sustancias. Esto hace que el riego sea esencial para el correcto mantenimiento de los jardines.

Del agua absorbida por las plantas una pequeña parte es retenida y utilizada en los procesos de crecimiento y en la realización de la fotosíntesis; el resto (la gran mayoría) se pierde por transpiración. La cantidad de agua retenida por las plantas es casi insignificante frente a la transpirada, por lo que se puede considerar que el consumo de agua es equivalente a la transpiración.

La cantidad de agua empleada en los procesos de transpiración y evaporación suele considerarse de manera conjunta por la dificultad de calcularlas por separado. Por

tanto, se considera que las necesidades de agua de las plantas de un jardín están representadas por la suma de la evaporación directa desde el suelo y de la transpiración de las plantas, en lo que se denomina Evapotranspiración (ET).

Para áreas verdes de gran dimensión se utilizan emisores de riego de alto emisión de caudal como son los Rociadores y Rotores de riego por aspersión y para las áreas como arbustos, rosales y flores se utilizan los laterales de goteo, riego localizado.

### **2.3 Relación agua-suelo-planta**

De acuerdo con PALOMINO (2009), las relaciones entre el agua, el suelo y las plantas incluyen la capacidad del suelo para retener agua y permanecer bien drenado, capacidad de campo, las características del flujo del agua en los suelos, las propiedades físicas del suelo como textura, estructura y propiedades químicas del suelo, incluyendo la concentración de sales solubles y nutrientes al movimiento, uso y evaporación del agua localizada en el suelo.

Según JARA (2000); VALENZUELA (2000), el suelo agrícola es una delgada capa de material mineral y orgánico diverso que cubre la mayor parte de la superficie continental del planeta. Se ha formado a través del tiempo por los efectos abrasivos: físicos, del clima (lluvia y vientos), químicos y biológicos sobre las rocas madres. Se compone de tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está formada por pequeñas partículas que fueron separadas de material original (rocas) y una pequeña porción de material orgánico, generado por plantas y animales. Estas partículas dejan espacios libres, los que pueden estar eventualmente llenos de aire (fase gaseosa) y/o agua (fase líquida). A estos espacios se llama porosidad del suelo y constituye el “almacén” de agua y aire que pueden estar disponibles para plantas.

## 2.4 Sistemas de riego tecnificado

### Aspectos generales del riego tecnificado

Según PORTO (2010), la tecnificación del riego permite:

- Mejorar la tecnología de la agricultura irrigada por medio de modernos y eficientes sistemas de riego, tales como: mangas, tubos, multicompuertas, riego intermitente, aspersion, micro aspersion y goteo.
- Suministrar al cultivo el agua que requiere en cantidad, calidad y en oportunidad, dar al agua adecuado uso, eliminando perdidas.

¿Por qué tecnificar el riego?

Al tecnificar los sistemas de riego, se puede obtener los siguientes beneficios:

- Disminución del consumo de agua en las parcelas.
- Mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes, logrando una mejor producción y una buena calidad de los productos, consecuentemente mayores ganancias.
- Mayor disponibilidad de tiempo para dedicarse a otras actividades.



**Foto 1: Riego por Aspersion. Elaboración propia.**

## 2.5 Riego por aspersión

Según TARJUELO (1999), el riego por aspersión es la aplicación de agua en el suelo en forma de rociado, semejante a la precipitación natural.

El rociado se desarrolla mediante el flujo de agua bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas. La presión normalmente se obtiene mediante bombeo, aunque también se puede obtener mediante gravedad si la fuente de agua es lo suficiente elevado con respecto al área de riego.

GONZALEZ (2007), indica que el riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de "lluvia" localizada más o menos intensa y uniforme sobre el campo con el objetivo que infiltre en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores).

Los sistemas de riego por aspersión se adaptan bastante bien a topografías ligeramente accidentadas, tanto con las tradicionales redes de tuberías como con las máquinas de riego. El consumo de agua es moderado y la eficiencia de uso bastante aceptable. Sin embargo, la aplicación del agua en forma de lluvia está bastante condicionada a las condiciones climáticas que se produzcan, en particular al viento y a la aridez del clima, ya que si las gotas generadas son muy pequeñas, las gotas podrían desaparecer antes de tocar el suelo por la evaporación, sin embargo cuando son muy gruesas pueden dañar al cultivo y al suelo.

Son especialmente útiles para aplicar riegos relativamente ligeros con los que se pretende aportar algo de humedad al suelo en el periodo de nacencia. También es muy indicado para efectuar el lavado de sales cuando sea necesario y se prestan a la

aplicación de determinados productos fitosanitarios o abonos disueltos en el agua de riego, aunque no se puede considerar que sea una aplicación habitual.

## **2.6 Características del riego por aspersión**

CASTAÑÓN (2000), menciona las siguientes ventajas y desventajas del riego por aspersión.

### **2.6.1 Ventajas del riego por aspersión**

- Permite el riego de terrenos muy ondulados, sin necesidad de sistematización del mismo.
- Permite una disminución de la mano de obra necesaria en el riego, en comparación de los sistemas tradicionales por gravedad.
- Permite regar casi todos los cultivos, salvo algunos muy delicados a los que el tamaño de la gota puede causar daños. En este caso se debe tener en cuenta que las fuertes lluvias pueden causar el mismo efecto.
- Evita la construcción de canales y acequias sobre el terreno, tanto de los definitivos como de los provisionales.
- Conserva las propiedades físicas óptimas del suelo, al no necesitar movimientos de tierras que destruyen la estructura al distribuir el agua en forma de lluvia no se producen, estando bien diseñado el riego, compactaciones ni costras.
- Posibilita la distribución en el agua de riego de diferentes sustancias, siendo las más utilizadas los fertilizantes.

### 2.6.2 Desventajas del riego por aspersión

- Elevado costo de instalación con respecto al riego por gravedad, salvo raras excepciones en que exista una presión suficiente del agua, de grupos de bombeo así como de tuberías y aspersores.
- Mayores costos de funcionamiento respecto a los otros métodos, ya que necesita una presión de trabajo a la salida del aspersor como mínimo de 20 m.c.a. en cabeza de la instalación debido a las pérdidas de carga que se producen en las tuberías, aumentando con longitud de estas últimas.
- Necesidad de un suministro de agua de forma continua o al menos lo mas prolongad posible.
- Disminución de la eficiencia de aplicación en parcela cuando existe viento con velocidad superior a 2.5 metros por segundo.

TARJUELO (1999), indica que si la velocidad de aplicación (pluviosidad del sistema), con respecto a la capacidad de infiltración de agua a través del suelo es mayor, se puede producir una erosión del suelo.

Si las gotas emitidas por los aspersores son my grandes, crea un posible deterioro de la superficie del terreno por el impacto de dichos gotas, creando compactación del suelo, erosión, etc.

## **2.7 Diseño de riego**

De acuerdo con FERNANDEZ et al. (2010), el diseño de una instalación de riego por aspersión es de gran importancia porque permitirá conocer la capacidad del sistema y su adaptación para el riego de determinados cultivos.

El proceso de diseño de una instalación de riego por aspersión comienza reuniendo información de tipo agronómico acerca del tipo de suelo, cantidad y calidad de agua, clima y cultivos, así como sobre la topografía y dimensiones de la zona a regar. También habrá que considerar la capacidad del agricultor para soportar el coste de la instalación y su explotación, la viabilidad para realizar las técnicas de cultivo, y la posibilidad de formación para el manejo de la instalación.

Con toda esta información se definirán las características generales del sistema y se procederá a la planificación y el cálculo hidráulico (diámetros de tuberías, caudales, presiones, características del sistema de bombeo, etc.), de acuerdo con las limitaciones de tipo económico, de mano de obra y del entorno.

Aunque sea una división muy artificial y demasiado esquemática, se pueden considerar dos fases en el proceso de diseño: el diseño agronómico, con el que se determina la cantidad de agua que requiere el cultivo en las épocas de máximas necesidades, el tiempo de riego, etc.; y el diseño hidráulico que permitirá determinar las dimensiones de los componentes de la instalación, de forma que se pueda suministrar el agua necesaria en épocas de máxima necesidad.

## 2.8 Automatización de sistemas de riego

Según BERROCAL (2013), en la automatización se transfieren tareas de producción a un conjunto de elementos tecnológicos. Las tareas se traducen en acciones de manera precisa y repetitiva con mínima mano de obra o intervención del hombre; controlando la ejecución y llevando registro de estas. Lo que buscamos con la automatización: La entrega de información en tiempo real de los datos necesarios para tomar decisiones de riego con precisión.

Los equipos de automatización nos permiten controlar, recoger, consolidar y transmitir dicha información.

### a. Componentes:

- Parte operativa, equipos en campo. Ejecutan acciones y reciben información. Válvulas, motores, inyectoros.
- Parte de mando (controlador), permite dar las instrucciones en una interface entre el sistema y el operador. Es la relación directa con el campo.

### b. Opciones de Comando:

- Hidráulico
- Eléctrico
- Hidráulico – Eléctrico
- Unidad Transmisora Remota (RTU)
  - ✓ Cable
  - ✓ Radio

### c. Ventajas de la Automatización.

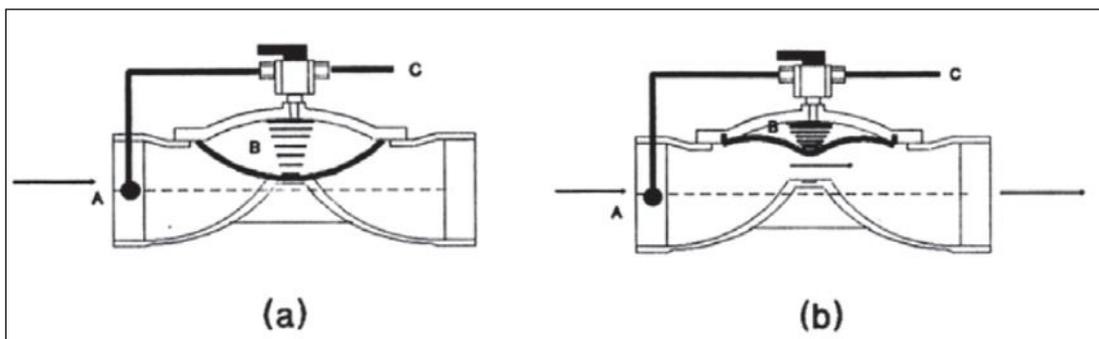
Según Berrocal (2013), la automatización de sistemas de riego:

- Incrementa la eficiencia de uso del agua en la zona
- Mejorar la productividad, incremento de la producción y calidad.
- Flexibiliza el uso del sistema.
- Optimización y ahorro en uso de mano de obra.
- Permite manejo más técnico (Fertirriego)

- Disminuye errores de operación.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal.
- Incremento de la seguridad.
- Posibilita economía de energía.
- Aumenta vida útil del sistema.

## 2.9 Válvulas hidráulicas

Según ADRA (2009), son válvulas en que tanto el cierre como la apertura se efectúan empleando la energía hidráulica propia de la red. El fundamento se ilustra en la figura siguiente: La válvula se compone de un cuerpo de material plástico o metálico, una cámara aislada del interior de la válvula mediante una membrana de material elastomérico o con otro dispositivo (pistón o asiento) que realice la misma función. La válvula dispone de unas conexiones, mediante unos tubos de pilotaje (de PE o cobre) que comunican el extremo aguas abajo o el extremo aguas arriba con la cámara y la atmósfera. El accionamiento se efectúa mediante una válvula, llamada de tres vías que comunica el interior de la cámara con tres posibles salidas. Estas válvulas son o normalmente abiertas o normalmente cerradas, dependiendo de la actuación de los comandos.



**Figura 1: Funcionamiento de Válvula hidráulica (a) cerrada, (b) abierta.**

**Fuente ADRA (2009)**

## 2.10 Válvulas de solenoide

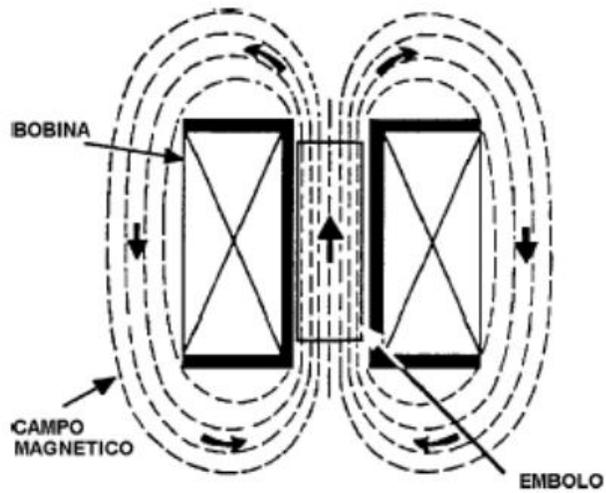
Este tipo de válvulas es controlada variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina). Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil. Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal. Al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar. CARVALLO (2003); VARGAS (2003).

### Electroimanes

El solenoide, bajo el efecto de corriente circulante, se comporta como un electroimán. Atrae materiales ferromagnéticos, producto de la alineación de momentos magnéticos atómicos. El campo magnético, creado al circular corriente por el solenoide, actúa sobre el émbolo móvil de material magnético. Se produce una fuerza que ocasiona el desplazamiento del émbolo permitiendo el cierre o apertura de la válvula. En la Figura N°02 se aprecia un esquema del fenómeno. La bobina o solenoide genera un campo magnético, de acuerdo a la Ley de Ampere:

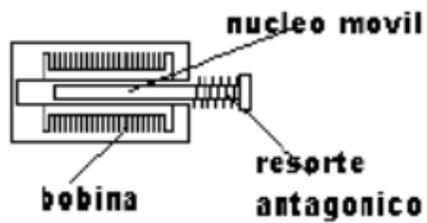
$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = i_{abrazada}$$

Este campo produce una fuerza sobre el émbolo o núcleo móvil, tal como se aprecia en la Figura N°03. La acción de esta fuerza de origen magnético constituye el principio de funcionamiento de toda válvula de solenoide. CARVALLO (2003); VARGAS (2003).



**Figura 2: Campo producido por una bobina.**

**Fuente: Válvulas de solenoide. Departamento de Ingeniería Electrónica**



**Figura 3: Movimiento del embolo dentro de una bobina.**

**Fuente: Válvulas de solenoide. Departamento de Ingeniería Electrónica**

### **III. MATERIALES Y METODOLOGIA**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

##### **3.1.1 Ubicación y extensión**

###### **A. Ubicación Política**

Departamento	:	Moquegua
Provincia	:	Mariscal Nieto
Distrito	:	Torata
Lugar	:	Campamento Villa Cuajone

###### **B. Ubicación Geográfica**

La zona del proyecto geográficamente tiene Latitud Sur de  $17^{\circ}04'52.54''$  a  $17^{\circ}05'06.64''$  y Longitud Oeste  $70^{\circ}48'56.78''$  a  $70^{\circ}49'24.35''$ . El Campamento está ubicado a 2800 msnm.



**Figura 4: Ubicación del Proyecto. Fuente: Google Earth.**

### **C. Vías de Acceso**

La principal vía de acceso terrestre a la zona del proyecto es por la vía interoceánica sur viajando desde Moquegua, la cual se encuentra afirmada en todo su trayecto hasta llegar a la Villa Cuajone, las distancias totales desde el punto de partida hasta el punto de llegada se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1: Vías de Acceso**

<b>DE</b>	<b>A</b>	<b>DISTANCIA (KM)</b>	<b>TIPO DE VIA</b>
Lima	Moquegua	1146	Carretera Pana. Sur
Arequipa	Moquegua	227	Carretera Pana. Sur
Tacna	Moquegua	159	Carretera Pana. Sur
Moquegua	Villa Cuajone	27	Interoceánica Sur

Fuente: Elaboración Propia

#### **D. Extensión de Ares Verdes (sólo Césped)**

Las 60 casas intervenidas del Campamento Villa Cuajone tienen una extensión total de área verde (sólo Césped) de 27050 m<sup>2</sup>, el tipo de Césped sembrado en el campamento es el Rye Grass, *Lolium Perenne*. Las 60 casas se dividieron en 02 grupos: Moquegua Baja (34 casas); enumeradas del 06 al 09 y del 12 al 41 y Moquegua Alta (26 casas); enumeradas del 101 al 126, cuyas áreas se presentan en el Cuadro 2 y Cuadro 3.

**Cuadro 2: Áreas Verdes (Sólo Césped), MOQUEGUA BAJA**

<b>CASA</b>	<b>Área Aspersión (m<sup>2</sup>)</b>	<b>CASA</b>	<b>Área Aspersión (m<sup>2</sup>)</b>
6	570	24	380
7	270	25	355
8	615	26	560
9	390	27	1300
10	-	28	360
11	-	29	250
12	450	30	390
13	530	31	350
14	290	32	280
15	440	33	330
16	860	34	460
17	500	35	520
18	440	36	450
19	690	37	530
20	540	38	260
21	440	39	500
22	560	40	280
23	540	41	440

**Fuente: Elaboración propia**

**Cuadro 3: Áreas Verdes (Sólo Césped), MOQUEGUA ALTA**

<b>CASA</b>	<b>Área Aspersión (m<sup>2</sup>)</b>	<b>CASA</b>	<b>Área Aspersión (m<sup>2</sup>)</b>
101	810	114	440
102	610	115	530
103	840	116	490
104	550	117	320
105	430	118	125
106	220	119	260
107	640	120	470
108	700	121	270
109	470	122	510
110	250	123	160
111	430	124	135
112	520	125	110
113	460	126	180

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.2 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Los materiales considerados para el desarrollo del presente estudio son:

Planos a escala proporcionados por la institución Southern Perú Copper Corporation (SPCC), para la ubicación de las casas a intervenir (numeración), tuberías matrices de asbesto cemento de agua potable del campamento, detalles del perfil de alcantarillas, puntos de acople, grifos y tomas de agua, válvulas reductoras de presión, recorrido de cables de media y baja tensión. El campamento cuenta con un desnivel topográfico muy interesante, por el cual, se utilizará la energía potencial para el obtener la energía o presión necesaria para el funcionamiento de los equipos de riego.

Información bibliográfica como papers, libros referentes a sistemas de riego, manuales de mantenimiento y operación de equipos de riego tecnificado, catálogos y especificaciones técnicas: accesorios de PVC, tuberías de PVC, accesorios, aspersores, electroválvulas, válvulas de control tipo compuerta y controladores de riego.

Datos meteorológicos necesarios de la estación meteorología de Villa Cuajone para elaborar la respectiva evapotranspiración del cultivo con el *software Cropwat 8.0*. El tipo de suelo de las áreas verdes de las viviendas, según información tomada por el método del tacto, es un suelo franco arcilloso. La oferta de agua, siendo agua potable, no cuenta con ninguna restricción gracias al control de nivel del tanque –sensor con flotador- que mantiene el tanque lleno. Algunos datos o análisis, como el análisis de agua y suelo son datos confidenciales de la institución.

Materiales como cemento, arena gruesa, arena fina, masa asfáltica para la reparación de las roturas de las pistas y veredas, cables eléctricos #14, cinta aislante y cinta vulcanizada, tubería corrugada flexible para la automatización del riego.

Herramientas como lampas, amoladora acoplada con disco para cemento, picos, barretas, rotomartillo, martillo demoledor, combas, cinceles, sacabocado de prisma, herramientas necesarias para el trabajo eléctrico, necesarias para el descubrimiento de la tubería matriz, cruce de pistas, habilitación de pases hacia las áreas verdes, toma de agua de tubería matriz y zanjas para tuberías portaemisores.

Dentro de los equipos necesarios, se utilizó una estación total para el levantamiento topográfico y tres porta-prismas para agilizar el levantamiento, así mismo, cinta métrica y GPS para las áreas de difícil acceso para el replanteo de las áreas verdes del proyecto.

Para el procesamiento de los datos recopilados de la estación total, se utilizó el *software Autocad Land*, para generar el plano topográfico con curvas de nivel y los planos constructivos donde se mostrarán las tuberías, válvulas compuertas, válvulas de control y emisores de riego.

Para el diseño hidráulico se utilizó una plantilla del *software Excel*, con la fórmula de Hazen & Williams, el cual se utilizó para dimensionar las tuberías con respecto a la pérdida de carga (presión final debe ser menor que el 20 por ciento de la presión de operación) y la velocidad permisible (menor de 2 m/s).

Se utilizó un juego de manómetros para leer las lecturas de entrada y salida de las válvulas reguladoras de presión de la institución a lo largo de ciertos tramos de la tubería matriz para controlar la presión de entrada al sistema de riego independiente y así asegurar la presión óptima de operación de los emisores de riego y demás equipos.



**Figura 5: Equipos de riego. Elaboración propia.**

- **Fuente de abastecimiento de agua:** El campamento cuenta con un tanque de almacenamiento de agua potable (Foto 02) proveniente de una planta de tratamiento, el nivel máximo de almacenamiento de agua es de 150,000 galones (567.8m<sup>3</sup>). Diariamente el tanque se rellena mediante una tubería de 6 pulgadas de diámetro controlado por una válvula hidráulica. Southern Perú Copper Corporation, al ser una entidad privada, no se tiene acceso a los análisis completos del agua tratada, sin embargo, el recurso hídrico es bajo en sales y bicarbonatos.



**Foto 2: Tanque Elevado – Villa Cuajone .Elaboración propia.**

- **Carga hidráulica: Energía potencial:** El tanque de almacenamiento se encuentra en la parte más alta del campamento, a una cota de 2825 msnm (Plano topográfico adjunto), por lo tanto, se aprovechará la energía potencial o diferencia de altura generando así, la presión necesaria para el funcionamiento óptimo de los equipos de riego. La cota máxima y mínima de las viviendas son 2800 metros y 2745 metros respectivamente.
- **Red de tuberías principales y secundarias:** las tuberías de PVC son las responsables de conducir y distribuir el recurso hídrico hacia los hidrantes de riego o válvulas hidráulicas. Las tuberías principales son de mayor diámetro, mayor espesor de pared y resisten mayor carga de presión. Las tuberías principales del campamento son de asbesto cemento y las tuberías secundarias de conexión son de PVC de Clase 10. Si la tubería ha sido calculada e instalada correctamente, no deberá presentar fallas o fugas.
- **Red de tuberías terciarias o de distribución:** estas tuberías conducen el agua desde la válvula hidráulica hacia los emisores de riego (aspersores), estas tuberías de PVC normalmente son de diámetros pequeños como por ejemplo 1 1/2, 1 y 3/4 de pulgada, todas de Clase 10. Si la tubería ha sido calculada e instalada correctamente no deberá presentar fallas o fugas. En caso que ocurra fugas y/o roturas, se debe realizar una excavación de forma muy cuidadosa para no romper la tubería y repararla.



**Foto 3: Tendido de Tuberías portaemisores. Elaboración propia.**

- **Válvulas de campo:** Son las válvulas instaladas en campo para suministrar el agua a las tuberías y emisores de riego, dichas equipos que pueden ser de PVC o fibra de vidrio para mayor resistencia al medio ambiente. La apertura y cerrado de las válvulas pueden ser de manera manual, hidráulica o eléctricamente.
- **Emisores de Riego: Aspersores.** Son los elementos encargados de aplicar el agua en forma de lluvia al campo. Estos dispositivos pueden ser aspersores parciales (sectoriales) o full (circulo completo). Para jardinería se utilizan los aspersores tipo POP UP. Se seleccionaran los modelos de aspersores dependiendo del área a regar. (Foto 4).



**Foto 4: Emisores de Riego para Áreas Verdes – Elaboración propia.**

- **Controlador de Riego:** Hoy en día la automatización del riego del césped es importante porque favorece el ahorro del recurso hídrico, conservación de los nutrientes del suelo y el correcto desarrollo del césped. Los sistemas de automatización de riego dependen mucho de la intervención de una persona que ingrese los datos como días y la duración del riego, por ende, debe ser programado por un personal capacitado y que tenga la habilidad de capacitar a los usuarios, jardineros particulares y personal de mantenimiento de las áreas verdes del campamento. Figura 6.



**Figura 6: Controlador RZX, Fuente: Rain Bird.**

### **3.3 METODOLOGIA**

El riego de las áreas verdes, césped, de las viviendas del campamento se realiza de manera manual, es decir, el jardinero encargado del mantenimiento del césped, conecta la manguera de  $\frac{3}{4}$  de pulgada en las tomas de agua o grifos que cada vivienda cuenta en sus jardines. Es una de las maneras más sencilla y rudimentaria de riego en jardines, donde se sostiene la manguera varios minutos o se deja en el suelo por horas, el cual genera gran gasto innecesario y descontrolado de agua.

Sin embargo, con un sistema de riego tecnificado con equipos especializados, el agua es distribuida a través de los aspersores, los cuales producen gotas de agua imitando la precipitación natural, por ende, se regaría de manera uniforme.

Para programar los tiempos de riego y usar solamente el agua requerida, se necesita hacer un diseño agronómico para hallar la demanda hídrica necesaria por el césped.

#### **3.3.1 ETAPA DE PRECAMPO**

##### **a) Datos básicos**

Para la planificación y diseño del sistema de riego se necesitó de los siguientes datos básicos:

- Levantamiento topográfico y planimétrico de toda el área involucrada en el diseño.
- Datos climáticos.
- Fuente de energía: energía potencial (diferencia de altura).
- Oferta del recurso hídrico.

La oferta de agua para el sistema de riego no tiene ninguna restricción, debido que, el tanque de almacenamiento constantemente está llenándose gracias al nivel con flotador.

Los análisis de agua del tanque de almacenamiento y los análisis de suelos de las áreas verdes de Villa Cuajone, son datos confidenciales por ser entidad privada.

## **b) Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo**

El objetivo del presente es establecer los lineamientos, planeamientos y metodología, para la correcta implementación del sistema de riego tecnificado bajo los estándares calidad de trabajo, construcción, seguridad e higiene industrial de la normatividad vigente.

Antes de iniciar los trabajos del día, el Ingeniero Residente realizará una inspección del área donde se desarrollarán los trabajos para identificar las posibles condiciones sub-estándares, si las hubiera, se reportará al Ingeniero Responsable por el SPCC. Así mismo, se coordinará con el Ingeniero de Seguridad para tomar las medidas correctivas antes de iniciar las labores.

- Antes de iniciar las actividades en el área de trabajo, se realizará el IPERC continuo, ATS y PETS para la aprobación de SPCC.
- El personal inspeccionará herramientas e implementos, así como sus EPP para asegurarse de su correcto estado de funcionamiento.
- El personal deberá portar en todo momento su equipo de protección personal requerido para actividades específicas.

- Se señalizará la zona de trabajo con conos, cinta delimitadora de color naranja y otros carteles de señalización con la finalidad de restringir el acceso del personal no autorizado a la zona.
- Se prohibirá al personal a trabajar bajo efectos de alcohol y/o drogas, verificando su aliento y comportamiento.
- Para el traslado de materiales y/o equipos se utilizará una camioneta, donde el conductor deberá contar con autorización respectiva siendo la 1P.

### **3.3.2 ETAPA DE GABINETE**

#### **a) Diseño agronómico**

Las 60 viviendas intervenidas del Campamento Villa Cuajone, 34 casas correspondientes a Moquegua Baja y 26 casas intervenidas en Moquegua Alta, cuentan con un área verde total (solo césped) de 27050m<sup>2</sup>, para los cálculos correspondientes al diseño agronómico, se necesitaron los datos de la estación meteorología de Villa Cuajone y se procesaron en el *software Cropwat* 8.0 para obtener la evapotranspiración.

Luego de tener las áreas del césped de las 60 viviendas del proyecto, detalles de veredas, estructuras y demás, se procedió a realizar el diseño preliminar de las redes de tuberías secundarias y portalaterales con sus respectivos emisores de riego.

Se agruparon por casas y válvulas y se planifico los turnos de riego, buscando en lo posible, que sean caudales parecidos en total, luego se determinó el tiempo de riego de cada casa en función de la velocidad de aplicación del emisor que corresponda y la lámina a reponer.

#### **b) Diseño Hidráulico**

Después de tener el trazo preliminar de todas las tuberías de distribución y portalaterales del sistema de riego en el *software Autocad*, se procedió al cálculo hidráulico para la selección de las tuberías y garantizar los requerimientos de

presión para todas las válvulas mediante una plantilla de *Excel* con la fórmula de Hazen-Williams.

$$h = 10,674 * [Q^{1,852} / ( C^{1,852} * D^{4,871} ) ] * L$$

Dónde:

h: pérdida de carga (m)

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

C: coeficiente de rugosidad (adimensional)

D: diámetro interno de la tubería

L: longitud de la tubería

### c) Diseño de sectores de riego

Tener en cuenta que para el diseño hidráulico debemos separar sectores de riego con válvulas independientes, es decir, cada sector de riego debe contener un tipo de emisor: difusores para áreas pequeñas y rotores para áreas medianas y grandes, debido que ambos sistemas, difusores y rotores, requieren diferentes parámetros de operación: presión de entrada, espaciamiento entre aspersores, radio de alcance de riego y caudal. (Ver Figura 7)



**Figura 7: Sectores de riego: Rotores, Difusores.**

**Fuente: Rain Bird**

#### d) Diseño de red de tuberías de PVC

A lo largo de la red de tuberías pueden ir ubicados accesorios de PVC como son las reducciones, codos y tees, y equipos como las válvulas hidráulicas, válvulas de aire. Las pérdidas de carga por fricción en las tuberías se calcularán en forma independiente, según los tramos o secciones definidos en el plano de diseño. La velocidad del agua dentro de las tuberías debe ser no mayor a 2.0 m/s.

Para que el caudal que suministran los emisores de riego sea homogéneo, es conveniente que las diferencias de presión a lo largo de un ramal no sean mayores del 20 por ciento. Es decir, si la presión de operación del emisor de riego es 2.5 bar o 25 metros, en el último aspersor deberíamos tener una presión menor a 0.5 bar o 5 metros.

**Cuadro 4: Diseño hidráulico. Elaboración Propia**

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Pérdida HF (metros)	Perd. Acumulada		Veloc. Crítica (mps)
						en metros	en (PSI)	
1	0.09	0.09	22.90	8.40	0.03	0.03	0.05	0.22
2	0.11	0.20	22.90	8.40	0.14	0.17	0.24	0.49
3	0.11	0.31	22.90	8.40	0.30	0.47	0.67	0.75
4	0.09	0.40	22.90	10.00	0.55	1.02	1.45	0.97
5	0.11	0.51	22.90	3.00	0.25	1.27	1.81	1.24
6	0.72	1.23	43.40	8.00	0.15	1.42	2.03	0.83
7	0.11	1.34	43.40	3.00	0.07	1.49	2.12	0.91
8	0.11	1.45	43.40	5.00	0.13	1.61	2.30	0.98
9	0.11	1.56	43.40	5.00	0.14	1.76	2.50	1.05
10	0.09	1.65	43.40	4.00	0.13	1.88	2.68	1.12
11	0.11	1.76	43.40	10.00	0.35	2.24	3.18	1.19
12	0.09	1.85	43.40	18.00	0.69	2.93	4.17	1.25
		1.85		91.20	2.93			

Perdida de carga

Velocidad permisible

### **3.3.3 ETAPA DE CAMPO: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION**

#### **a) Procedimientos de trabajo seguro y responsable**

Para realizar los trabajos en la zona del proyecto, siendo un campamento minero, se tomaron en cuenta muchas consideraciones generales, como son inducciones de manejo, estándares de calidad, plan de contingencias en caso de emergencias, plan de manejo y disposición de residuos, almacenamiento de accesorios, sin embargo, entre todas ellas el tema más importante es: Seguridad al trabajador.

Una de las razones más comunes por la que los trabajadores cometen errores graves y peligrosos en sus labores es la presión a la que están sometidos de parte de las respectivas jefaturas para cumplir con objetivos planificados.

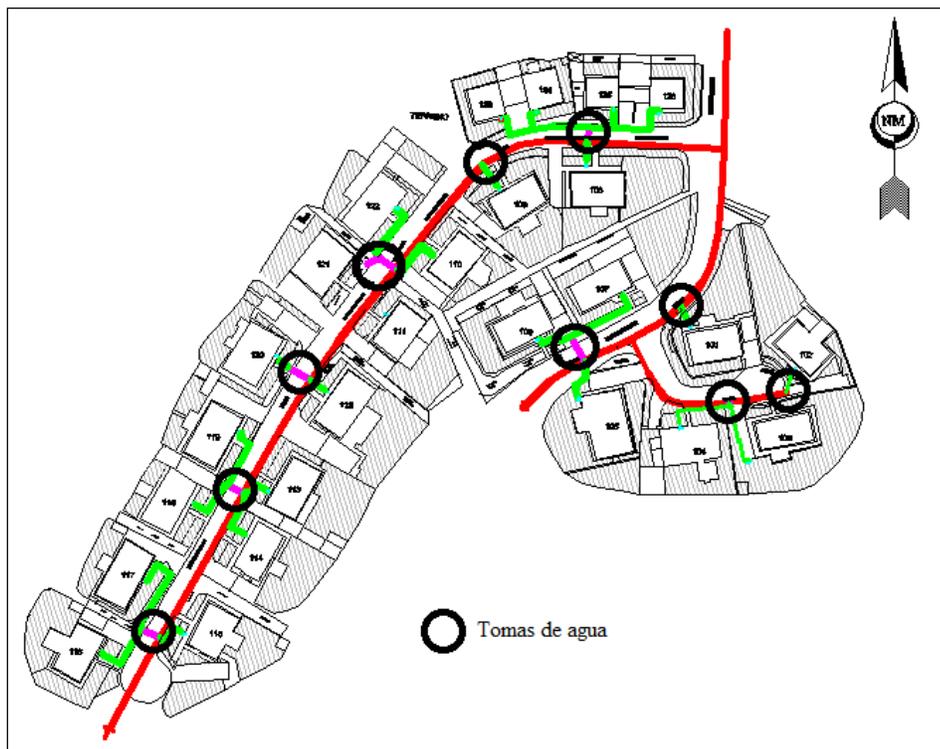
Cada actividad genera un riesgo al trabajador, sea trabajos en altura, en espacios confinados, excavaciones, uso de equipos, etc., por tanto, se capacitó al personal (técnicos instaladores, obreros, maestros de obra, ayudantes) y cuerpo técnico (Ing. residente, Ing. de seguridad, Ing. prevencionista) en un curso de inducción dictado por el área de seguridad de la Villa Cuajone.

Teniendo en cuenta las charlas de inducción, el cuerpo técnico procedió a analizar e identificar todas las actividades en documentos respectivos como lo son: ATS; Análisis de Trabajo Seguro, IPERC; Identificación de peligros, evaluación de riesgos y control, PETS; Procedimientos escritos de trabajo seguro, de igual manera se realizó las charlas de cinco minutos por el Ing. de Seguridad.

## b) Acometida desde la tubería matriz

Se identificó previamente las acometidas, dichas acometidas son las tomas de agua de la tubería principal de asbesto cemento a las válvulas principales de los sistemas de riego independientes, se identificó 28 tomas de agua de las cuales, son simple, doble, triple y cuádruple.

Para la conexión de la tubería matriz se utilizó un collarín simple de polipropileno de 140mm con salida de 2" rosca interna, una válvula tipo compuerta de 2" rosca interna como válvula principal. Así mismo como válvula de seguridad (control de presiones) se instaló una válvula de asiento inclinado de 2" rosca externa para cada casa. **Figura 7 y Figura 8.**



**Figura 8: Identificación de Tomas de agua: Moquegua Alta. Elaboración propia.**



**Figura 9: Identificación de Tomas de agua: Moquegua Baja. Elaboración propia.**



**Foto 5 y 6: Instalación de Collarín y Válvula de Control. Elaboración propia.**

### **c) Cruce de pista**

Se identificó 14 cruces de pistas y se demarcó con pintura. Se comunicó previamente al jefe de campamentos y a los propietarios de las actividades pertinentes para el trabajo, corte de pista con equipos profesionales, cierre de avenidas, etc. Para estas actividades se procedieron con los documentos respectivos para un buen trabajo y evitar los probables accidentes.

Con el martillo demoleedor y sus equipos de protección personal (EPP's) correspondientes, se procedió a quitar la masa asfáltica de 10 centímetros de espesor y con la ayuda de las lampas, picos y barretas se removi6 la masa compactada, se cav6 una profundidad de 60 centímetros para colocar la tubería de 63 milímetros de diámetro exterior para la conducción del agua hacia las válvulas de control.

El corte de la pista se programó en dos partes: los primeros 50 por ciento y luego de terminado esta primera parte se procedió el 50 por ciento restante. En esta primera mitad se instaló la tubería respectiva de 63 milímetros, se tapó la zanja en capas compactadas cada 30 centímetros. Luego, terminado la primera parte se procedió en la misma forma en la otra mitad y finalmente se colocó la masa asfáltica respectiva.



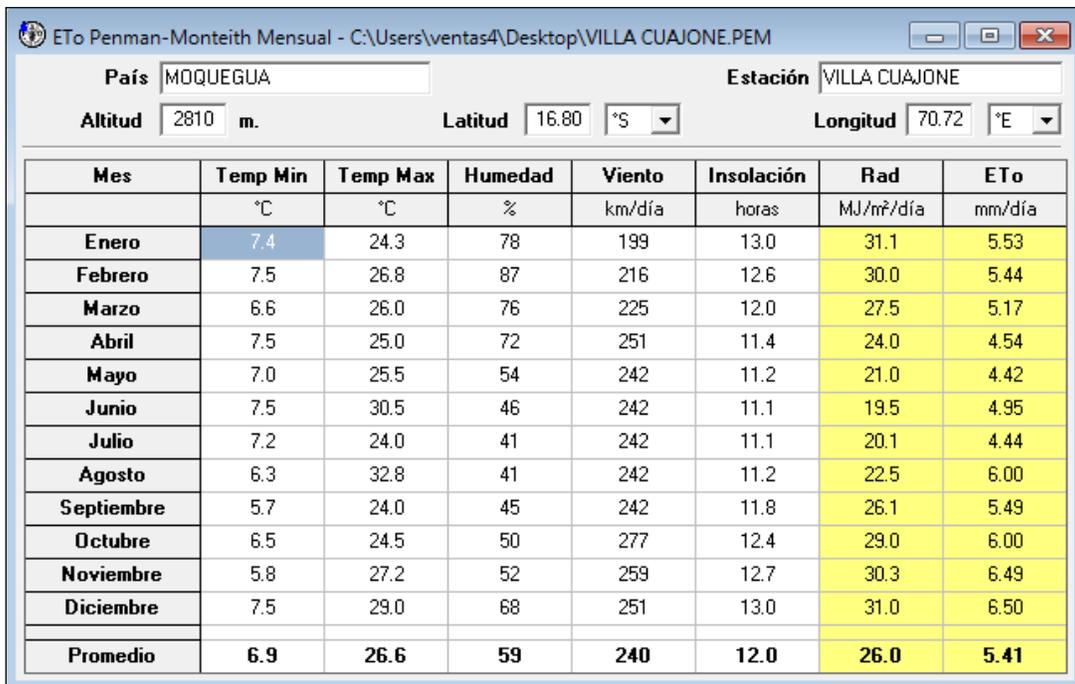
**Foto N° 07: Cruce de Pista. Elaboración propia.**

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Datos climatológicos

Se contó con información meteorológica para obtener la evapotranspiración.

**Figura 10. Calculo de ETo por Penman-Monteith con uso del *Software Cropwat***



The screenshot shows the 'ETO Penman-Monteith Mensual' software interface. The title bar indicates the file path: 'C:\Users\ventas4\Desktop\VILLA CUAJONE.PEM'. The input fields are: País: MOQUEGUA, Estación: VILLA CUAJONE, Altitud: 2810 m., Latitud: 16.80 °S, and Longitud: 70.72 °E. Below the input fields is a table with 8 columns: Mes, Temp Min (°C), Temp Max (°C), Humedad (%), Viento (km/día), Insolación (horas), Rad (MJ/m²/día), and ETo (mm/día). The table contains data for each month from Enero to Diciembre, plus a 'Promedio' row at the bottom.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	7.4	24.3	78	199	13.0	31.1	5.53
Febrero	7.5	26.8	87	216	12.6	30.0	5.44
Marzo	6.6	26.0	76	225	12.0	27.5	5.17
Abril	7.5	25.0	72	251	11.4	24.0	4.54
Mayo	7.0	25.5	54	242	11.2	21.0	4.42
Junio	7.5	30.5	46	242	11.1	19.5	4.95
Julio	7.2	24.0	41	242	11.1	20.1	4.44
Agosto	6.3	32.8	41	242	11.2	22.5	6.00
Septiembre	5.7	24.0	45	242	11.8	26.1	5.49
Octubre	6.5	24.5	50	277	12.4	29.0	6.00
Noviembre	5.8	27.2	52	259	12.7	30.3	6.49
Diciembre	7.5	29.0	68	251	13.0	31.0	6.50
Promedio	6.9	26.6	59	240	12.0	26.0	5.41

**Fuente: Elaboracion Propia.**

**NOTA:** La oferta de agua no tiene restricción debida que el tanque de almacenamiento de agua, está en constantemente lleno debido al nivel de flotador que cuenta.

## 4.2. Demanda de agua de las áreas verdes: Césped

**Cuadro 5. Demanda Hídrica de Áreas Verdes Urbanas (Sólo jardines)**

DEMANDA DE AGUA DE LAS AREAS VERDES: CESPED

DESCRIPCION	ENERO	FEBRER.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUB.	NOVIEM.	DICIEM.
Área Verde (Solo Césped)	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705	2.705
Kc ponderado	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ETO (mm/día)	5.5	5.4	5.2	4.5	4.4	5.0	4.4	6.0	5.5	6.0	6.5	6.5
ETO (mm/mes)	171.4	152.3	160.3	136.2	137.0	148.5	137.6	186.0	164.7	186.0	194.7	201.5
ETC (mm/mes)	171.4	152.3	160.3	136.2	137.0	148.5	137.6	186.0	164.7	186.0	194.7	201.5
Días del mes	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
Demanda Neta (mm/mes)	171.4	152.3	160.3	136.2	137.0	148.5	137.6	186.0	164.7	186.0	194.7	201.5
Eficiencia de Riego %	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0
Demanda Bruta (mm/mes)	206.5	183.5	193.1	164.1	165.1	178.9	165.8	224.1	198.4	224.1	234.6	242.8
Demanda Bruta (mm/día)	6.7	6.6	6.2	5.5	5.3	6.0	5.3	7.2	6.6	7.2	7.8	7.8
Demanda Unitaria (m <sup>3</sup> /Ha-día)	66.6	65.5	62.3	54.7	53.3	59.6	53.5	72.3	66.1	72.3	78.2	78.3
Modulo de Riego (lps/Ha)	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9
Demanda Total de Agua por mes (m <sup>3</sup> / mes)	5587.0	4964.2	5223.3	4438.8	4465.5	4839.7	4485.7	6061.8	5367.6	6061.8	6345.3	6567.0
Demanda Total de Agua por día (m <sup>3</sup> / día)	180.2	177.3	168.5	148.0	144.0	161.3	144.7	195.5	178.9	195.5	211.5	211.8

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 4.3. Diseño agronómico

**Cuadro 6. Diseño Agronómico - Áreas Verdes Urbanas (jardines)**

PARAMETROS DE DISEÑO AGRONOMICO - AREAS VERDES URBANAS			
DESCRIPCION	UNIDADES	VALORES	
Cultivo		GRASS	GRASS
Tipo de Emisor		Difusores	Rotores 3/4"
LAMINA DE RIEGO A REPONER			
Evapotranspiración - ETO	mm/día	6.5	6.5
Coefficiente Cultivo - Kc		1.0	1.0
Evapotranspiración Cultivo- Etc	mm/día	6.5	6.5
Precipitación Efectiva	mm/día	0	0
Lamina Neta de Riego	mm/día	6.5	6.5
Eficiencia de Riego	%	83	83
Lamina a Reponer	mm/día	7.8	7.8
CARACTERISTICAS AGRONÓMICAS			
Cultivo		GRASS	GRASS
Radio de Alcance	m	0.9 a 5.5m	7.6 a 15.2 m
Caudal del Emisor	m <sup>3</sup> /h	Variable	Variable
Dosis Total de Riego	mm/día	7.8	7.8
Precipitación Horaria	mm/h	41	10
Precipitación Horaria	m <sup>3</sup> /h-Ha	410	100
Tiempo de Riego	Horas	0.2	0.8
	min	11	47

**Fuente: Elaboración Propia.**

**NOTA:** Para determinar el tiempo de riego en este proyecto, se utilizó la dosis de riego máxima calculada en el *software* Cropwat 8.0. En general, se programa el sistema de riego con datos en máxima demanda, debido que, se pretende regar en el momento más oportuno y de mayor necesidad, dejando a un lado el factor precipitación.

Sin embargo, se debe realizar una programación de riego mensual, según las necesidades hídricas correspondientes de los cálculos de la evapotranspiración.

#### **4.4. Red de tuberías de PVC**

Se hizo el cálculo hidráulico de todas las casa en estudio, de acuerdo a los diversos criterios como velocidad crítica, presión de operación, longitud de tramos de tubería, diámetro interno de tubería de PVC.

Debido que se usó la red principal del Campamento Villa Cuajone, solo se hizo el diseño hidráulico de las tuberías portarregantes; de mayor a menor, la red de portarregantes fue conformada por una longitud de 300 m para tuberías de 63 mm de diámetro, 2065.5 m para tuberías de 1 ½ pulgada de diámetro, 2035.5 m para tuberías de 1 pulgada de diámetro, 7857 m para tuberías de ¾ de pulgada.

La clase que se asignó a toda la red de tuberías es de Clase 10, esta clase asignada garantiza el soporte a solicitaciones internas que se presentarán cuando el sistema entre en funcionamiento.

El costo total de toda la red del sistema de riego con los diámetros planteados es de S/. 28,900.00 nuevos soles.

El costo total de los emisores, equipos y conexiones de riego planteados es de S/. 22,100.00 nuevos soles.

## 4.5. Cálculos hidráulicos

Los cálculos hidráulicos fueron realizados a nivel de toda la tubería portaregante hasta cada las electroválvulas. Se utilizó una plantilla base en el *software* Excel, donde se tomó como criterio que la velocidad máxima fuese menor a 2 m/s y que la presión final de operación fuese hasta el 20 por ciento de la presión de operación.

Se tomará una casa modelo para explicar los detalles del cálculo hidráulico. Dichos cálculos y procedimientos se repite para las 59 viviendas restantes.

Tomamos como modelo la Vivienda N° 28, perteneciente a la zona de Moquegua Baja.



**Figura 11: Plano de riego: Vivienda 28.**

**Fuente: Elaboración propia.**

LEYENDA	
TUBERIA 3/4"	
TUBERIA 1"	
TUBERIA 1 1/2"	
ROTOR 5004	
ROCIADOR 1804	
ELECTROVALVULA	
VALVULA PLASSON	

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.5.1 Circuito N° 1: Rotores Modelo 5004 Rain Bird

Para poder obtener los diámetros de las tuberías, según la ubicación de los emisores de riego, se debe diseñar por el tramo más crítico, es decir, se ubica el emisor más alejado del sistema hasta el más cerca a la electroválvula. Por ello, enumeramos los tramos y medimos la longitud del tramo entre los aspersores.

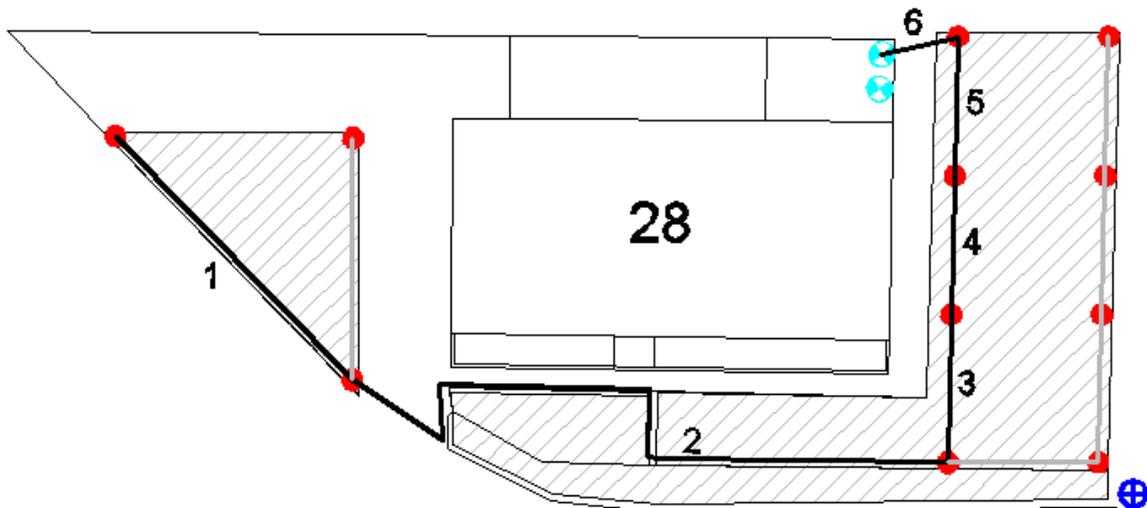


Figura 12: Ubicación de tramos: Rotores. Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 7. Tramos Circuito N°1**

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada		Veloc. Critica (mps)
						en (metros)	en (PSI)	
1				16.60				
2				36.60				
3				6.80				
4				6.80				
5				6.80				
6				1.50				
				75.10				

**Fuente: Elaboración propia.**

Luego, colocamos el caudal de cada aspersor o de los aspersores que comprenden los tramos identificados.

**Cuadro 8. Caudales de rotores según boquillas**

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada		Veloc. Critica (mps)
						en (metros)	en (PSI)	
1	0.09	0.09		16.60				
2	0.18	0.27		36.60				
3	0.49	0.76		6.80				
4	0.11	0.87		6.80				
5	0.11	0.98		6.80				
6	0.09	1.07		1.50				
				75.10				
				1.07				

**Fuente: Elaboración propia.**

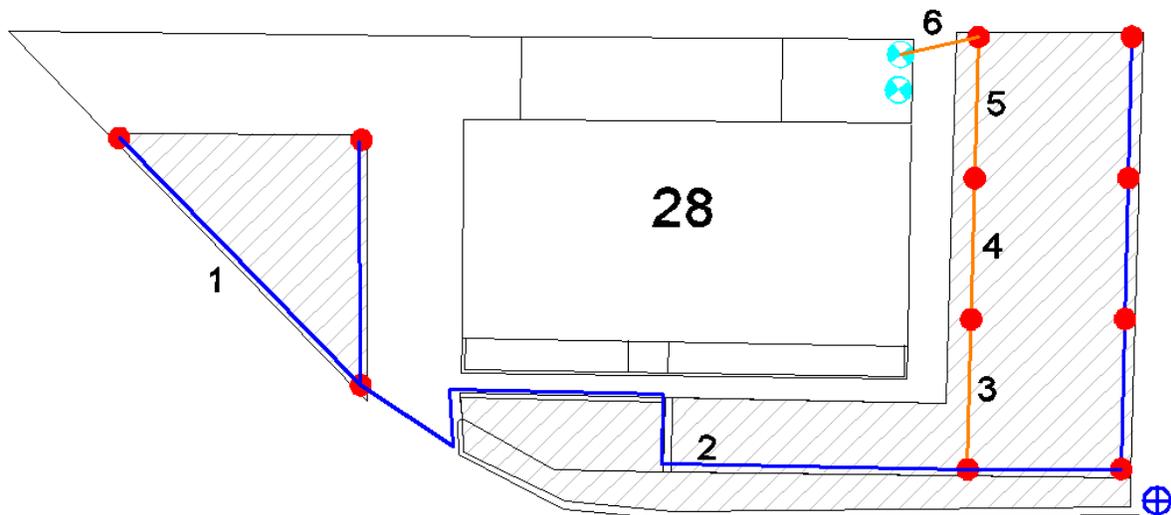
Seguido, para poder corroborar el diametro definitivo, se ingresa los diametros internos de las tuberias corroborando la perdida de Hf total (20% de la presion de operacion del emisor) y velocidad permisible (menor de 2 m/s). Se analizará tramo por tramo para poder identificar el diametro de tuberia correcto para la implementacion del sistema de riego.

**Cuadro 9. Selección de diámetros de tuberías: Rotores**

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada en		Veloc. Critica (mps)
						(metros)	(PSI)	
1	0.09	0.09	22.90	16.60	0.07	0.07	0.10	0.22
2	0.18	0.27	22.90	36.60	1.01	1.08	1.54	0.66
3	0.49	0.76	29.40	6.80	0.35	1.43	2.04	1.12
4	0.11	0.87	29.40	6.80	0.45	1.88	2.67	1.28
5	0.11	0.98	29.40	6.80	0.55	2.43	3.45	1.44
6	0.09	1.07	29.40	1.50	0.14	2.57	3.65	1.58
		1.07		75.10	2.57			

**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 13: Plano final de diseño hidráulico: Rotores ¾” Rain Bird**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Línea azul: tubería ¾”, línea anaranjada: tubería 1”**

#### **4.5.2 Circuito N° 2: Rociadores Modelo 1804 Rain Bird**

Para poder obtener los diámetros de las tuberías, según la ubicación de los emisores de riego, se debe diseñar por el tramo más crítico, es decir, se ubica el emisor más alejado del sistema hasta el más cerca a la electroválvula. Por ello, enumeramos los tramos y medimos la longitud del tramo entre los aspersores.



**Figura 14: Ubicación de tramos: Rociadores**

**Fuente: Elaboración propia.**

**Cuadro 10: Tramos Circuito N°2. Elaboración Propia.**

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada en		Veloc. Critica (mps)
						(metros)	(PSI)	
1				3.50				
2				3.50				
3				3.50				
4				3.50				
5				3.50				
6				3.50				
7				3.50				
8				3.50				
9				3.50				
10				3.00				
11				1.20				
12				1.20				
13				1.20				
14				0.80				
15				0.40				
16				2.40				
17				2.20				
18				2.20				
19				2.20				
20				2.20				
21				2.20				
22				2.20				
23				5.40				
24				15.00				
				60.30				

Luego, colocamos el caudal de cada aspersor o de los aspersores que comprenden los tramos identificados.

**Cuadro N° 11. Caudales de rociadores según boquillas. Elaboración propia.**

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada en		Veloc. Critica (mps)
						en (metros)	en (PSI)	
1	0.10	0.10		3.50				
2	0.10	0.20		3.50				
3	0.10	0.30		3.50				
4	0.10	0.40		3.50				
5	0.10	0.50		3.50				
6	0.10	0.60		3.50				
7	0.10	0.70		3.50				
8	0.10	0.80		3.50				
9	0.10	0.90		3.50				
10	0.10	1.00		3.00				
11	0.06	1.06		1.20				
12	0.12	1.18		1.20				
13	0.12	1.30		1.20				
14	0.12	1.42		0.80				
15	0.25	1.67		0.40				
16	0.06	1.73		2.40				
17	0.06	1.79		2.20				
18	0.12	1.91		2.20				
19	0.12	2.03		2.20				
20	0.12	2.15		2.20				
21	0.12	2.27		2.20				
22	0.12	2.39		2.20				
23	0.12	2.51		5.40				
24	0.13	2.64		15.00				
	2.64			60.30				

Seguido, para poder corroborar el diametro definitivo, se ingresa los diametros internos de las tuberias corroborando la perdida de Hf total (20% de la presion de operacion del emisor) y velocidad permisible (menor de 2 m/s). Se analizará tramo por tramo para poder identificar el diametro de tuberia correcto para la implementacion del sistema de riego.

**Cuadro 12. Selección de diámetros de tuberías: Rociadores. Elaboración propia.**

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada en		Veloc. Critica (mps)
						(metros)	(PSI)	
1	0.10	0.10	22.90	3.50	0.02	0.02	0.02	0.24
2	0.10	0.20	22.90	3.50	0.06	0.07	0.11	0.49
3	0.10	0.30	22.90	3.50	0.12	0.19	0.27	0.73
4	0.10	0.40	22.90	3.50	0.19	0.38	0.55	0.97
5	0.10	0.50	22.90	3.50	0.29	0.67	0.95	1.21
6	0.10	0.60	22.90	3.50	0.39	1.06	1.51	1.46
7	0.10	0.70	29.40	3.50	0.16	1.22	1.73	1.03
8	0.10	0.80	29.40	3.50	0.20	1.42	2.01	1.18
9	0.10	0.90	29.40	3.50	0.24	1.66	2.36	1.33
10	0.10	1.00	29.40	3.00	0.25	1.91	2.72	1.47
11	0.06	1.06	29.40	1.20	0.11	2.02	2.88	1.56
12	0.12	1.18	43.40	1.20	0.02	2.04	2.91	0.80
13	0.12	1.30	43.40	1.20	0.02	2.07	2.94	0.88
14	0.12	1.42	43.40	0.80	0.02	2.09	2.97	0.96
15	0.25	1.67	43.40	0.40	0.01	2.10	2.99	1.13
16	0.06	1.73	43.40	2.40	0.08	2.18	3.10	1.17
17	0.06	1.79	43.40	2.20	0.08	2.26	3.22	1.21
18	0.12	1.91	43.40	2.20	0.09	2.35	3.35	1.29
19	0.12	2.03	43.40	2.20	0.10	2.45	3.49	1.37
20	0.12	2.15	43.40	2.20	0.11	2.56	3.65	1.45
21	0.12	2.27	43.40	2.20	0.12	2.68	3.82	1.53
22	0.12	2.39	43.40	2.20	0.13	2.82	4.01	1.62
23	0.12	2.51	43.40	5.40	0.36	3.17	4.51	1.70
24	0.13	2.64	43.40	15.00	1.08	4.25	6.05	1.78
	2.64			60.30	3.17			





***Características eléctricas:***

Modelo PGA :	Solenoide de 24 VCA a 50/60 Hz
	Corriente de entrada: 0.41A a 60 Hz
	Resistencia de bobina: 30 – 39ohmios
Modelo DV :	Solenoide de 24 VCA a 50/60 Hz
	Corriente de entrada: 0.30A a 60 Hz
	Resistencia de bobina: 42 - 55ohmios

***Dimensiones:***

Modelo PGA :	150-PGA, 1 ½”
Modelo DV :	100-DV, 1”

**b) Difusor POP –UP de ½”, Serie 1804 con boquillas de arco variable (VAN)  
- RainBird**

Con conexión de entrada de agua en ½” en rosca interior NPT. Fabricado con precisión y moldeado con plástico resistente a los rayos UV y piezas de acero inoxidable resistentes a la corrosión. Funciona con todas las boquillas hembras estándares. La junta de estanqueidad co-moldeada proporciona una resistencia sin competencia a la arenilla, la presión y los factores ambientales. Se usó las boquillas VAN (Variable Arc Nozzle).



**Figura 17. Difusor emergente con boquilla de arco variable.**

**Fuente Rain Bird**

**Rango de operación:**

- Espaciamiento: de 0.9 a 5.5m. (Según el modelo de boquilla VAN que se use).
- Presión de trabajo: 1.0 a 4.8 bar.
- Velocidad de Aplicación promedio. : 43 mm/hr

**Especificaciones:**

- Entrada de 1/2" rosca hembra NPT.
- Boquillas intercambiables de arco variable.

**Dimensiones:**

- Altura de elevación de vástago: 10 cm.
- Altura del cuerpo: 15 cm
- Diámetro de superficie expuesta: 5.7 cm.

**Serie 18-VAN**

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	4,3	0,96	52	60
	1,5	4,8	1,07	47	55
	2,0	5,4	1,20	41	48
	2,1	5,5	1,21	40	46
	1,0	4,3	0,72	52	60
	1,5	4,8	0,80	47	55
	2,0	5,4	0,90	41	48
	2,1	5,5	0,91	40	46
	1,0	4,3	0,48	52	60
	1,5	4,8	0,54	47	55
	2,0	5,4	0,60	41	48
	2,1	5,5	0,61	40	46
	1,0	4,3	0,24	52	60
	1,5	4,8	0,27	47	55
	2,0	5,4	0,30	41	48
	2,1	5,5	0,30	40	46

**Serie 4-VAN**

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	0,9	0,14	189	218
	1,5	1,0	0,17	183	215
	2,0	1,2	0,20	152	176
	2,1	1,2	0,20	152	176
	1,0	0,9	0,12	198	229
	1,5	1,0	0,14	187	216
	2,0	1,2	0,16	148	171
	2,1	1,2	0,17	157	181
	1,0	0,9	0,07	173	200
	1,5	1,0	0,09	180	208
	2,0	1,2	0,10	139	161
	2,1	1,2	0,10	139	161
	1,0	0,9	0,05	247	285
	1,5	1,0	0,06	240	277
	2,0	1,2	0,06	167	193
	2,1	1,2	0,07	194	224

**Serie 6-VAN**

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	1,2	0,19	144	166
	1,5	1,5	0,23	112	129
	2,0	1,8	0,27	91	105
	2,1	1,8	0,27	91	105
	1,0	1,2	0,18	167	193
	1,5	1,5	0,21	124	143
	2,0	1,8	0,24	99	114
	2,1	1,8	0,25	103	119
	1,0	1,2	0,10	139	161
	1,5	1,5	0,11	98	113
	2,0	1,8	0,13	80	92
	2,1	1,8	0,14	86	99
	1,0	1,2	0,06	167	193
	1,5	1,5	0,07	124	143
	2,0	1,8	0,08	99	114
	2,1	1,8	0,08	99	114

**Serie 8-VAN**

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	1,8	0,27	91	105
	1,5	2,1	0,32	79	91
	2,0	2,3	0,38	78	90
	2,1	2,4	0,39	74	86
	1,0	1,8	0,25	103	119
	1,5	2,1	0,30	91	105
	2,0	2,3	0,34	86	99
	2,1	2,4	0,35	81	94
	1,0	1,8	0,19	117	135
	1,5	2,1	0,23	104	120
	2,0	2,3	0,26	98	113
	2,1	2,4	0,27	94	109
	1,0	1,8	0,12	148	171
	1,5	2,1	0,14	127	147
	2,0	2,3	0,16	121	140
	2,1	2,4	0,16	111	128

**Serie 10-VAN**

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	2,1	0,44	96	111
	1,5	2,4	0,53	89	103
	2,0	2,7	0,57	76	88
	2,1	3,1	0,59	63	73
	1,0	2,1	0,33	96	111
	1,5	2,4	0,40	89	103
	2,0	2,7	0,43	76	88
	2,1	3,1	0,48	68	79
	1,0	2,1	0,22	96	111
	1,5	2,4	0,27	89	103
	2,0	2,7	0,29	76	88
	2,1	3,1	0,33	71	82
	1,0	2,1	0,11	96	111
	1,5	2,4	0,13	89	103
	2,0	2,7	0,14	76	88
	2,1	3,1	0,17	73	85

**Serie 12-VAN**

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	2,7	0,40	55	63
	1,5	3,2	0,48	47	54
	2,0	3,6	0,59	46	53
	2,1	3,7	0,60	44	51
	1,0	2,7	0,30	55	63
	1,5	3,2	0,36	47	54
	2,0	3,6	0,45	46	53
	2,1	3,7	0,45	44	51
	1,0	2,7	0,20	55	63
	1,5	3,2	0,24	47	54
	2,0	3,6	0,30	46	53
	2,1	3,7	0,30	44	51
	1,0	2,7	0,10	55	63
	1,5	3,2	0,12	47	54
	2,0	3,6	0,15	46	53
	2,1	3,7	0,15	44	51

**Serie 15-VAN**

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	3,4	0,60	52	60
	1,5	3,9	0,72	47	55
	2,0	4,5	0,84	41	48
	2,1	4,6	0,84	40	46
	1,0	3,4	0,45	52	60
	1,5	3,9	0,54	47	55
	2,0	4,5	0,63	41	48
	2,1	4,6	0,63	40	46
	1,0	3,4	0,30	52	60
	1,5	3,9	0,36	47	55
	2,0	4,5	0,42	41	48
	2,1	4,6	0,42	40	46
	1,0	3,4	0,15	52	60
	1,5	3,9	0,18	47	55
	2,0	4,5	0,21	41	48
	2,1	4,6	0,21	40	46

Figura 18. Boquillas VAN (Variable Arc Nozzle). Fuente: Rain Bird.

c) **Rotor POP-UP de ¾"; serie 5004 con Boquillas RainCurtain - RainBird**

Rotor con ajuste de giro parcial y completo en un mismo equipo. Viene con juego de 12 boquillas. Su conexión de entrada es roscada interior NPT de ¾". Contiene una junta limpiadora multifuncional activada por presión que protege los elementos internos de suciedad.

***Rango de operación:***

- Altura de elevación: 10 cm.
- Caudal: 0.25 a 2.19 m<sup>3</sup>/h.
- Pluviometrías: 10 mm/h aproximadamente.
- Radio: de 7.6 m a 15.2 m.
- Intervalo de presión operativa: 1.5 – 8 bares.



**Figura 19. Aspersor rotor emergente de ¾". Fuente RainBird**

***Características:***

- Tecnología de boquillas de uniformidad Rain Curtain. Juego de 12 boquillas, cuatro de ángulo bajo 10° y ocho ángulo estándar 25°.
- Ajuste por la parte superior con símbolos de fácil lectura, sea parado o en funcionamiento siempre es fácil de ajustar.
- Mecanismo de embrague que permite un ajuste rápido del sector de riego, muelle potente de asegura la retracción del vástago.

***Dimensiones:***

- Altura de elevación de vástago: 10 cm.
- Altura del cuerpo: 18.5 cm
- Diámetro de superficie expuesta: 4.1 cm.

Toberas	bar	m	m <sup>2</sup> /h	■ mm/h	▲ mm/h
1,5	1,7	10,1	0,25	5	6
	2,0	10,2	0,28	5	6
	2,5	10,4	0,31	6	7
	3,0	10,6	0,34	6	7
	3,5	10,7	0,37	7	8
	4,0	10,6	0,40	7	8
	4,5	10,4	0,42	8	9
2,0	1,7	10,7	0,34	6	7
	2,0	10,8	0,36	6	7
	2,5	11,0	0,41	7	8
	3,0	11,2	0,45	7	8
	3,5	11,3	0,49	8	9
	4,0	11,1	0,52	8	10
	4,5	10,7	0,55	10	11
2,5	1,7	10,7	0,41	7	8
	2,0	10,9	0,44	7	9
	2,5	11,3	0,50	8	9
	3,0	11,3	0,56	9	10
	3,5	11,3	0,60	9	11
	4,0	11,3	0,64	10	12
	4,5	11,3	0,68	11	12
3,0	1,7	11,0	0,51	8	10
	2,0	11,2	0,55	9	10
	2,5	11,2	0,62	9	11
	3,0	12,1	0,69	9	11
	3,5	12,2	0,74	10	12
	4,0	12,2	0,80	11	12
	4,5	12,2	0,84	11	13
4,0	1,7	11,3	0,66	10	12
	2,0	11,6	0,71	11	12
	2,5	12,3	0,81	11	13
	3,0	12,7	0,89	11	13
	3,5	12,8	0,97	12	14
	4,0	12,8	1,04	13	15
	4,5	12,8	1,10	13	15
5,0	1,7	11,9	0,84	12	14
	2,0	12,1	0,91	12	14
	2,5	12,7	1,03	13	15
	3,0	13,5	1,13	12	14
	3,5	13,7	1,23	13	15
	4,0	13,7	1,32	14	16
	4,5	13,7	1,40	15	17
6,0	1,7	11,9	0,97	14	16
	2,0	12,4	1,05	14	16
	2,5	13,2	1,21	14	16
	3,0	13,9	1,34	14	16
	3,5	14,2	1,45	14	17
	4,0	14,9	1,55	15	17
	4,5	14,6	1,64	15	18
8,0	1,7	11,0	1,34	22	26
	2,0	11,8	1,45	21	24
	2,5	13,3	1,63	19	21
	3,0	14,1	1,79	18	21
	3,5	14,9	1,93	18	20
	4,0	15,2	2,06	18	21
	4,5	15,2	2,19	19	22

**Figura 20. Especificaciones Técnicas de Boquillas Rain Curtain.**

Fuente: Rain Bird – USA

**d) Controlador modelo RZX - RainBird**

Las funciones flexibles hacen que el controlador, modelo ESP-RZX, sea fácil de programar y lo convierten en el programador ideal para una gran variedad de aplicaciones, como sistemas de riego residenciales y áreas verdes de tamaño mediano. La programación basada en zonas permite programar cada válvula por separado; ya no es necesario explicar los “programas” a los usuarios, lo que eliminará las consultas por programación.

La gran pantalla LCD muestra toda la programación para cada zona al mismo tiempo. Su interfaz gráfica de usuario es simple y fácil de explicar, poniendo en función del programador al alcance de su mano.

***Características del programador***

- Su sencilla interfaz de usuario es fácil de explicar y presenta todas las características del programador en una sola pantalla.
- Se monta con solo dos tornillos.
- Pantalla LCD de grandes dimensiones con interfaz de usuario de navegación sencilla.
- Entrada de sensor meteorológico con anulación por software.
- Circuito de arranque de válvula maestra/ bomba.
- Memoria de programa no volátil.
- Puede programarse con alimentación por pilas.

***Características de programación***

- Programación basada en zonas, que permite asignar programas independientes a cada zona. (Se pueden asignar tiempos de funcionamiento, horas de inicio y días de riego específicos para cada zona)
- Contractor Rapid Programming™ copia automáticamente las horas de inicio y los días de riego de la zona 1 a las demás zonas durante la configuración inicial

- opciones de días de riego por zona: días específicos de la semana, días IMPARES del calendario, días PARES del calendario, programa cíclico (cada 1 – 14 días)
- Riego manual de TODAS las zonas o de una zona INDIVIDUAL

***Características avanzadas***

- Interruptor de diagnóstico electrónico
- Contractor Rapid Programming™ y “Copia de zona anterior” para una configuración inicial más rápida
- Almacenamiento/Restauración mediante Contractor Default™
- Anulación de sensor meteorológico
- Anulación de sensor meteorológico por zonas

***Especificaciones de operación:***

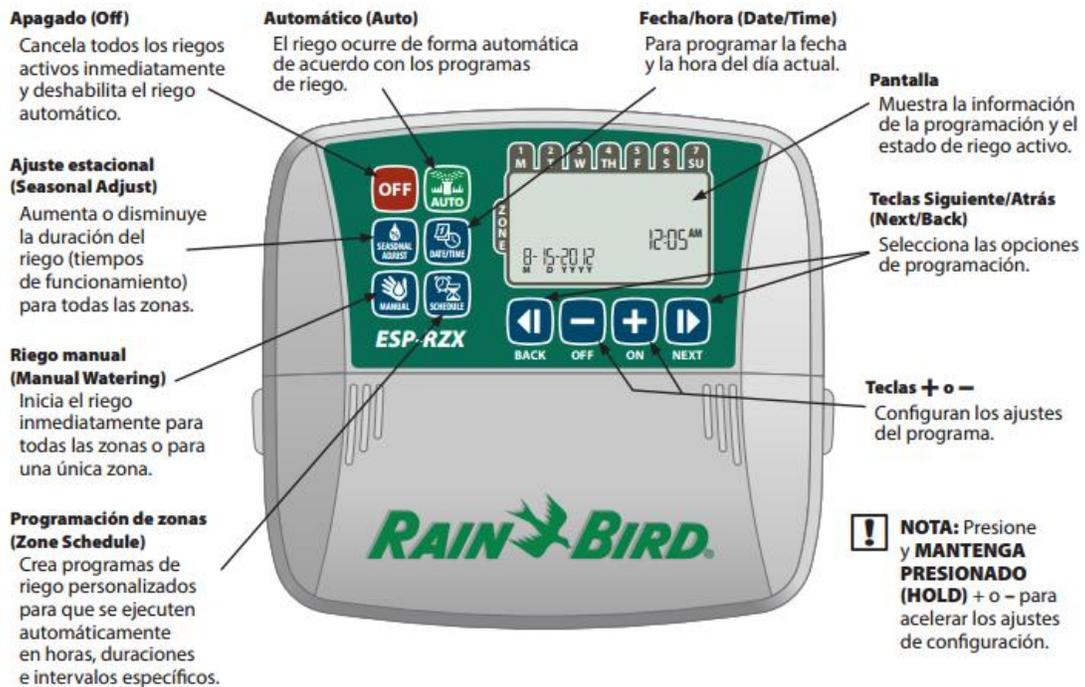
- Tiempos de estación: 0 a 199 min.
- Programación independiente por zona.
- 6 horarios de inicio por zona.
- Los ciclos de día del programa son días de la semana personalizada, impares pares y fechas cíclicas.
- Uso manual de estación INDIVIDUAL
- Uso manual de TODAS las estaciones

***Especificaciones Eléctricas:***

- 230 V de CA  $\pm$  10%, 50 Hz
- Salida: 24 V de CA 650 mA
- Alimentación de reserva: 2 pilas AAA permiten conservar la hora y la fecha; la programación se almacena en memoria no volátil

**Dimensiones:**

- Ancho: 16.9cm
- Altura: 15.0 cm
- Fondo: 3.9 cm



**Figura 21: Controlador RZX. Fuente: Rain bird**

## **4.7 Instalación de tuberías, válvulas y accesorios de PVC**

Los tubos de PVC se instalaron de acuerdo al diámetro que se diseñó para cada jardín a la profundidad de 30 centímetros. Se sacó el césped en “champas” con mucho cuidado con lampa y se colocó sobre el suelo en un lado con el césped invertido en contacto con el césped original que no se ha tocado. Luego, con pico y lampa, se colocó la tierra removida en el otro extremo de la zanja con su respectivo plástico (malla harpillera) en el jardín para evitar maltratar el Césped a la hora de limpiar. Cada cierto tramo se instaló una TEE, CODO o REDUCCION de diferente diámetro según los diseños realizados en gabinete. En cada accesorio se instaló un brazo articulado o swing joint, es una manguera flexible vinil de 16 milímetros, éste sistema evita que el emisor se instale de manera fija evitando roturas por pisadas o por las llantas de un auto.

En diversos casos, se encontró material rocoso o concreto, se utilizó un martillo demoledor para retirar dicho material y continuar con las zanjas respectivas. Se tuvo mucho cuidado al utilizar dicha herramienta, para lo que se consideró el uso de Equipos de Protección Personal; guantes, casco, lentes de seguridad, zapatos de seguridad, orejeras contra ruidos altos y permisos permitidos.



**Foto 8: Material Rocoso. Elaboración propia.**



**Foto 9: Martillo Demoledor. Elaboración propia.**

Cerca de las válvulas de control, independientes por cada casa, se instaló las válvulas principales, estas válvulas son de 1 ½ y 1 pulgada respectivamente dependiendo del caudal por sector diseñado.



**Foto 10: Electroválvulas de Control. Elaboración propia.**

#### **4.8 Colocación de emisores de riego y limpieza de redes**

En cada brazo articulado se instaló los emisores de riego sin boquillas; rotor de 3/4 pulgada y rociador de 1/2 pulgada, primero se anclo fijamente con tierra húmeda los emisores de riego, colocándolos de manera vertical al piso, seguido de la “champa” antes de taparlos. Estos tipos de Aspersores son de tipo POP-UP, es decir, su funcionamiento y operatividad básicamente se basan en la presión de entrada.



**Foto 11: Emisores de riego: Rociador. Elaboración propia.**

Finalmente, se procedió a la limpieza de las tuberías de PVC eliminando las impurezas que pudo quedar en su interior (por la instalación realizada previamente) y como el emisor está sin boquillas permitirá eliminar el agua sucia con facilidad (si hubiese estado con boquillas entonces se obstruiría).

## 4.9 Calibración de emisores de riego

Una vez realizado la limpieza de las redes de PVC y pasar las pruebas hidráulicas estáticas respectivas se procedió en tapar las zanjas que han quedado libre (en las uniones, en los quiebres, en los puntos de emisores, entre otras) con su respectiva compactación y/o reposición del césped.

Entonces, se hizo la prueba final que consistió en graduar los emisores de riego en lo que respecta a las boquillas, sector de circulo que debe de regar y alcance de radio de riego óptimo.



**Foto 12: Regulación del Difusor: Rango de Riego. Elaboración propia.**



**Foto 13: Regulación del Rotor: Rango de Riego. Elaboración propia.**

#### 4.10 Automatización del riego

Se ha propuesto un sistema de riego por aspersión a operarse en forma AUTOMÁTICA, debido que el riego se programó de manera nocturna.

Los **controladores de riego** se instalaron en la pared exterior de la casa cerca de la fuente de energía de ingreso. Cada controlador de riego cuenta con una llave termomagnética para evitar daños internos en caso que haya una caída/subida de tensión y una caja hermética de metal.

Las **electroválvulas de control de riego**; son electroválvulas con solenoides de 24V que se instalaron a la entrada del jardín que será hasta un máximo de 3 unidades (dependiendo del tamaño del jardín) y estarán ubicadas dentro de una caja protectora de polipropileno resistente a la humedad.

Los **cables eléctricos** entre el controlador de riego y las electroválvulas será un cable #16 protegido con una manguera corrugada flexible conduit de ½” para evitar accidentes.



**Foto 14: Controlador de Riego en caja hermética y conexiones. Elaboración propia.**

#### **4.11 Operación final del sistema de riego tecnificado**

Una vez concluido los trabajos pertinentes; tapado de zanjas, pruebas hidráulicas, regulación de sectores de riego, se hizo la operación general de todo el sistema de riego casa por casa con su respectivo controlador de riego automático.



**Foto 15: Operación del Sistema: Difusores. Elaboración propia.**



**Foto 16: Operación del Sistema: Rotores. Elaboración propia.**

#### **4.12 Planos constructivos**

Se realizó los planos constructivos correspondientes para cada vivienda intervenida con todos sus detalles respectivos: acometidas, válvulas de control de 2 pulgadas, electroválvulas de 1 y 1 ½ pulgada, tuberías secundarias y portalaterales, emisores de riego y controlador de riego. Planos hidráulicos y circuito eléctrico.

Se adjunta los planos respectivos a la vivienda N°28 como ejemplo de diseño hidráulico.

Ver Anexo I

#### 4.13-a TURNOS DE RIEGO: MOQUEGUA BAJA

El proyecto fue conformado por nueve zonas de riego en Moquegua Baja, de las cuales siete zonas de riego con cuatro viviendas y dos zonas de riego con tres viviendas y nueve zonas de riego en Moquegua Alta, de las cuales ocho zonas de riego con tres viviendas y una zona de riego con dos viviendas. En total son 60 viviendas (34 viviendas de MB y 26 viviendas de MA). Ver plano de turnos de riego, Anexo II

**Cuadro 13. Turnos de Riego: Moquegua Baja.**

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO I</b>	28	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	10:00pm	10:10pm
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	10:20pm	11:10pm
	35	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	10:00pm	10:10pm
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	10:10pm	10:20pm
		ROTOR	1"	TURNO III	50	10:20pm	11:10pm
	41	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	10:00pm	10:10pm
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	10:20pm	11:10pm
	7	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	10:00pm	10:10pm
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	2"	TURNO III	50	10:20pm	11:10pm

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
ZONA DE RIEGO II	29	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	11:10pm	11:20pm
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	11:20pm	11:30pm
		ROTOR	-	-	-	-	-
	36	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	11:10pm	11:20pm
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	11:20pm	11:30pm
		ROTOR	1"	TURNO III	50	11:30pm	12:20am
	40	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	11:10pm	11:20pm
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	11:30pm	12:20am
	8	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	11:10pm	11:20pm
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	11:20pm	11:30pm
		ROTOR	1.5"	TURNO III	50	11:30pm	12:20am

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
ZONA DE RIEGO III	17	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	12:20am	12:30am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	12:30am	12:40am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	12:40am	01:30am
	23	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	12:20am	12:30am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	12:40am	01:30am
	30	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	12:20am	12:30am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	12:30am	12:40am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	12:40am	01:30am
	25	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	12:20am	12:30am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	12:30am	12:40am
		ROTOR	1.5"	TURNO III	50	12:40am	01:30am

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
ZONA DE RIEGO IV	16	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	01:30am	01:40am
		ROTOR	1"	TURNO II	10	01:40am	01:50am
		ROTOR	1.5"	TURNO III	50	01:50am	02:40am
	22	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	01:30am	01:40am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	01:40am	01:50am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	01:50am	02:40am
	31	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	01:30am	01:40am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	01:40am	01:50am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	01:50am	02:40am

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
ZONA DE RIEGO V	15	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	02:40am	02:50am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	02:50am	03:40am
	32	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	02:40am	02:50am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	02:50am	03:40am
	20	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	02:40am	02:50am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	02:40am	02:50am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	02:50am	03:40am
	24	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	02:40am	02:50am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	02:50am	03:40am

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO VI</b>	33	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	03:40am	03:50am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1.5"	TURNO III	50	04:00am	04:50am
	14	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	03:40am	03:50am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	03:50am	04:00am
		ROTOR	-	-	-	-	-
	9	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	03:40am	03:50am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	03:50am	04:00am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	04:00am	04:50am
	38	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	03:40am	03:50am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	03:50am	04:00am
		ROTOR	-	-	-	-	-

**Fuente: Elaboración Propia.**

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO VII</b>	6	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	04:50am	05:00am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	05:10am	06:00am
	34	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	04:50am	05:00am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	05:00am	05:10am
		ROTOR	1.5"	TURNO III	50	05:10am	06:00am
	39	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	04:50am	05:00am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	05:00am	05:10am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	05:10am	06:00am
	13	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	04:50am	05:00am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	05:00am	05:10am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	05:10am	06:00am

**Fuente: Elaboración Propia.**

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO VIII</b>	12	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	06:00am	06:10am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	06:10am	06:20am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	06:20am	07:10am
	18	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	06:00am	06:10am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	06:10am	06:20am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	06:20am	07:10am
	27	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	06:00am	06:10am
		ROTORES	1.5"	TURNO II	10	06:10am	06:20am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	06:20am	07:10am
	37	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	06:00am	06:10am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	06:20am	07:10am

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO IX</b>	19	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	07:10am	07:20am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	07:20am	07:30am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	07:30am	08:20am
	26	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	07:10am	07:20am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	07:20am	07:30am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	07:30am	08:20am
	21	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	07:10am	07:20am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	07:20am	07:30am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	07:30am	08:20am

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.13-b TURNOS DE RIEGO: MOQUEGUA ALTA

**Cuadro 14. Turnos de Riego: Moquegua Alta.**

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO I</b>	<b>101</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	10:00pm	10:10pm
		ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO II	10	10:10pm	10:20pm
		ROTOR	<b>1"</b>	TURNO III	50	10:20pm	11:10am
	<b>116</b>	ROCIADOR	<b>1"</b>	TURNO I	10	10:00pm	10:10pm
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	<b>1"</b>	TURNO III	50	10:20pm	11:10am
	<b>126</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	10:00pm	10:10pm
		ROCIADOR	<b>1"</b>	TURNO II	10	10:10pm	10:20pm
		ROTOR	-	-	-	-	-

**Fuente: Elaboración Propia.**

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO II</b>	<b>102</b>	ROCIADOR	<b>1"</b>	TURNO I	10	11:10am	11:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	<b>1"</b>	TURNO III	50	11:20am	12:10am
	<b>115</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	11:10am	11:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	<b>1"</b>	TURNO III	50	11:20am	12:10am
	<b>125</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	11:10am	11:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	-	-	-	-	-

**Fuente: Elaboración Propia.**

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO III</b>	<b>103</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	12:10am	12:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	<b>1.5"</b>	TURNO II	50	12:20am	01:10am
	<b>117</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	12:10am	12:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	<b>1"</b>	TURNO II	50	12:20am	01:10am
	<b>124</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	12:10am	12:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO (min)	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO IV</b>	<b>104</b>	ROCIADOR	<b>1"</b>	TURNO I	10	01:10am	01:20am
		ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO II	10	01:20am	01:30am
		ROTOR	<b>1"</b>	TURNO III	50	01:30am	02:20am
	<b>114</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	01:10am	01:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	<b>1"</b>	TURNO III	50	01:30am	02:20am
	<b>123</b>	ROCIADOR	<b>1.5"</b>	TURNO I	10	01:10am	01:20am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO ( min )	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO V</b>	<b>105</b>	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	02:20am	02:30am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	02:30am	02:40am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	02:40am	03:30am
	<b>109</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	02:20am	02:30am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	02:40am	03:30am
	<b>118</b>	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	02:20am	02:30am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	02:30am	02:40am
		ROTOR	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO ( min )	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO VI</b>	<b>106</b>	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	03:30am	03:40am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	03:50am	04:30am
	<b>110</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	03:30am	03:40am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	-	-	-	-	-
	<b>119</b>	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	03:30am	03:40am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	03:40am	03:50am
		ROTOR	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO ( min )	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO VII</b>	<b>107</b>	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	04:30am	04:40am
		ROCIADOR	1.5"	TURNO II	10	04:40am	04:50am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	04:50am	05:40am
	<b>111</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	04:30am	04:40am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	04:50am	05:40am
	<b>120</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	04:30am	04:40am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	04:40am	04:50am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	04:50am	05:40am

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO ( min )	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO VIII</b>	<b>108</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	05:40am	05:50am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	05:50am	06:00am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	06:00am	06:50am
	<b>112</b>	ROCIADOR	1"	TURNO I	10	05:40am	05:50am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	08:00am	08:50am
	<b>122</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	05:40am	05:50am
		ROCIADOR	1"	TURNO II	10	05:50am	06:00am
		ROTOR	1"	TURNO III	50	06:00am	06:50am

Fuente: Elaboración Propia.

	CASA	ZONA	VALVULA	TURNO	TIEMPO DE RIEGO ( min )	HORA INICIO	HORA FINAL
<b>ZONA DE RIEGO IX</b>	<b>113</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	06:50am	07:00am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	07:00am	07:50am
	<b>121</b>	ROCIADOR	1.5"	TURNO I	10	06:50am	07:00am
		ROCIADOR	-	-	-	-	-
		ROTOR	1"	TURNO III	50	07:00am	07:50am

Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.14 Información técnica para el mantenimiento y operación del sistema de riego (Elaboración propia)**

Los Equipos son capaces de funcionar por muchos años sin ningún problema cuando se aplica, instala y mantiene como es debido. Estas instrucciones presentan la información básica y los métodos requeridos para la instalación y mantenimiento correctos.

El equipo se instaló según las exigencias del proyecto, pero su funcionamiento en exceso de estas condiciones pueden someterlo a esfuerzos para los cuales no está diseñado.

Cuando se trabaje en o alrededor de los equipos descritos en esta Guía de Mantenimiento y Operación es importante respetar las medidas de seguridad para proteger al personal con posibles lesiones.

La siguiente es una lista abreviada de las medidas de seguridad que deben mantenerse en mente.

- Evitar el contacto o manipulación de piezas que están girando.
- Evitar pasar por alto o dejar inoperante ninguna defensa o dispositivos protectores.
- No modificar o manipular los equipos instalados, consultar con el Especialista en sistemas de riego tecnificado si se estima necesario hacer una modificación.
- Usar solamente piezas de repuesto originales de cada equipo.
- Respetar lo indicado en todos los anuncios o etiquetas de precaución y peligro pegados al equipo.

Un **programa de mantenimiento** debe considerar observaciones periódicas de todo el sistema de riego, de manera que se pueda detectar con anticipación cualquier problema y tratarlo en forma oportuna. Si se lleva a cabo estas medidas preventivas, se puede evitar la necesidad de hacer reparaciones mayores.

#### **4.14.1 RUTINAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Un aspecto importante en el manejo del equipo es verificar de pies a cabeza todo el sistema de riego para evitar problemas a futuro. Se empezara por la fuente de agua (suciedad y estado), las redes de distribución, electroválvulas y emisores de riego.

- Primero al momento de recibir los accesorios y materiales se debe tener mucho cuidado de causar daños mecánicos (roturas por golpes).
- Verificar si los accesorios de conexión está bien ajustado (fugas en conexión roscadas).
- Tener los instrumentos o herramientas e información técnica necesarias para una posible reparación.

##### **a. FUENTE DE AGUA.**

En muchas ocasiones el agua de riego se almacena en reservorios que están al aire libre, en donde se crea un medio favorable la acumulación de basura, arenas, ramas y demás, sin embargo, éste reservorio, en este caso tanque, se encuentra cubierto evitando la acumulación de basura. Sin embargo siempre es necesario darle mantenimiento al reservorio; una limpieza adecuada y frecuente.

## **b. REDES DE DISTRIBUCION Y CONDUCCION**

La prevención de las obstrucciones de la red de conducción debe empezar antes de entrar en funcionamiento del Sistema de Riego, efectuando un lavado de la misma con agua a presión, con el fin de facilitar la salida de las partículas de plástico y de tierra que hubieran podido quedar dentro de las conducciones durante el montaje. Las fallas que puedan ocurrir en las tuberías se deben generalmente a deficiencias en su instalación, mal pegado, fallas o roturas.

Dichas tuberías ha sido fabricadas para resistir las presiones internas de trabajo y su presión de operación no debe exceder el límite de la presión nominal del tubo recomendado por el fabricante.

### **Recomendaciones para su operación:**

- Eliminar las burbujas o presencia de aire en las tuberías con válvulas de aire para evitar sobre presiones y roturas de tuberías.
- Llenar lentamente las tuberías con agua, abriendo de poco a poco las válvulas de seguridad.

### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- Limpiar las tuberías de conducción antes de presurizar el sistema, con el fin de vaciar los residuos que puedan obstruir los filtros de los aspersores.
- Se debe tener por lo menos una válvula de purga al final de las tuberías de conducción para facilitar el mantenimiento de las mismas.
- Para reducir el riesgo de taponamiento, tanto las tuberías matrices como las laterales de riego se deben “lavar”. El lavado

consiste en abrir el tapón final de la tubería y dejar escurrir el agua por varios segundos para eliminar los residuos que se han acumulado.

- Si tenemos tuberías en almacén, se deben almacenar en lugares con sombra para evitar las quemaduras.

### **c. ARCOS DE RIEGO: ELECTROVALVULAS**

Las electroválvulas permiten la operación automática del sistema de riego por aspersión, permitiendo conducir el agua a los emisores de riego mediante las tuberías portarregantes. Dichas válvulas permiten controlar el caudal y a su vez la presión de entrada al sistema.

#### **Recomendaciones para su operación:**

- Verificar que la manivela del estrangulador este totalmente abierta antes de regular la presión y caudal de cada válvula.
- En algunas modelos como la Electroválvula 100 DV, debido a su tamaño, cuentan con un sistema de purga de 1/8 de pulgada roscada, dicha purga elimina las diminutas burbujas dentro del diafragma para evitar mal funcionamiento de las mismas.
- Dichas válvulas son de apertura y cierre lento, para evitar el golpe de ariete en la red de tuberías.

#### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- Revisar periódicamente los diafragmas de las electroválvulas controlando deterioros.

- Al revisar los diafragmas, conservar los elementos componentes como tornillos, resortes y o-ring para evitar mal funcionamiento.
- Cuando se opera manualmente, se activa el solenoide de 24 voltios, éste al ser manipulado incorrectamente presenta fugas e impide el cerrado hidráulico de la válvula. Preferible operar de manera automática.
- Si se requiere mantenimiento a los solenoides, tener cuidado en no perder el pin magnético. Caso contrario, dicho solenoide queda inoperativo.
- Revisar los empalmes eléctricos para evitar falso contacto eléctrico.

#### **d. VALVULAS DE CONTROL**

Dichos dispositivos no deben faltar en un sistema de riego, ya que, su propio nombre lo dice, son dispositivos / válvulas de control y seguridad.

- ✓ **Válvula oblicua;** ubicadas en las tomas de agua, dichas válvulas controlan la presión de entrada al sistema. son válvulas de seguridad, en caso que suceda una rotura de tubería y /o mal funcionamiento de la electroválvula, la válvula oblicua se cierra completamente cortando el flujo de agua.

#### **Recomendaciones para su operación:**

- Verificar que la manivela de la válvula este completamente abierta el momento de presurizar el sistema de riego. Posterior ajustar a la presión adecuada,

- Verificar que no haya fuga en las conexiones para evitar pérdida de agua y presión.
- Verificar el sentido de la instalación para su correcto funcionamiento.
- No forzar ninguna válvula, si esta no opera de manera correcto habría que verificar el problema.

#### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- Al momento de dar mantenimiento a las válvulas, tener cuidado con perder los o-ring para evitar fugas.
  - Lubricar los anillos de asiento para evitar resequedad.
- ✓ **Válvula de aire;** ubicadas en las partes más altas de las tuberías. Sirven para eliminar las burbujas de aire evitando que se cree un efecto de sobre presión, golpe de ariete en los accesorios y tuberías de distribución e ingresar aire para evitar que las tuberías contraigan.

#### **Recomendaciones para su operación:**

- Comprobar la regularidad y el funcionamiento de las válvulas.
- Verificar que no esté taponado el desfogue de la válvula.
- Colocar las válvulas en las partes más altas de las redes principales.
- Colocar las válvulas de manera vertical para mejor funcionamiento.

### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- Controlar la hermeticidad de los empaques y el funcionamiento correcto. No deben presentar pérdidas de agua.
- Caso de pérdida de los o-ring, reemplazar por una válvula de aire nueva.
- Caso que presente fugas después de hacer el mantenimiento correcto, reemplazar por una válvula nueva.

### **e. EMISORES DE RIEGO**

Son los encargados de aplicar el agua en forma de lluvia. Su funcionamiento depende de las presiones de trabajo y el dimensionamiento de las redes de tubería diseñadas. Para que las condiciones sean optimas, se debe prevenir la obstrucción de los emisores.

### **Recomendaciones para su operación:**

- Deben trabajar con la presión óptima de trabajo.
- No deben presentar fugas por las juntas de estanqueidad, caso contrario, reemplazar por un emisor nuevo.
- Se deben utilizar las boquillas necesarias según el dimensionamiento de las áreas verdes.
- De igual manera, verificar que la boquilla este bien ajustada para evitar fugas y baja presión.

### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- Verificar si las boquillas cuentan con algún tipo de obstrucción (arena, gravilla, material biológico como algas, hojas).
- Verificar si las boquillas están rotas debido al uso de maquinaria para mantenimiento de las áreas verdes.
- Revisar el vástago, caso se encuentre dañado, el sello de limpieza se encuentra dañado. Se recomienda reemplazar el emisor de riego.
- Se debe inspeccionar cada aspersor y lavarlo con abundante agua limpia para remover los sedimentos.

### **f. CONTROLADOR DE RIEGO**

Dicho controlador, modelo ESP-RZX, es especial para uso residencial debido que sus funciones de programación son flexibles y amigables. Las programaciones son basadas en Zonas que permite que cada válvula se programe de manera independiente.

### **Recomendaciones para su operación:**

- Conectar el controlador a una llave termomagnética para proteger al equipo de las caídas/subidas de tensión.
- Fácil de programar y operar de manera manual.
- Fácil de montar e instalar.

### **Recomendaciones para el mantenimiento:**

- Verificar que las pilas AAA estén cargadas para poder mantener la memoria de la fecha y hora.
- Verificar que el controlador esté conectado a la energía de corriente alterna para que mantenga la programación guardada en la memoria.
- Limpiar el controlador con un trapo húmedo (solo por superficie).

## V. CONCLUSIONES

- Se diseñó e instaló el sistema de riego por aspersión para 60 viviendas con un área total de 2.705 Ha con rociadores y rotores.
- Se realizó el diseño agronómico empleando el *software* Cropwat 8.0 y los datos climatológicos correspondientes, obteniendo la lámina de riego de 7.8mm/día en máxima demanda.
- Se realizó el diseño hidráulico mediante una plantilla de Excel, donde se utilizó aspersores tipo POP-UP modelo 1804 de ½” para áreas pequeñas (5.4 metros de ancho máximo) y rotores modelo 5004 de ¾” para áreas más grandes (ancho a partir de 8-10 metros) con sus boquillas respectivas.
- Para la automatización del riego de las áreas verdes, se determinó un controlador de riego modelo RZX, debido que es un controlador que cuenta con funciones fáciles de manejar y específico para jardinería.
- Se utilizó la diferencia de altura entre el tanque de almacenamiento (2825m) y las viviendas del campamento Villa Cuajone, para obtener la presión necesaria para la operación de los equipos de riego instalados.
- La inversión del sistema de riego tecnificado en las áreas verdes intervenidas fue S/ 51,000.00 nuevos soles, entre tuberías, equipos y herramientas. Si se compara con el costo anual por servicio de riego manual (S/ 15,360.00 nuevos soles), la inversión se recupera en 03 años y 04 meses.

- El sistema de riego tecnificado para las 60 casas tiene un consumo de 211.5 m<sup>3</sup> por día, frente a los 285.1 m<sup>3</sup> consumidos con el riego convencional. Esto representa un ahorro del 25.8 por ciento del recurso hídrico. Esto a su vez representa un menor uso de las aguas tratadas que genera la mina y que podrán ser usadas para otros fines.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar mantenimientos periódicos del sistema de riego; limpieza de filtros de emisores de riego, verificación del vástago malgrado o roto, verificar si las boquillas están rotas, fugas en las tuberías y conexiones roscadas.
- Se recomienda no manipular los controladores de riego para evitar borrar la información registrada de los turnos de riego de cada vivienda, así mismo, colocar baterías alcalinas de larga duración en los controladores modelo RZX para conservar la programación del riego.
- Se recomienda para los usuarios nuevos, leer el documento de operación y mantenimiento para evitar el mal funcionamiento de los equipos de riego tecnificado.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADRA PERU. 2009. (Agencia Adventista para el Desarrollo y Recursos Asistenciales Perú). MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. Perú.
- CALVACHE, M. 1998. Introducción a la Agricultura de Regadío. PRONADER-IICA Quito.
- CARVALLO, J.P.; VARGAS, R. 2003. Válvulas de solenoide. Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María, Casilla Valparaíso, Chile.
- GONZALEZ, P. 2007. Introducción al riego y drenaje. Instituto de Investigaciones del Riego y Drenaje. Cuba.
- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistema de riego. Edición IICA. San José, Costa Rica.
- FERNANDEZ, R., OYONARTE, N., GARCIA, J., YRUELA, M., MILLA, M. 2010. Manual de riego para agricultores. Módulo 3: Riego por aspersión. Signatura ediciones de Andalucía, S.L. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla.
- JARA, J. Y VALENZUELA, A. 2000. “El agua en el suelo”, en curso “Formulación de Proyectos de riego localizado para la Ley 18.450”. INIA-Universidad de Concepción.
- ISRAELSEN, O.W. Y HANSEN, V.E. 1975. Principios y aplicaciones del riego. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España.
- MARTIN, A.; AVILA, R.; YRUELA, M.; PLAZA, R.; NAVAS, A.; FERNANDEZ, R. Manual de riego de jardines. Ediciones Ilustres S.L. Córdova. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla.

- PALOMINO, K. 2009. Riego por aspersión. Editorial Macro SAC, Miraflores, Lima.
- PORTO, J. Boletín informativo N°01 – riego tecnificado. 2010. Municipalidad de Torata. Moquegua
- TARJUELO, J.M. 1999. El riego por aspersión y su tecnología. 2da Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- TARJUELO, J.M. 1991. El riego por aspersión: diseño y funcionamiento. Ediciones de la Universidad de Castilla – La Mancha

## **VIII. ANEXOS**

### **8.1 ANEXO I**

**8.1.1. PLANO TOPOGRAFICO: VIVIENDAS VILLA  
CUAJONE**

**8.1.2. PLANO CONSTRUCTIVO DE LA VIVIENDA N° 28**

**8.1.3. PLANO ELECTRICO DE LA VIVIENDA N°28**

**8.1.4. PLANOS DE TURNOS DE RIEGO MA - MB**

## 8.2 ANEXO II

### 8.2.1. Cálculos Hidráulicos: Vivienda N° 28

Cuadro 15. Vivienda N°28 – Rociadores

a) VIVIENDA N° 28  
ROCIADORES

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada		Veloc. Crítica (mps)
						en (metros)	en (PSI)	
1	0.10	0.10	22.90	3.50	0.02	0.02	0.02	0.24
2	0.10	0.20	22.90	3.50	0.06	0.07	0.11	0.49
3	0.10	0.30	22.90	3.50	0.12	0.19	0.27	0.73
4	0.10	0.40	22.90	3.50	0.19	0.38	0.55	0.97
5	0.10	0.50	22.90	3.50	0.29	0.67	0.95	1.21
6	0.10	0.60	22.90	3.50	0.39	1.06	1.51	1.46
7	0.10	0.70	29.40	3.50	0.16	1.22	1.73	1.03
8	0.10	0.80	29.40	3.50	0.20	1.42	2.01	1.18
9	0.10	0.90	29.40	3.50	0.24	1.66	2.36	1.33
10	0.10	1.00	29.40	3.00	0.25	1.91	2.72	1.47
11	0.06	1.06	29.40	1.20	0.11	2.02	2.88	1.56
12	0.12	1.18	43.40	1.20	0.02	2.04	2.91	0.80
13	0.12	1.30	43.40	1.20	0.02	2.07	2.94	0.88
14	0.12	1.42	43.40	0.80	0.02	2.09	2.97	0.96
15	0.25	1.67	43.40	0.40	0.01	2.10	2.99	1.13
16	0.06	1.73	43.40	2.40	0.08	2.18	3.10	1.17
17	0.06	1.79	43.40	2.20	0.08	2.26	3.22	1.21
18	0.12	1.91	43.40	2.20	0.09	2.35	3.35	1.29
19	0.12	2.03	43.40	2.20	0.10	2.45	3.49	1.37
20	0.12	2.15	43.40	2.20	0.11	2.56	3.65	1.45
21	0.12	2.27	43.40	2.20	0.12	2.68	3.82	1.53
22	0.12	2.39	43.40	2.20	0.13	2.82	4.01	1.62
23	0.12	2.51	43.40	5.40	0.36	3.17	4.51	1.70
24	0.13	2.64	43.40	15.00	1.08	4.25	6.05	1.78
	2.64			60.30	3.17			

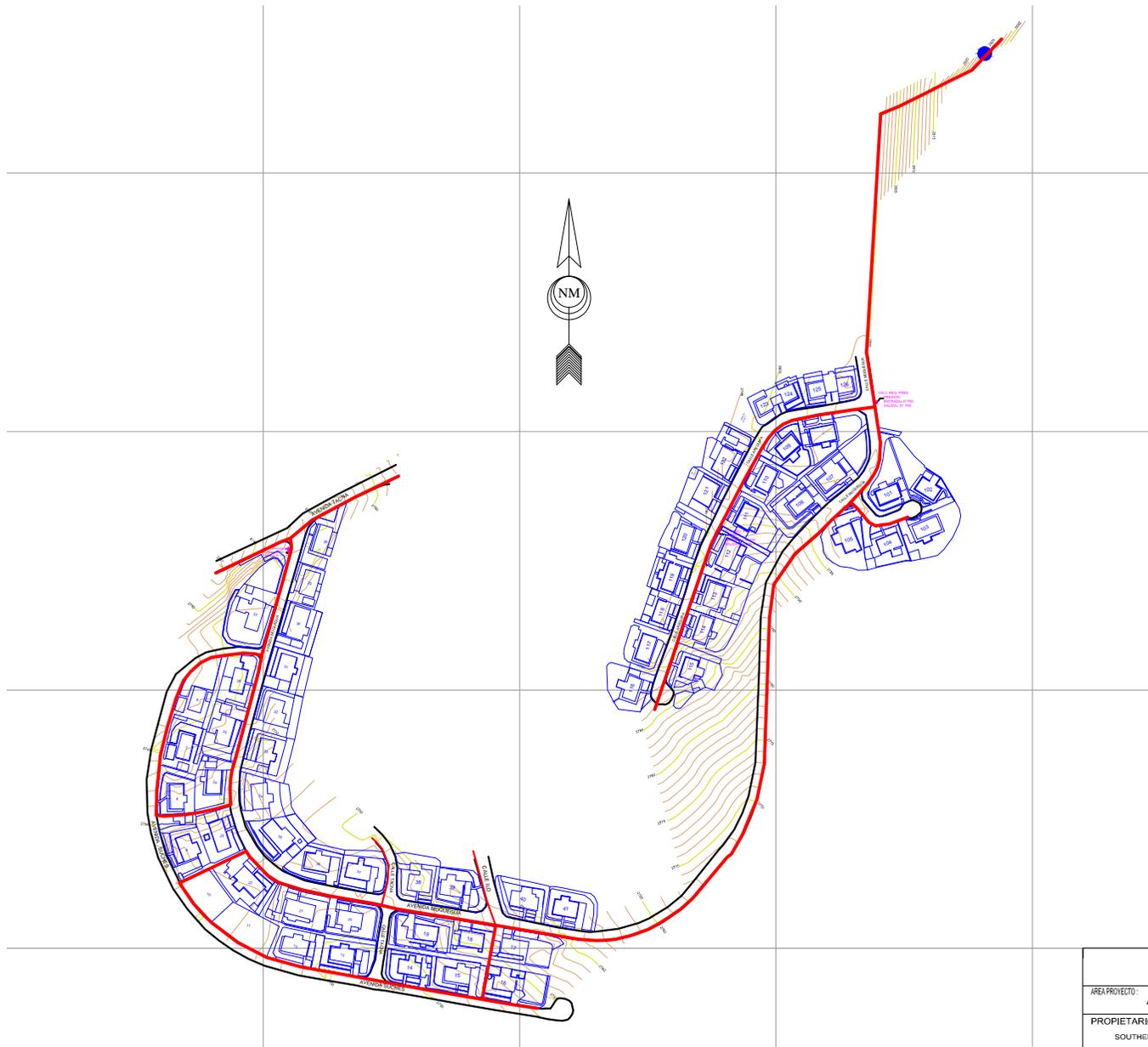
Fuente: Elaboración propia.

## Cuadro 16. Vivienda N°28 – Rotores

### b) CASA N° 28 ROTORES

Tramo #	Caudal Tramo (l/s)	Caudal Acum. (l/s)	Diamet. Interno (mm.)	Long. Tramo (metros)	Perdida HF (metros)	Perd. Acumulada		Veloc. Critica (mps)
						en (metros)	en (PSI)	
1	0.09	0.09	22.90	16.60	0.07	0.07	0.10	0.22
2	0.18	0.27	22.90	36.60	1.01	1.08	1.54	0.66
3	0.49	0.76	29.40	6.80	0.35	1.43	2.04	1.12
4	0.11	0.87	29.40	6.80	0.45	1.88	2.67	1.28
5	0.11	0.98	29.40	6.80	0.55	2.43	3.45	1.44
6	0.09	1.07	29.40	1.50	0.14	2.57	3.65	1.58
	1.07			75.10	2.57			

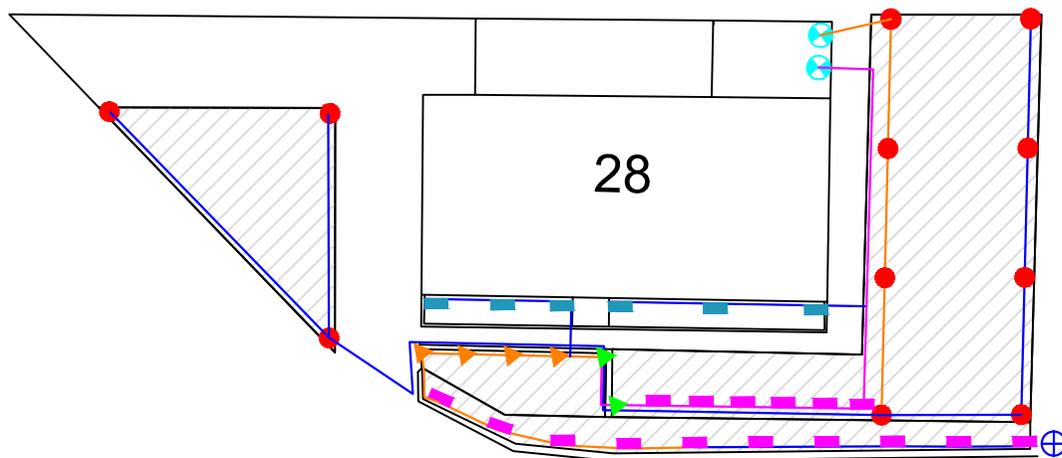
Fuente: Elaboración propia.



**PLANO TOPOGRAFICO: VILLA CUAJONE**

AREA PROYECTO: A=27050 m2	ESCALA : 1/5000	FECHA : 01 / DICIEMBRE / 2014
PROPIETARIO : SOUTHERN PERU COPPER CORP.	DIBUJADO : Bch. D.T.R.	LAMINA ANEXO I
DISEÑO : ING. A.B.H.	APROBADO : ING. A.B.H.	8.1.1

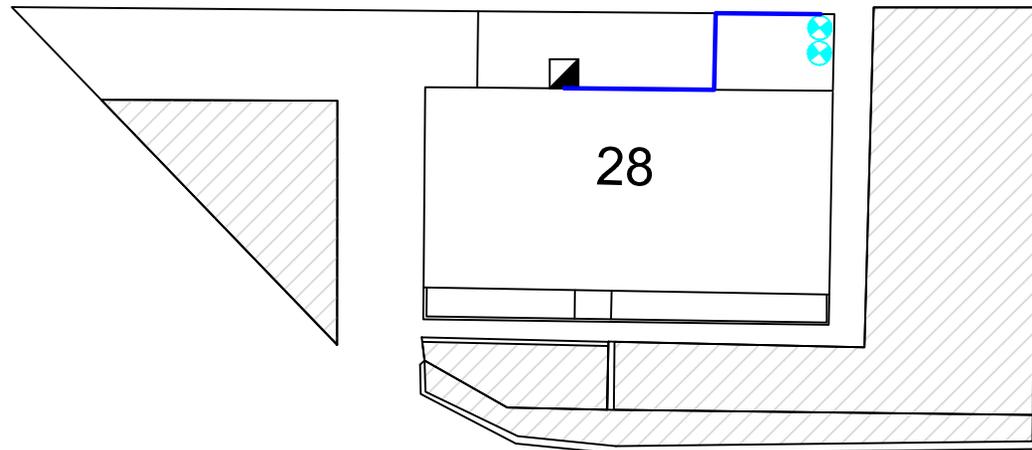
# PLANO DE RIEGO: VIVIENDA N° 28



LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
TUB. $\Phi$ 3/4 pulg.	
TUB. $\Phi$ 1 pulg.	
TUB. $\Phi$ 1 1/2 pulg.	
ROTOR 5004, BOQ.3, 7.6 a 11 m. Q= 0.09 a 0.11 LPS	
ROCIADOR 1804, BOQ. 9SST Area : 2.7 x 5.5 m, Q = 0.10 LPS	
ROCIADOR 1804, BOQ. VAN 15 Radio : 3.7 a 4.6 m, Q = 0.06 a 0.24 LPS	
ELECTROVALVULAS	
ROCIADOR 1804, BOQ. 15SST Area : 2.7 x 5.5 m, Q = 0.03-0.07LPS	
ROCIADOR 1804, BOQ. VAN 6 Radio : 1.2 a 1.8 m, Q = 0.04 a 0.16 LPS	
VALVULA PLASSON	

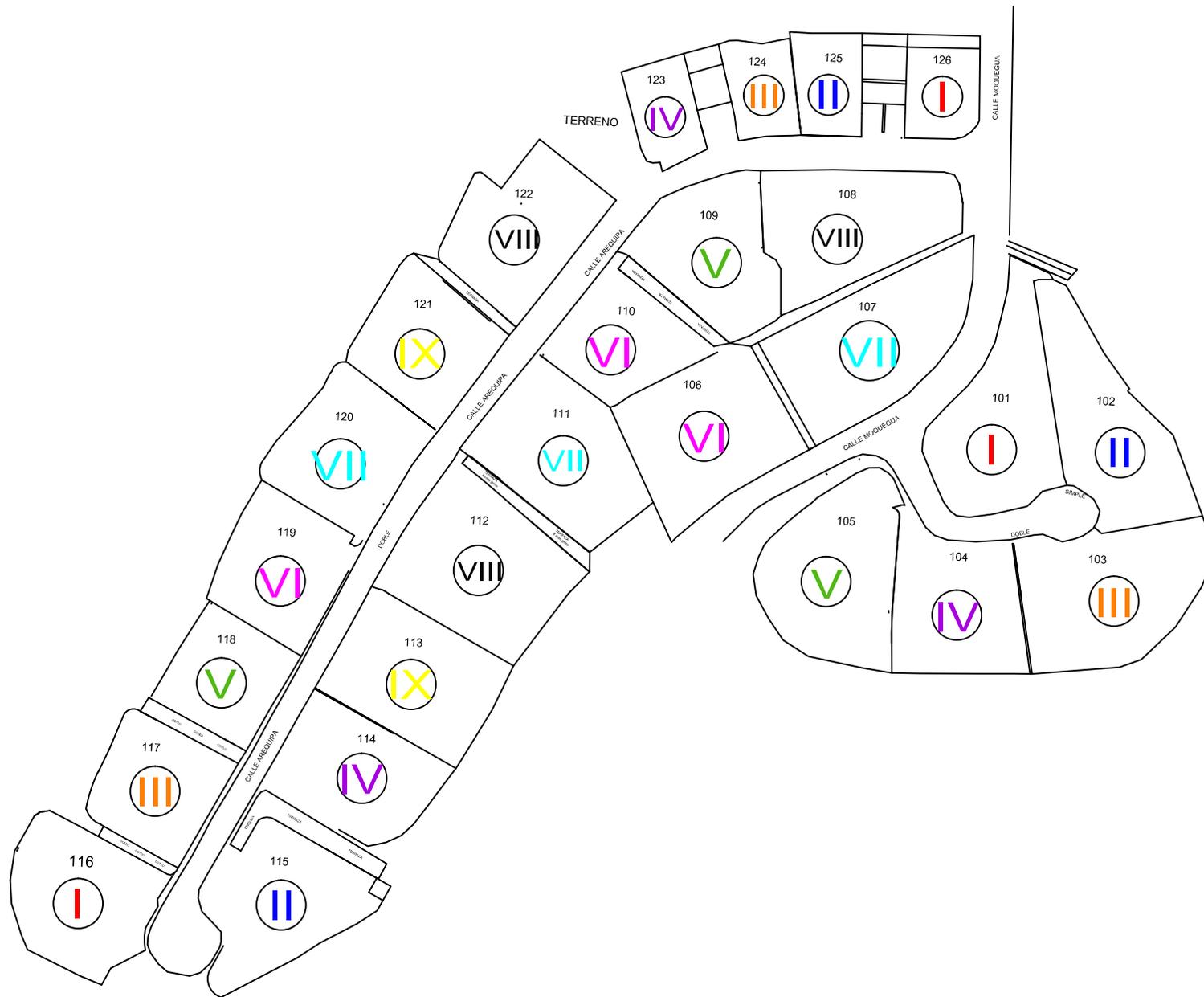
PLANO DE RIEGO DE VIVIENDAS - CAMPAMENTO VILLA CUAJONE		
AREA PROYECTO: A=13825.4 m <sup>2</sup>	ESCALA : 1 / 400	FECHA : 01 / OCTUBRE / 2013
PROPIETARIO : SOUTHERN PERU COPPER CORP.	DIBUJADO : Bch. D.T.R.	LAMINA ANEXO I
DISEÑO : ING. A.B.H.	APROBADO : ING. A.B.H.	8.1.2

# PLANO ELECTRICO: VIVIENDA N° 28

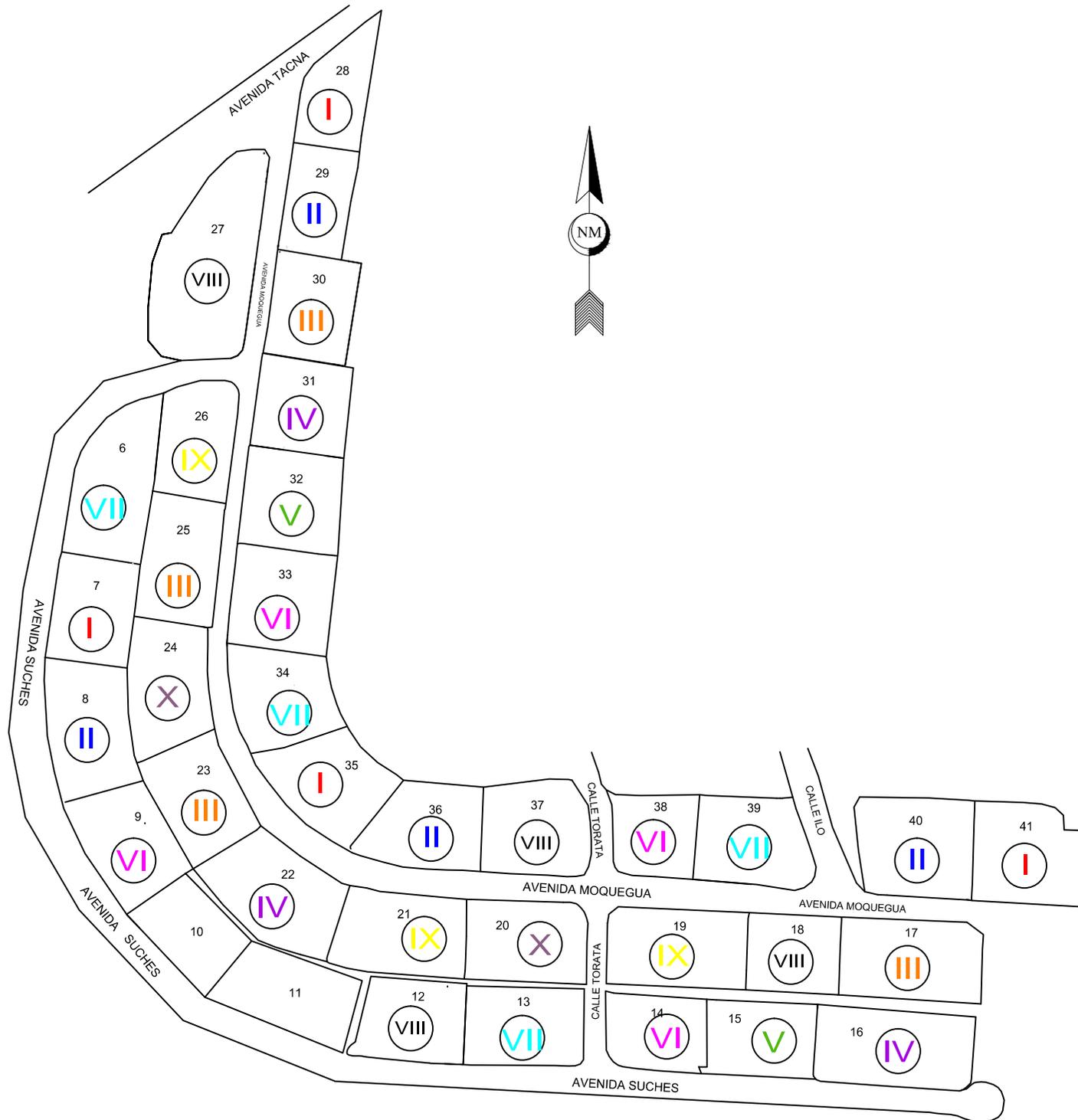


LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
MANGUERA CORRUGADA CONDUIT 1/2"	
ELECTROVALVULAS	
CAJA DEL CONTROLADOR: CONTROLADOR, TRANSFORMADOR Y LLAVE DIFERENCIAL	

ESQUEMA ELECTRICO DE VIVIENDAS - CAMPAMENTO VILLA CUAJONE		
AREA PROYECTO: A=27050 m2	ESCALA : 1 / 400	FECHA : 01 / OCTUBRE / 2014
PROPIETARIO : SOUTHERN PERU COPPER CORP.	DIBUJADO : Bch. D.T.R.	LAMINA <b>ANEXO I</b> 8.1.3
DISEÑO : ING. A.B.H.	APROBADO : ING. A.B.H.	



TURNOS DE RIEGO: MOQUEGUA ALTA		
AREA PROYECTO: A=27050 m2	ESCALA : 1/1500	FECHA : 01 / DICIEMBRE / 2014
PROPIETARIO : SOUTHERN PERU COPPER CORP.	DIBUJADO : Bch. D.T.R.	LAMINA ANEXO I
DISEÑO : ING. A.B.H.	APROBADO : ING. A.B.H.	8.1.4



TURNOS DE RIEGO: MOQUEGUA BAJA		
AREA PROYECTO: A=27050 m2	ESCALA : 1/2000	FECHA : 01/ DICIEMBRE 2014
PROPIETARIO : SOUTHERN PERU COPPER CORP.	DIBUJADO : Bch, D.T.R.	LAMINA ANEXO I
DISEÑO : ING. A.B.H.	APROBADO : ING. A.B.H.	8,1,4