

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTA DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA  
PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA  
POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN: SANEAMIENTO**

**AUTOR (S): Br. BRICEÑO VEGA, JHORDEN**

**Br. INFANTES CARRANZA, DANIEL ALFREDO**

**ASESOR: Ing. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

**<sup>1</sup>MIEMBROS DEL JURADO**

---

**ING. Serrano Hernández, José L.**  
**PRESIDENTE**  
**CIP:**

---

**ING. Vertiz Malabrigo, Manuel A.**  
**SECRETARIO**  
**CIP:**

---

**ING. Galicia Guarniz, William C.**  
**VOCAL**  
**CIP: 96091**

---

**ING. Narváez Arada, Ricardo A.**  
**ASESOR**  
**CIP:**

## PRESENTACION

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Facultad de Ingeniería, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Investigación titulado: **“INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO”** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Consideramos señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra universidad.

Los Autores,

Br. Briceño Vega, Jhorden

Br. Infantes Carranza, Daniel Alfredo

# DEDICATORIA

## A DIOS

Por la vida y la fe necesaria para poder superar cada obstáculo que me ha pasado. Por darme la fuerza para lograr mis metas en la vida y bendecirme con salud y amor.

A mis Padres **Reino y Angela**, por su lucha, sacrificio y esfuerzo constante, por su apoyo incondicional, por inculcarme valores y guiarme en el camino del bien, asimismo brindarme su comprensión, paciencia y confianza.

A mis hermanos **Marleny, Gladys, Yalene, Eliseo y Erlin Jamelin** por que la familia es y siempre será lo más importante en la vida.

Br. Briceño Vega, Jhorden

## **A DIOS**

Por permitirme llegar a esta etapa profesional con salud, brindándome la fortaleza espiritual necesaria para cumplir mis anhelos y proyectos profesionales.

A mis padres, **Daniel y Gregoria**, por ser los principales autores en este gran logro profesional, por el cariño, amor y motivación durante todos estos años. Enseñándome que la perseverancia y esfuerzo siempre permiten lograr todos nuestros objetivos.

A mis hermanas **Ianci y Marisol**, por ser un ejemplo profesional a imitar, sus consejos y enseñanzas me ayudaron a cumplir esta meta

Br. Infantes Carranza, Daniel Alfredo

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a **Dios** por bendecirme y darme la fuerza necesaria para llegar hasta donde estoy llegando, e iluminarme por el camino correcto y hacer que esta meta se me haga realidad.

A mis padres **Reino y Angela**, por su apoyo incondicional durante el recorrido de mi carrera ya que esta tesis no hubiera sido posible sin su apoyo. Dándome ánimos que continúe y no me rinda.

A mis padres hermanos **Marleny, Gladys, Yalene, Eliseo y Erlin Jamelin** por brindándome su apoyo y consejos. A nuestro asesor, ya que sin su ayuda esta tesis de investigación no hubiera sido posible.

Br. Briceño Vega, Jhorden

En primera instancia agradecer a **Dios** por permitirnos gozar de salud a toda mi familia, y permitir lograr culminar con satisfacción esta tesis.

A toda mi **Familia** por mostrarme su apoyo y confianza, para vencer obstáculos durante el camino hacia esta meta.

Agradecer a nuestro asesor el ING. Ricardo Narváez, por guiarnos y apoyarnos en el desarrollo de este proyecto. Adicionalmente a todos los docentes que contribuyeron en mi formación académica y profesional

Br. Infantes Carranza, Daniel Alfredo

# INCICE DE CONTENIDO

<b>PRESENTACION</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE GRAFICAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>INDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>XV</b>
<b>RESUMEN.</b> .....	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XVII</b>
<b>CAPITULO 1 INTODUCCION</b> .....	<b>18</b>
1.1. <i>Problema de investigación</i> .....	18
1.2. <i>Descripción Del Problema</i> .....	18
1.3. <i>Formulación del Problema</i> .....	19
1.4. <i>Objetivos De Investigación.</i> .....	19
1.4.1. Objetivo General: .....	19
1.4.2. Objetivos específicos: .....	20
1.5. <i>Justificación de la Investigación</i> .....	20
<b>CAPITULO 2 MARCO DE REFERENCIA.</b> .....	<b>21</b>
2.1. <i>Antecedentes del estudio.</i> .....	21
2.2. <i>Marco Teórico.</i> .....	26
2.2.1. Conceptos basicos:.....	26
2.2.1.1. Ecuaciones de perdida de energía por fricción: .....	26
2.2.1.2. Ecuaciones de Darcy – Weisbach: .....	26
2.2.1.3. Ecuación de Manning: .....	26
2.2.1.4. Ecuación de Hazen Williams:.....	27
2.2.1.5. Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams (c).....	28
2.2.2. OS.0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano ....	29
2.2.2.1. Velocidad admisible .....	29
2.2.2.2. Presiones de servicio.....	29

2.2.2.3. Cámara rompe presión para la línea de conducción.....	30
2.2.2.4. Instalación de Válvulas .....	30
2.2.2.5. Consumo:.....	31
2.2.2.6. Demanda de Agua: .....	32
2.2.2.7. Dotación:.....	32
2.2.2.8. Población de diseño.....	33
2.2.2.9. Una red de distribución se debe cumplir lo siguiente: .....	34
2.2.3. Sistema de abastecimiento de agua .....	35
2.2.4. Red de distribución de agua.....	36
2.2.5. Componentes de la red .....	37
2.2.5.1. Tubería.....	37
2.2.5.2. Aire y vacío dentro las tuberías. ....	40
2.2.5.3. Clases De Tuberías .....	41
2.2.6. Reservorio o tanque de almacenamiento .....	41
2.2.6.1. Criterios de diseño .....	42
2.2.6.2. objetivos de estos sistemas: .....	43
2.2.6.3. Tipos de Reservorios .....	44
2.2.6.4. Funciones de los reservorios. ....	45
2.2.6.5. Configuraciones De La Red De Abastecimiento .....	45
2.2.7. Pérdida de agua en redes de abastecimiento .....	47
2.2.7.1. Pérdidas reales .....	47
2.2.7.2. Pérdidas aparentes.....	49
2.2.8. Presiones en una red de distribución de agua potable.....	49
2.2.9. Calibración de una red de distribución .....	50
2.2.9.1. Fuentes de error en los modelos hidráulicos. ....	51
2.2.9.2. Procedimiento para la calibración de una red. ....	52
2.2.9.3. Criterios para evaluar la calibración de modelos hidráulicos ....	53
2.2.9.4. Técnicas de calibración para una red .....	56
2.2.10. Calibración del modelo .....	57
2.2.10.1. WaterCAD.....	57
2.3. <b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....	60
2.4. <i>Sistema de hipótesis</i> .....	62
2.4.1. Hipótesis .....	62

2.4.2. variables e indicadores.....	62
2.4.3. Operacionalizacion De Las Variables (Dimensiones E Indicadores)	62
<b>CAPITULO 3 METODOLOGÍA EMPLEADA .....</b>	<b>63</b>
3.1. <i>Tipo Y Nivel De Investigación.....</i>	63
3.1.1. Investigación Aplicativa: .....	63
3.1.2. Enfoque del Estudio: .....	63
3.1.3. Alcance del Estudio:.....	63
3.2. <i>poblacion y muestra de estudio.....</i>	63
3.2.1. Población:.....	63
3.2.2. Muestra: .....	63
3.3. <i>Diseño de investigación .....</i>	63
3.3.1. Tipo de investigación:.....	63
3.3.2. Diseño de investigación experimental: .....	64
3.4. <i>Tecnicas e instrumentos de investigacion .....</i>	64
3.5. <i>Procesamiento y análisis de datos .....</i>	65
3.5.1. Desarrollo del proyecto de investigación.....	65
3.5.2. Proceso de obtención de información. ....	65
3.5.3. Procedimiento en campo.....	71
3.5.3.1. Catastro de rdap sanjapampa.....	71
3.5.3.2. Estado actual de la red de agua potable.....	71
3.5.3.3. Topografía.....	76
3.5.3.4. Medicion de presion de agua .....	81
3.5.3.5. Simulacion del modelo hidraulico en watercad. ....	88
3.5.4. Calibración Del Coeficiente De Rugosidad, Mediante Darwin Calibrator (Watercadv8.1). ....	95
3.5.5. Calibracion optimizada. ....	100
3.5.6. Mejoramiento De La Red De Distribución Y Cumplimiento De Norma De Presión En Nodos Con Darwin Designer .....	102
3.5.7. Analisis de datos. ....	105
3.5.7.1. Simulación de red normada en waterCAD- Comportamiento de tuberías.....	105
3.5.7.2. Simulación calibrada de red en waterCAD- Comportamiento de tuberías.....	110

3.5.7.3. Elevación de Nodos NORMADOS: .....	115
3.5.7.4. Elevación de Nodos MEJORAMIENTO: .....	116
3.5.7.5. Presiones en la red: simulación de red normada. ....	117
3.5.7.6. Presiones De Red- Calibrada. ....	118
3.5.7.7. Simulación de red en Darwin Designer en waterCAD .....	119
3.5.7.8. Presiones de red– simulación de mejoramiento de la red.....	120
3.5.7.9. Influencia del coeficiente de rugosidad en las pérdidas de cargas. ....	121
<b>CAPITULO 4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>122</b>
4.1. <i>Análisis e interpretación de resultados</i> .....	122
4.1.1. Resultados de calibración del coeficiente de rugosidad de tuberías de la red .....	122
4.1.2. Relación de carga hidráulica medida en campo y calibrada.....	122
4.1.3. Comparación de cargas .....	125
4.1.4. Comparación de mediciones de campo .....	126
4.1.5. Validación de presiones de campo.....	127
4.1.6. Presiones máximas y mininas red normada.....	128
4.1.7. Parámetro de presiones en la red. ....	129
4.1.8. Presiones máximas y mínimas- propuestas.....	129
4.2. <i>Docimasia de hipótesis</i> . ....	130
<b>CAPITULO 5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>131</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>132</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>134</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXOS 1 .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXOS 2 .....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO 4.....</b>	<b>144</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Camara rompe presión CRP T-07 .....	30
Figura N° 2: consumo – Clasificación.....	31
Figura N° 3: Esquema General De Un Sistema de Abastecimiento De Agua Potable .....	35
Figura N° 4 The Distribution System in Hodaidah, Yemen .....	39
Figura N° 5 Características técnicas de la tubería para agua fría presión NTP 399.002 : 2015.....	40
Figura N° 6: Bolsa de aire y vacío. ....	40
Figura N° 7 reservorio de 5 m3 .....	41
Figura N° 8: Caja de Válvulas .....	43
Figura N° 9: Tipos de Reservorios. ....	44
Figura N° 10: Configuración de red en serie y Ramificadas.....	46
Figura N° 11: Configuración de redes mixtas.....	47
Figura N° 12: Esquema de Perdidas en la Red de Abastecimiento. ....	47
Figura N° 13 Tipos de fugas de Agua. ....	48
Figura N° 14: Ubicación de del proyecto .....	66
Figura N° 15 Ubicación de población de estudio.....	67
Figura N° 16: Zona de estudio delimitada .....	67
Figura N° 17: Red de distribución de agua potable .....	68
Figura N° 18: Diseño de UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO (UBS).....	69
Figura N° 19: Ubicación de captaciones con su respectivo caudal .....	72
Figura N° 20: Reservorios 20m3 y 15m3 respectivamente .....	73
Figura N° 21: Red abierta o Ramificada .....	74
Figura N° 22: Cámaras rompe presión (tipo CRP T7) .....	74
Figura N° 23: Camara rompe presión - tipo 7.....	75
Figura N° 24: Ubicación de válvulas.....	76
Figura N° 25: Equipo topográfico utilizado. ....	77
Figura N° 26: Parte más alta del lugar de trabajo.....	77
Figura N° 27: nivelación de equipo topográfico. ....	78
Figura N° 28: Lectura de GPS. (Cota).....	79
Figura N° 29: Toma de datos en libreta de campo. ....	79
Figura N° 30: Datos tomados en Libreta de campo # 01 .....	80

Figura N° 31: datos tomados en libreta de campo # 02 .....	81
Figura N° 32: equipos de para la toma de presión .....	82
Figura N° 33: Tee de bronce de ½" y el manómetro galeazzi envueltos con teflón .....	82
Figura N° 34 Unión de manguera con tee .....	83
Figura N° 35: conexión de manómetro galeazzi a la tee de bronce de ½" .....	84
Figura N° 36: Equipo instalado para empezar a trabajar.....	85
Figura N° 37: Grupos de trabajo para toma de presiones .....	86
Figura N° 38: viviendas tomadas como muestra .....	86
Figura N° 39: Proceso de toma de datos de presión.....	87
Figura N° 40: Lectura de la presión en el manómetro. ....	87
Figura N° 41: tuberías del RDAP. -AutoCAD.....	89
Figura N° 42: Curvas de nivel RDAP. -AutoCAD.....	89
Figura N° 43: Nombre del proyecto. ....	90
Figura N° 44: Configuración del Sistema de Unidades y modo de dibujo. ....	90
Figura N° 45: Determinar el Fluido a modelar y la ecuación de perdidas.....	90
Figura N° 46: Determinación diámetro de tubería y material.....	91
Figura N° 47: Creación de curvas de nivel .....	91
Figura N° 48: RDAP. ....	92
Figura N° 49: Ubicación de Reservoirio .....	93
Figura N° 50: Ubicación de CRP. T- TIPO-O7 .....	93
Figura N° 51: asignación de demanda en nudos.....	93
Figura N° 52: Colocación de caudal unitario. ....	94
Figura N° 53: Demanda.....	94
Figura N° 54: Comando Darwin Calibrator. ....	95
Figura N° 55: New calibration.....	95
Figura N° 56: Nombre de trabajo.....	96
Figura N° 57: creación de nueva DATA. ....	96
Figura N° 58: ubicación de puntos de presión.....	96
Figura N° 59: configuración de puntos tomados en campo. ....	97
Figura N° 60: Nuevo coeficiente de rugosidad. ....	97
Figura N° 61: Selección de material (PVC). ....	98
Figura N° 62: Agrupación de tuberías. ....	99

Figura N° 63: Configuración de algunos parámetros de calibración.....	99
Figura N° 64: Ejecución del programa.....	99
Figura N° 65: nueva calibración optimizada. ....	100
Figura N° 66: parámetros calibración. ....	101
Figura N° 67: calibración optimizada- presiones calibradas.....	101
Figura N° 68: calibración final.....	101
Figura N° 69: Darwin Designer.....	102
Figura N° 70: creación nuevo evento .....	102
Figura N° 71: selección de nodos, para aplicación de restricciones.....	103
Figura N° 72: asignación de diámetros comerciales de tuberías.....	103
Figura N° 73: selección de diámetros comerciales.....	104
Figura N° 74: validación y ejecución de datos.....	104

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla N° 1: Coeficiente de rugosidad de Manning .....	27
Tabla N° 2: comparación de ecuaciones de fricción.....	28
Tabla N° 3: Coeficientes de Hazen-Williams para varios materiales de tuberías .	29
Tabla N° 4 Dotación según tipo de opción tecnológica y región .....	32
Tabla N° 5: Dotación de agua para centros educativos. ....	33
Tabla N° 6: clases de tuberías PVC y máxima presión de trabajo .....	41
Tabla N° 7 Criterios prácticos para calibración de modelos según Water Authorities Association .....	54
Tabla N° 8 Criterios para la calibración de modelos sugeridos por el Comité de Aplicaciones Computacionales de Ingeniería de la American Water Works Association .....	55
Tabla N° 9: OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES.....	62
Tabla N° 10: coordenadas de ubicación del proyecto ( colegio y reservorio) .....	66
Tabla N° 11: Población actual de usuarios y habitantes .....	68
Tabla N° 12: Población 20 años .....	69
Tabla N° 13: Dotación de agua .....	70
Tabla N° 14: consumo promedio .....	70
Tabla N° 15: caudal promedio, máximo diario y máximo horario .....	70

Tabla N° 16: caudal unitario.....	70
Tabla N° 17: Línea de conducción .....	72
Tabla N° 18: Calculo volumen reservorio .....	72
Tabla N° 19: Diámetro de tuberías de la red de distribución .....	73
Tabla N° 20: Diferencia de cotas entre RESERVORIO & CRP.....	75
Tabla N° 21: Datos de presiones tomadas en campo .....	88
Tabla N° 22: red de tuberías- Red normada.....	105
Tabla N° 23: comportamiento de tuberías- simulación calibrada .....	110
Tabla N° 24: elevación de UBS- Normadas.....	115
Tabla N° 25: elevación UBS- Mejoradas .....	116
Tabla N° 26: presión en UBS. Red Normada.....	117
Tabla N° 27: presiones en UBS- red calibrada.....	118
Tabla N° 28: Darwin Designer- ajuste de la red de tuberías.....	119
Tabla N° 29: presiones en UBS- con mejora.....	120
Tabla N° 30: coeficiente de rugosidad- normado vs calibrado.....	121
Tabla N° 31: resultados de calibración.....	122
Tabla N° 32: comparación de cargas hidráulicas - 14 muestras .....	122
Tabla N° 33: comparación de cargas hidráulicas - 11 muestras .....	123
Tabla N° 34: comparación de cargas hidráulicas- medidas vs simuladas.....	125
Tabla N° 35: comparación de presiones .....	126
Tabla N° 36: comparación de cargas hidráulicas calibradas.....	127
Tabla N° 37: presiones mínimas en UBS.....	128
Tabla N° 38: Presiones máximas en UBS .....	128
Tabla N° 39: Darwin Designer.....	129
Tabla N° 40: presión mínima- red propuesta.....	129
Tabla N° 41: presión máxima- red propuesta.....	130
Tabla N° 42: Diferencias de pérdida de presión- normada vs calibrada.....	131

## **INDICE DE GRAFICAS**

Grafica N° 1: comparación cargas hidráulicas- medidas vs calibradas .....	123
Grafica N° 2: comparación cargas hidráulicas- medidas vs calibradas .....	124
Grafica N° 3: comparación cargas hidráulicas- medidas vs simuladas .....	125
Grafica N° 6: comparación de cargas hidráulicas calibradas .....	127
Grafica N° 5: diferencia de pérdida de presiones .....	131

## **INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación N° 1: pérdida de energía por fricción ~ Darcy - Weisbach .....	26
Ecuación N° 2: Factor de Fricción. ....	26
Ecuación N° 3: Pérdida de energía por fricción- Manning. ....	26
Ecuación N° 4: Pérdida De Energía Por Fricción – Hazen Williams. ....	27
Ecuación N° 5 población de diseño .....	33

## **RESUMEN.**

El presente proyecto de tesis consiste en evaluar la influencia del coeficiente de rugosidad en la pérdida de presión en una red existente de agua potable ubicada el Caserío de Sanjapampa – Sánchez Carrión.

Generalmente todos los proyectistas toman este dato coeficientes de rugosidad (150) de la normatividad vigente y son utilizados en todos los diseños de redes de agua potable en el Perú. Este dato varía con el pasar del tiempo y debería tomarse en cuenta para que el funcionamiento de la red sea óptimo para todo el tiempo que es diseñado.

se calcula y se estima el coeficiente de rugosidad, empleando diferentes métodos que nos presenta el software waterCAD (métodos implícitos evolutivos) estos están apoyados en el uso de Algoritmos Genéticos (AG). el coeficiente de rugosidad fue calibrado con datos obtenidos de campo (presiones). Al final se realiza un análisis de los valores obtenidos y se concluye sobre los mismos.

Todo esto se realiza con la finalidad de evaluar el comportamiento de la red calibrada respecto a la misma red bajo condiciones normadas. este comportamiento hídrico responde a las necesidades mínimas para una población.

El valor del coeficiente de rugosidad entre simulados y los observados en campo es de 142.50 lo que representaría el 5 % De desgaste generado por el uso en tres años de funcionamiento del sistema de redes.

## **ABSTRACT.**

The present thesis project consists of evaluating the influence of the roughness coefficient on the pressure loss in an existing drinking water network located in the Caserio de Sanjapampa - Sánchez Carrión.

Generally, all designers take this data roughness coefficients (150) from current regulations and are used in all designs of potable water networks in Peru. This data varies over time and should be taken into account so that the operation of the network is optimal for all the time it is designed.

The roughness coefficient is calculated and estimated, using different methods presented by the waterCAD software (implicit evolutionary methods), these are supported by the use of Genetic Algorithms (GA). the roughness coefficient was calibrated with data obtained from the field (pressures). At the end, an analysis of the values obtained is carried out and a conclusion is made on them.

All this is done in order to evaluate the behavior of the calibrated network with respect to the same network under standardized conditions. This water behavior responds to the minimum needs for a population.

The value of the roughness coefficient between simulated and those observed in the field is 142.50, which would represent 5% of wear generated by the use in three years of operation of the network system.

## CAPITULO 1 INTODUCCION.

### 1.1. Problema de investigación

Para el diseño de redes de agua potable, se nos recomienda a utilizar parámetros que pueden asumirse en base a los datos otorgados por la norma (RNE) o por el contrario obtenerse mediante investigación con justificación técnica. En la mayoría de los casos donde se ejecutan estos proyectos no se realizan investigaciones previas a ser diseñadas (visita a campo), dando pie a que se genere una incertidumbre respecto a la veracidad del comportamiento de la red. En el caso de redes existentes estas investigaciones ganan más importancia debido a que nos permiten tener una idea más clara de la RDAP.

El coeficiente de rugosidad utilizado en el diseño de redes de agua potable en el tiempo va presentando desgaste en las paredes internas de la tubería lo cual genera cambios con la simulación inicial. Por consiguiente, se realizó esta investigación en una red existente de agua potable, para verificar la influencia del coeficiente de rugosidad en presiones

Por tal motivo, se realizará la calibración y optimización de la RDAP. del Caserío de Sanjapampa. Para el estudio se realizó registros de presiones en la zona de estudio y permitirá el uso del programa WaterCAD V8i para realizar las simulaciones correspondientes a calibración y mejora de red, de tal forma que obtengamos resultados, confiables, válidos y que ofrezcan los datos necesarios para tomar decisiones acertadas de operación.

### 1.2. Descripción Del Problema

El caserío Sanjapampa, contaba con un sistema de agua potable obsoleto, razón por la cual se desarrolló en el año 2016 un “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación del servicio de saneamiento rural”.

Este caserío posee 3 captaciones; 1 con ladera (Los alisos) y dos con galería filtrante (Suro 1 y 2), lo cual es almacenado en un reservorio de 20m<sup>3</sup>.

El problema principal de la RDAP es la presión en algunos puntos de salida de las viviendas, siendo los usuarios más afectados los que se encuentran ubicados en una cota cercana a la del reservorio. En las épocas de verano

el agua en dicha localidad se sectoriza, porque los lugares donde se encuentran las captaciones no abastecen el almacenamiento del agua para su distribución por todos sus usuarios, siendo este un gran problema para la población.

Nos entrevistamos con el Sr. Antolino Rodríguez Valera, que es actualmente el vocal de la junta vecinal y el encargado del funcionamiento del sistema de agua, quien nos indicó la problemática que llevan día a día en la población por el déficit de agua potable, perjudicando especialmente al colegio "SANJAMPAMPA 80037/A1-P-EPM", por tal motivo es urgente mejorar el servicio de agua potable, para mejorar las condiciones y calidad de vida de la población. Además, el vocal de la junta vecinal nos mencionó que los habitantes de la parte más altas y alejadas del caserío, son los más perjudicados con el servicio de agua potable, debido a que muchas veces la presión del agua no llega de forma óptima, y cuando llega ellos tienen que almacenar agua en sus depósitos (baldes, cilindros, etc). Para no estar quedarse sin este líquido elemento.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿En qué medida afecta el incremento de el coeficiente de rugosidad en la perdida de presión de la red de distribución de agua potable en el caserío de Sanjapampa-Huamachuco?

### **1.4. Objetivos De Investigación.**

#### **1.4.1. Objetivo General:**

- Determinar el coeficiente de rugosidad para la estimación de la perdida de presión de la red de distribución de agua potable en el caserío de Sanjapampa-Huamachuco.

#### 1.4.2. **Objetivos específicos:**

- Realizar un levantamiento topográfico
- Realizar un catastro de redes de agua potable.
- Realizar mediciones in situ (presión).
- Comparar valores de campo vs valores simulados (waterCAD).
- Calibrar el coeficiente de rugosidad.
- Proponer mejoras.

#### 1.5. **Justificación de la Investigación**

El proyecto de tesis se justifica porque nos permitirá aplicar procedimientos y metodologías para comparar y evaluar un sistema de abastecimiento de agua potable existente, mediante un software de modelamiento numérico (WaterCAD), mejorando el procedimiento metodológico para un sistema óptimo de agua potable. Así mismo para realizar esta investigación se tomará las presiones en las viviendas del caserío de Sanjapampa y se aplicará un modelo matemático unidimensional con las medidas en cada punto de consumo, el cual al ser un método más exacto de predicción del comportamiento hidráulico nos evitará futuros gastos e inconvenientes para la población.

Socialmente el proyecto se justifica porque plantearemos una solución de rediseño para mejorar la calidad del servicio de agua potable existente en los pobladores, permitiendo cubrir sus necesidades con este servicio.

La investigación es viable porque se dispone de recursos financieros, materiales y humanos para desarrollar la tesis, además se cuenta con el tiempo necesario para realizar el estudio de campo (Sanjapampa) y de gabinete.

El acceso a la zona a los puntos de verificación de la toma de presiones ya está coordinando con el vocal de la junta vecinal de Sanjapampa.

Además, contamos con conocimientos adquiridos durante la preparación académica, así como también contamos el asesoramiento adecuado para desarrollar la investigación de la manera más óptima.

## CAPITULO 2 Marco De Referencia.

### 2.1. Antecedentes del estudio.

ANTECEDENTE 1: “DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD INTERNA DE LA TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD-RECICLADA PARA ALCANTARILLADO DE DIAMETROS DE 100 mm, 200 mm, 250mm”, 2015; Autor: Chipantasig Chipantashi, Rene Rafael – Universidad Central Del Ecuador.

el principal objetivo de esta investigación fue decidir cuál es el valor más óptimo del coeficiente de rugosidad ( $n$ ).

continuamente las investigaciones se dan por la necesidad de tener un conocimiento más profundo de los materiales con el cual están fabricadas las tuberías disponibles en este campo, al tener en el pasado un mercado únicamente con una única alternativa de tuberías construidas de hormigón, se ha generalizado la ejecución de proyectos asumiendo un mismo comportamiento hidráulico para todas las tuberías; y esto es usando la ecuación empírica de Manning, donde se consideraba un coeficiente de rugosidad constante que depende solamente del material de la tubería (hormigón); las tuberías de corrugadas de plásticos, siendo más livianas, mayor flexibilidad, fácil maniobrabilidad y su aptitud de ser instalada en forma mecanizada en la construcción de sistemas de conducción de agua a sección parcialmente llena y llena en redes de alcantarillados, sistemas de riego, conducción de aguas (crudas), trasvases, etc. obligan a que se evalúe el comportamiento real de las condiciones que corresponden al flujo en tuberías con contornos rugosos.

Debido a la incertidumbre y la posibilidad de calcular este coeficiente, través de este trabajo realizo un modelo físico que permite su estimación en función de los parámetros más representativos de la ecuación de Manning.

ANTECEDENTES 2: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA NANEGAL”, 2015; Autores: Br. CHANGOLUISA MORENO, ALEXANDRA E. y Br. CAJAMARCA QUISHPE, KLEBER G. - Universidad Politécnica Salesiana-Ecuador

El presente proyecto contiene una descripción detallada de los estudios y rediseños realizados para mejorar el sistema de la red de abastecimiento de agua potable de la parroquia Nanegal, ubicada en el cantón Quito, provincia de Pichincha.

Se realizó un censo de la población beneficiaria, el levantamiento catastral de las estructuras existentes, la evaluación hidráulica de los elementos y la determinación de los caudales de diseño a una vida útil de 30 años, con el fin de identificar las falencias del sistema. El resultado obtenido fue: La línea de conducción y la red de distribución cumplen con la norma de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito; pero las captaciones y las cámaras rompe presión se encuentran en malas condiciones, y los tanques de almacenamiento existentes no son suficientes para abastecer la demanda actual y futura. Por lo tanto, mediante este estudio se propone como alternativas de solución: la implementación de un tanque de reserva de 100 m<sup>3</sup> con una caseta de cloración de 500 lt, la ampliación de la red de distribución en 316.66 m, el mejoramiento de las condiciones hidráulicas y estéticas de las captaciones y cámaras rompe presión, a fin de garantizar la eficiencia del sistema para su buen funcionamiento.

ANTECEDENTE 3: “METODOLOGÍA PARA LA CALIBRACIÓN PRELIMINAR DE MODELOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN CONJUNTA DE DEMANDAS Y CONSUMOS DEPENDIENTES DE LA PRESIÓN”,2014; Autor: Molina arce, Stephenson X. – Universidad politécnica de Valencia- España.

Los modelos hidráulicos en las redes de abastecimiento de agua son frecuentemente utilizados por las empresas de abastecimiento y consultores para asistir en las tareas de planificación, diseño, evaluación de la operación, análisis de gestión energética y análisis de calidad del agua. Es así que

mientras más preciso sea el modelo hidráulico, resulta altamente confiable como herramienta de apoyo para la toma de decisiones, por consecuencia la calibración de éste resulta un requisito fundamental al momento de su desarrollo.

El presente Trabajo propone una metodología para la calibración preliminar de modelos hidráulicos. Fundamentada en hipótesis utilizadas como formulaciones teóricas para las técnicas de calibración avanzada. La propuesta metodológica está basada en la modelación de demandas dependientes de la presión, distribuidas espacialmente en función de la longitud de las tuberías y del nivel de fugas estimado para sectores de red definidos en el sistema de distribución.

La calibración se compone de cuatro procesos básicos que buscan calibrar el emisor global de fugas: determinar los coeficientes del patrón de consumo para la demanda base, ajustar coeficientes de pérdida de válvulas, y calibrar emisores de fuga distribuidos en los nudos del modelo hidráulico.

Para validar la metodología propuesta, ésta se ha aplicado a tres casos de estudio; los cuales consisten en sectores de red de distribución con diferentes rendimientos volumétricos, pertenecientes al sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Guayaquil (Ecuador).

**ANTECEDENTE 4: “ESTUDIO DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE TUBERÍAS ETAPA II”, 2016: autores: Cortez Mejía, Petronilo E. Velitchko Tzachkov. Rodríguez Varela, José M. Caldiño Villagómez Ignacio A. Figueroa Vásquez Jesús y Pellegrini Martínez Franco. -instituto mexicano de tecnología del agua- México.**

El objetivo de esta segunda etapa del proyecto fue continuar con los trabajos y estudios experimentales de los coeficientes de rugosidad de tuberías, con flujo a presión a superficie libre, el fin poder establecer sistemas y procedimientos para evaluar este coeficiente, y asimismo determinarlo para tuberías de PVC y PEAD para alcantarillado.

En el módulo de flujo a superficie libre se usó el canal de pendiente horizontal (nula) del IMTALAB para alojar las tuberías de prueba, y aprovechar su infraestructura de alimentación, medición y recirculación. Las múltiples actividades experimentales que se desarrollan en el canal de pendiente variable impidieron su uso en este estudio.

Uno de los resultados más importantes de este proyecto es el establecimiento de los módulos y procedimientos de prueba, que permitirán la realización de estudios específicos en tuberías de diferentes materiales y diámetros, y en diferentes condiciones operativas (deformación de algunos materiales al ser instaladas)

Para la determinación de los coeficientes de rugosidad  $n$  de Manning, se probaron tuberías de PVC y de PEAD en el módulo a presión y en el módulo a superficie libre. En el módulo a presión se obtuvieron valores similares en las tuberías de 6 pulgadas de diámetro de ambos materiales. Se presenta una discusión que explica este resultado mediante la teoría de Henry Morris, publicada por primera vez en los años 50 del siglo pasado. (La  $n$  de Manning no es una constante para un tubo dado, como muchas veces se asume en la práctica, sino que depende del número de Reynolds, de la misma manera como el factor de fricción  $f$  de Darcy-Weisbach. )

En el módulo a superficie libre con pendiente horizontal (nula), se probó tubería de PEAD de 12 pulgadas de diámetro con 11 diferentes caudales de flujo, de 0.00284 m<sup>3</sup>/s a 0.03565 m<sup>3</sup>/s, que implicaron 11 diferentes perfiles experimentales de Flujo Gradualmente Variado (FGV), los cuales fueron comparados con perfiles teóricos para determinar la  $n$  de Manning. Para cada uno de los 11 perfiles se obtuvo un valor diferente, acorde con lo reportado por la literatura técnica, cuyo promedio fue de 0.01245. Con el procedimiento de la pendiente de energía experimental el promedio resulta de 0.01333.

En otros estudios como el de la Universidad de Utah, en tuberías de PEAD de 12, 15 y 18 pulgadas de diámetro, se obtuvieron  $n$ 's de Manning promedio de 0.0119, 0.0148, y 0.0123 respectivamente.

Por su parte la Universidad de los Andes, que realizó pruebas en tubería de 600 mm, obtuvo un valor de  $0.0123 \pm 0.0001$ , que según lo que reportan explica el 100% de posibilidades de caudal y pendiente, para caudales entre 9.72 l/s y 97.2 l/s.

ANTECEDENTE 4: “EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE UNA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE SECTORIZADA EN FUNCIÓN DE LOS COEFICIENTES DE RUGOSIDAD Y VARIACIÓN HORARIA CALIBRADOS”, 2017; autores: BR. CHUQUIVIGUEL NUREÑA, CAROLD STEFANNY y BR. RODRIGUEZ ALVA, ALEJANDRO JESÚS- universidad privada Antenor Orrego- Perú.

el presente trabajo propuso evaluar el diseño de una red existente de agua potable sectorizada, en base a sus coeficientes de diseño de rugosidad y variación horaria los cuales fueron calibrados con datos obtenidos de campo. Generalmente los proyectistas toman estos coeficientes de la normatividad vigente y son utilizados en todos los diseños de redes de agua potable en el Perú. La red estudiada fue El Golf y aledaños, la cual se abastece con agua potable subterránea a través de un pozo tubular ubicado en el parque Guillermo Ganoza. la finalidad de evaluar el comportamiento hídrico de la red calibrada respecto a la misma red bajo condiciones normadas. este comportamiento responde a las necesidades de la población, las cuales fueron simuladas en diversos escenarios. se obtuvieron los coeficientes calibrado de “C” y “K2” con datos reales obtenidos de campo. Continuo a esto, se procedió al desarrollo del modelo hidráulico de la red de agua potable sectorizada utilizando los factores establecidos por el RNE como primera alternativa. Una vez establecido el modelo, se procedió a su calibración con los coeficientes obtenidos de la investigación para dar pie a realizar el análisis mediante la simulación de diferentes escenarios hidráulicos Bases Teóricas

## 2.2. Marco Teórico.

### 2.2.1. CONCEPTOS BASICOS:

#### 2.2.1.1. Ecuaciones de pérdida de energía por fricción:

“Estas ecuaciones se conocen con el nombre de ecuaciones de fricción, ya que por lo general relacionan la energía que se pierde en el proceso del movimiento del fluido a causa de la fricción entre la pared del ducto y el fluido”. (SALDARRIAGA, 1998).

#### 2.2.1.2. Ecuaciones de Darcy – Weisbach:

(SALDARRIAGA, 1998) pérdida de energía ocurrida durante el movimiento de fluidos.

**Ecuación N° 1: pérdida de energía por fricción ~ Darcy - Weisbach**

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H<sub>f</sub>: Energía por unidad de peso perdida por fricción

f: Factor de fricción de Darcy

L: Longitud del tramo de la tubería

D: Diámetro de la tubería

V: Velocidad media

El factor de fricción (f) está en función de manera compleja, respecto al número de Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa de la tubería(k/d):

**Ecuación N° 2: Factor de Fricción.**

$$f = F\left(Re, \frac{K_s}{d}\right)$$

#### 2.2.1.3. Ecuación de Manning:

(SALDARRIAGA, 1998)

**Ecuación N° 3: Pérdida de energía por fricción- Manning.**

$$H_f = 6.354 \frac{L * n^2 * V^2}{(D)^{1.33}}$$

Donde:

V: Velocidad (fps o m/s)

R: Radio hidráulico = área/ perímetro mojado (ft o m)

Hf: Pérdida de carga (ft o m)

L: Longitud de la tubería (ft o m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

D: diámetro de la tubería

El coeficiente de rugosidad responde al tipo de material de la tubería, Tabla N° 1: Coeficiente de rugosidad de Manning.

**Tabla N° 1: Coeficiente de rugosidad de Manning**

MATERIAL	n
PVC	0.009
Cemento de granulometría fría	0.010
Acero	0.011
Hierro fundido	0.015

**Fuente:** ICG – Modelación y diseño de sistemas de distribución de agua

#### 2.2.1.4. Ecuación de Hazen Williams:

(ADRIEN, 2004) es una fórmula empírica ampliamente utilizada para calcular la fricción en tuberías, para el agua que fluye bajo condiciones turbulentas. Cede a resultados comparables a los de la fórmula de Darcy-Weisbach en altos números de Reynolds. Expresa el flujo Q en una tubería en función de su diámetro D, pendiente  $S_o$ , y un coeficiente de fricción C entre 100 y 150 dependiendo del material y edad de la tubería.

**Ecuación N° 4: Pérdida De Energía Por Fricción  
– Hazen Williams**

$$Hf = 6.824 \frac{L}{D^{1.165}} \left( \frac{V}{C} \right)^{1.852}$$

Donde:

C: Coeficiente de fricción

V: Velocidad promedio

L: Longitud de tubería

D: Diámetro.

La ecuación (c) será empleada en la investigación utilizando el factor  $c$  de 6.79 (Coeficiente empírico del S.I.) para  $V$ : m/s y  $D$ :m

(MOTT, 2006) La fórmula de Hazen-Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos. Su uso se limita al flujo de agua en tuberías con diámetros mayores de 2.0 pulg (50.8 mm) y menores de 6.0 pies (1828.8 mm). La velocidad del flujo no debe exceder los 10.0 pies/s (3.048m/seg). Asimismo, está elaborada para temperaturas ordinarias de entre 5°C – 25°C). Su empleo con temperaturas mucho más bajas o altas ocasionaría cierto error.

La elección de la ecuación de Hazen - Williams responde a la Tabla N° 2

**Tabla N° 2: comparación de ecuaciones de fricción.**

<b>Darcy - Weisbach</b>	<b>Manning Hazen</b>	<b>Williams</b>
Todos los fluidos	Agua solamente	Agua solamente
Difícil obtener factor "f"	Fácil obtener factor "n"	Fácil obtener factor "C"
Para todos los regimenesr	Flujo turbulento	Flujo lamina
Uso poco común	Usada exclusivamente para alcantarillado sanitario	de uso común

*Fuente: Modelación y diseño de sistemas de distribución de agua*

#### **2.2.1.5. Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams (c).**

(López et al.,2003), señalan que "(...) el coeficiente de Hazen-Williams representa la influencia que la rugosidad de la conducción tiene en las pérdidas de carga." Por lo tanto, depende de la condición de la superficie interna de la tubería o conducto. La Tabla 1 muestra distintos valores del coeficiente de Hazen-Williams, dependiendo del material con que esté construida la tubería.

**Tabla N° 3: Coeficientes de Hazen-Williams para varios materiales de tuberías**

DESCRIPCION DE TUBERÍA	VALOR DE C
<b>Hierro fundido</b>	
Nuevo	130
5 años	120
10 años	110
20 años	90-100
30 años	75-90
Concreto	120
Revestimiento de cemento	140
Acero soldado	120
Acero remachado	110
Plástico	150
Asbesto de cemento	140

*Fuente: Terece (1999, p. 32).*

## 2.2.2. OS.0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano

(MVCS., 2018)

### 2.2.2.1. Velocidad admisible

Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

- La velocidad mínima no debe ser menor de 0,60 m/s. En ningún caso puede ser inferior a 0,30 m/s.
- La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s.

### 2.2.2.2. Presiones de servicio

Para la red de distribución se deberá cumplir con lo siguiente:

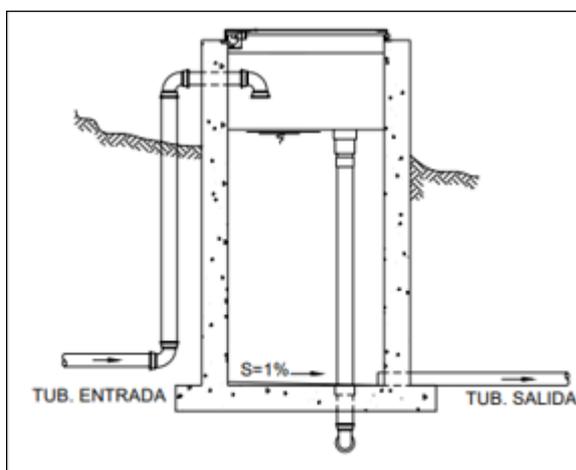
- La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a. y
- La presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a.

De ser necesario, a fin de conseguir las presiones señaladas se debe considerar el uso de cámaras distribuidora de caudal y reservorios de cabecera, a fin de sectorizar las zonas de presión.

### 2.2.2.3. Cámara rompe presión para la línea de conducción

Utilizadas cuando existe mucho desnivel (topografía accidentada) entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción. Esta estructura permite disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica). Se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel, pero para zonas rurales se puede colocar hasta 60 m de desnivel.

**Figura N° 1: Cámara rompe presión CRP T-07**



**Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales. Sistema de Abastecimiento por gravedad sin tratamiento.**

### 2.2.2.4. Instalación de Válvulas

Las válvulas deberán soportar las presiones de diseño y ser instalados en cajas de concreto con tapas metálicas aseguradas para evitar su manipuleo por extraños al manejo del sistema.

Las válvulas más usuales son:

- ✚ Válvula de compuerta: Se instalará al inicio de la línea para el cierre del agua en caso se requiera realizar reparaciones en la línea.
- ✚ Válvula de aire: Se utiliza para eliminar bolsones de aire en los lugares de contrapendiente, que de no eliminarse produce cavitaciones en la tubería. Se debe colocar en el punto más alto de la tubería.

- ✚ Válvulas de purga o limpia: Se utiliza en sifones, en el punto más bajo para eliminar sedimentos.
- ✚ Válvulas de retención: Se utiliza en línea de impulsión, para evitar el retroceso del agua, con el consiguiente vaciado del conducto y posibles daños a la bomba.

### 2.2.2.5. Consumo:

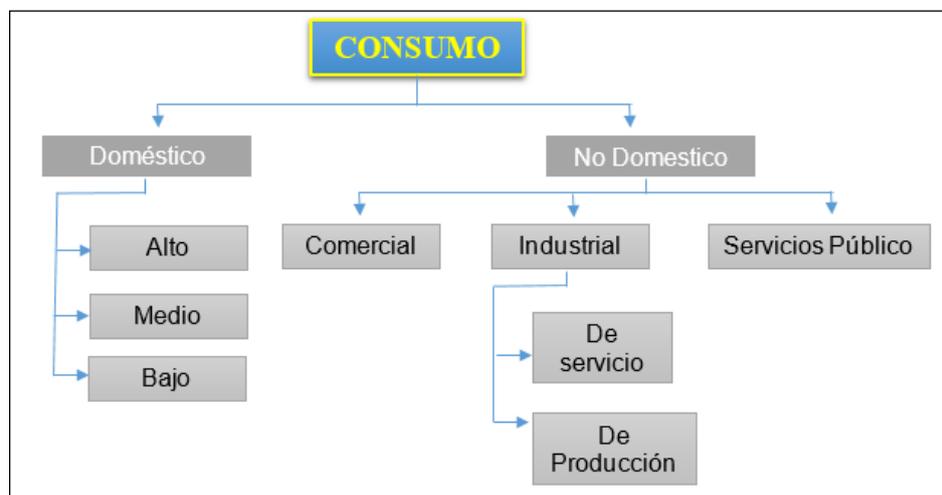
(COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2010) El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema.

Las condiciones climatológicas e hidrológicas, las costumbres locales y la actividad de los habitantes tienen una influencia directa en la cantidad de agua consumida

En zonas urbanas el consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en:

Esta clasificación se observa en la Figura N° 2

**Figura N° 2: consumo – Clasificación**



**Fuente: Comisión Nacional del Agua**

### 2.2.2.6. Demanda de Agua:

La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/d, en clima frío y de 220 l/hab/d en clima templado y cálido.

Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m<sup>2</sup>, las dotaciones serán de 120l/hab/d en clima frío y de 150 l/hab/d en clima templado y cálido.

Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 l/hab/d respectivamente.

Para habitaciones de tipo industrial, deberá determinarse de acuerdo al uso en el proceso industrial, debidamente sustentado.

Para habilitaciones de tipo comercial se aplicará la Norma IS.010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones.

### 2.2.2.7. Dotación:

La dotación es la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda.

**Tabla N° 4 Dotación según tipo de opción tecnológica y región .**

<b>DOTACION SEGÚN EL TIPO DE OPCION TECNOLÓGICA (l/hab.d)</b>		
REGIÓN	SIN ARRASTRE HIDRÁULICO (COMPOSTERA Y HOYO SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRAULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

**Fuente: R.M.192 – 2018 – VIVIENDA**

**Tabla N° 5: Dotación de agua para centros educativos.**

DESCRIPCION	DOTACIÓN (l/alumno.d)
Educación primaria e inferior (sin residencia)	20
Educación secundaria y superior (sin residencia)	25
Educación en general (con residencia)	50

**Fuente: R.M.192 – 2018 – VIVIENDA**

### **2.2.2.8. Población de diseño**

La tasa de crecimiento anual debe corresponder a los periodos intercensales, de la localidad específica

En caso de no existir, se debe de adoptar la tasa de la otra población con características similares, o en su defecto, la tasa de crecimiento distrital rural.

En caso, la tasa de crecimiento anual presente un valor negativo, se debe adoptar una población de diseño, similar a la actualidad a la actual ( $r=0$ ), caso contrario, se debe solicitar opción al INEI.

#### **Ecuación N° 5 población de diseño**

$$P_d = P_i * \left( 1 + \frac{r * t}{100} \right)$$

$P_i$ : población inicial (habitantes)

$P_d$ : población futura o diseño (habitantes)

$r$ : tasa de crecimiento anual (%)

$t$ : periodo de diseño (años)

#### **Caudal promedio**

$$Q_p = \frac{Dot * P_d}{86400}$$

$Q_p$ : Caudal Promedio Diario Anual En  $l/s$

$Dot$ : Caudal maximo diario en  $l/s$

$P_d$ : caudal maximo diario en  $l/s$

#### **Consumo maximo diario**

$$Q_{md} = Q_d * K_1$$

$Q_{md}$ : Caudal Maximo Diario En  $l/s$

$K_1$ : Ceficiente De Variacion Diaria ( $K_1 = 1.3$ )

### **Concumo maximo horario**

$$Q_{mh} = Q_d * K_2$$

$Q_{mh}$ : caudal maximo horario  $l/s$

$K_2$ : Ceficiente De Variacion horaria ( $K_2 = 2.0$ )

#### **2.2.2.9. Una red de distribución se debe cumplir lo siguiente:**

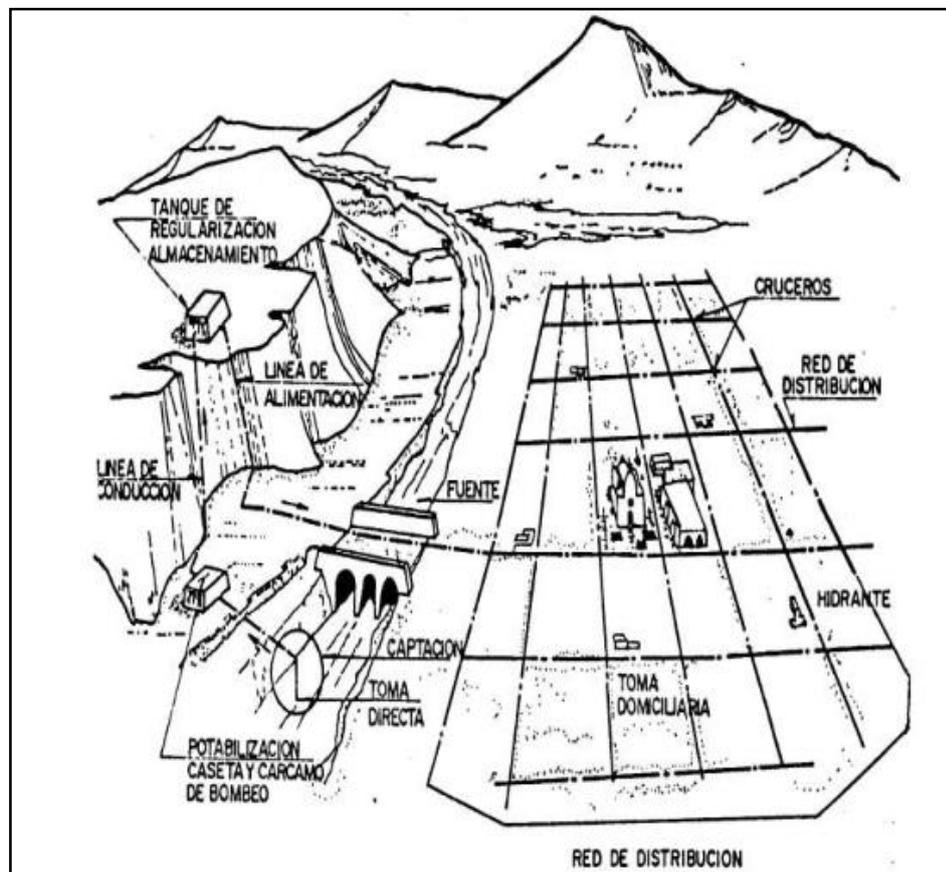
- Las redes de distribución se deben ser diseñadas para el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ )
- Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25mm (1"), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm ( $\frac{3}{4}$ ") para ramales.
- En los cruces de tuberías no se debe permitir la instalación de accesorios en forma de cruz y se deben realizar siempre mediante piezas en tee de modo que forme el tramo recto la tubería de mayor diámetro.
- La red de tuberías de abastecimiento de agua para consumo humano debe ubicarse siempre en una cota superior sobre otras redes que pudieran existir de aguas grises.

### 2.2.3. Sistema de abastecimiento de agua

“Un sistema de Abastecimiento de agua es un conjunto de diversas obras que tienen por objeto suministrar agua a una población en cantidad suficiente, calidad adecuada, presión necesaria y en forma continua” (RODRÍGUEZ, 2001)

El sistema de abastecimiento de agua potable está integrado por los siguientes elementos: Fuente, captación, conducción, tratamiento de potabilización, regularización y distribución.

**Figura N° 3: Esquema General De Un Sistema de Abastecimiento De Agua Potable**



Fuente: abastecimiento de agua, RODRIGUEZ Pedro

“Un buen servicio de agua potable debe suministrar agua de buena calidad, en cantidad suficiente a la presión necesaria, a toda hora y en todos los puntos de la población” (RODRÍGUEZ, 2001)

Las aguas según su procedencia se clasifican en:

- *Aguas meteóricas:*
  - Lluvias
  - Nieve
- *Granizo. Aguas superficiales.*
  - Ríos.
  - Arroyos.
  - Lagos.
- *Puquios, et Aguas subterráneas:*
  - De manantial.
  - De pozos somero

De galería filtrante En general los sistemas de abastecimiento de agua contienen los siguientes procesos (Trifunovic, 2006):

- Extracción y transporte de agua natural.
- Tratamiento y almacenamiento de agua.
- Limpieza, transporte y distribución de agua.

#### **2.2.4. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA.**

Según (MAGNE, 2008) La red de distribución de agua está constituida por un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua hasta las conexiones domiciliarias o hidrantes públicos. A los usuarios (domésticos, públicos, industriales, comerciales) la red deberá proporcionarles el servicio constante, en las cantidades adecuadas, calidad adecuada y con una presión apropiada.

Según (Saldarriaga J. , 2007) Las redes de distribución de agua potable son aquellas que tienen como objetivo transportar el agua potable a los usuarios desde la planta de tratamiento. Se compone de una red matriz que es la encargada de conducir el agua de la planta de tratamiento hasta los diferentes tanques de almacenamiento y compensación ubicados aguas arriba de los sectores de abastecimiento. Y un conjunto de redes de distribución secundarias o menores a través de las cuales se mueve el agua potable desde los tanques de almacenamiento hasta el usuario

Según (Gonzales, 2014) nos dice:

De una manera meramente orientativa y dependiendo de su rango, podemos clasificar a las distintas conducciones que forman parte de la Red de Distribución de la forma siguiente:

- *Red de Transporte:* Generalmente está constituida por las conducciones de mayor diámetro y es la que transporta el agua desde la planta de tratamiento, depósitos de regulación o estaciones de bombeo, alimentando a la red arterial. No se permite que, desde la misma, se realicen tomas directas a los usuarios.
- *Red Arterial:* Es la constituida por el conjunto de tuberías y elementos de la red de distribución que enlazan diferentes sectores de la zona abastecida. Al igual que en la Red de Transporte, tampoco se permite realizar acometidas desde la Red Arterial.
- *Red Secundaria:* Está formada por el conjunto de tuberías y elementos que se conectan a la Red Arterial y de las que se derivan, en su caso, las acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.
- *Acometidas:* Son las tuberías y otros elementos que unen la Red Secundaria con la Instalación Interior del inmueble que se pretende abastecer.

## **2.2.5. COMPONENTES DE LA RED**

### **2.2.5.1. TUBERIA**

Una tubería se compone de dos o más tubos ensamblados mediante un sistema de unión que permite la conducción de un fluido (agua).

Para diseñar un sistema de distribución de agua potable eficaz y duradero, es necesario tener en cuenta una serie de elementos a la red de tuberías, con el fin de lograr tener un funcionamiento hidráulico óptimo.

Para la fabricación de las tuberías se han utilizado diversos materiales, entre los cuales son: arcilla vitrificada, madera, plomo, cobre, fierro fundido, acero y concreto. A través del tiempo algunos de estos materiales han sido abandonados y en la actualidad las tuberías más utilizadas son de plástico (polietileno y PVC).

De acuerdo a (Trifunovic, 2006) según a la finalidad a la que sirven, las tuberías se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ✚ *Troncal principal:* es la Tubería que se utiliza para el transporte de agua potable desde la planta de tratamiento hasta el área de distribución. Las tuberías principales pueden tener diámetros de entre unos 100 milímetros y unos metros, en casos extremos.
- ✚ *Ramas secundarias:* son tuberías que forman el esqueleto básico de la distribución del sistema. une los componentes principales, fuentes, reservorios y estaciones de bombeo, y debe permitir la distribución uniforme de los flujos hacia las zonas de mayor demanda. Cuando se desarrolla correctamente, también es compatible el funcionamiento del sistema en condiciones irregulares (incendios, rupturas importantes de una tubería o mantenimiento, etc.). se pueden proporcionar varias conexiones de servicio desde estas tuberías, especialmente para grandes consumidores. Dependiendo del tamaño de la red, típicamente Los diámetros son 150-400 mm
- ✚ *Ramas de distribución:* transportan agua desde la red secundaria hacia varios consumidores. Estas tuberías se colocan a lo largo de carreteras y calles con conexiones de servicio y válvulas conectadas para garantizar el nivel de suministro requerido. En principio, los diámetros habituales están entre 50-200 mm

**Figura N° 4 The Distribution System in Hodaidah, Yemen**



**Fuente: Introduction To Urban Water Distribution.**

En la **Figura N° 4** Figura N° 4 The Distribution System in Hodaidah, Yemense puede ver los tamaños de las tuberías de un sistema de distribución, donde en la parte de arriba de la figura esta la tubería de transporte que se encuentra alimentando al reservorio con agua, los diámetros de las ramas secundarias son de 300-600 mm y las de distribución de 100-200 mm.

Según a (Roldan, 2016) Dentro de las ramas de distribución se encuentran:

- **Tuberías de servicio:** llevan el agua directamente a los consumidores. Para el caso de consumidores domésticos el diámetro ronda 25 mm, si se trata de otro tipo de consumidores (industrial, agrícola, etc.) puede ser mayor.
- **Conexiones públicas:** la tubería de servicio termina en una o mas salidas y el agua es consumida directamente. Por ejemplo, un grifo público o una fuente.

- **Conexiones privadas:** la tubería de servicio termina en una llave de paso de una instalación privada. En este punto la responsabilidad de la empresa distribuidora de agua termina.

### Características de una tubería.

**Figura N° 5 Características técnicas de la tubería para agua fría presión NTP 399.002 : 2015.**

Diámetro Exterior		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Útil (metros)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)
1/2" (i)	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.841
3/4" (i)	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.082
1	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.365
1 1/4"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.758	2.0	1.943
1 1/2"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.020	2.3	2.554
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.544	2.2	3.088	2.9	4.021
2 1/2"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.111	2.6	4.444	3.5	5.905
3	88.5	5.00	4.93	2.2	4.608	3.2	6.625	4.2	8.593
4	114.0	5.00	4.90	2.8	7.562	4.1	10.944	5.4	14.244
6	168.0	5.00	4.86	4.1	16.326	6.1	23.995	8.0	31.099
8	219.0	5.00	4.82	5.3	27.519	7.9	40.521	10.4	52.713
10	273.0	5.00	4.77	6.7	43.353	9.9	63.290	13.0	82.130
12	323.0	5.00	4.73	7.9	60.487	11.7	75.585	15.4	98.105

(i) Sello Sedapal para 21mm y 26.5mm según especificación técnica SEDAPAL.





(\*) Certificación  
NFS INASSA  
NTP 399.166

(\*) Certificación  
NFS INASSA  
NTP 399.002

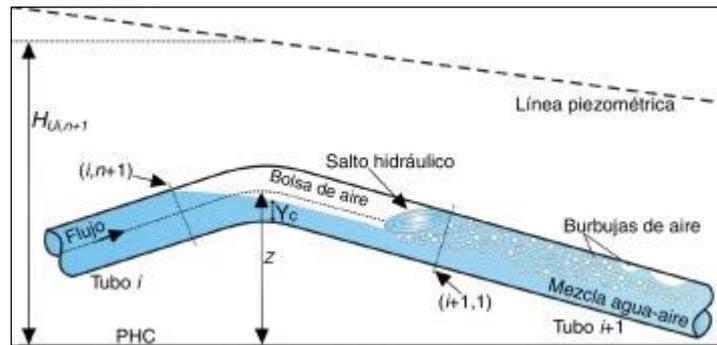
(\*) Certificación  
NFS INASSA  
NTP 399.003

**Fuente: Ficha Técnica Pavco Wavin Perú**

### 2.2.5.2. AIRE Y VACIO DENTRO LAS TUBERIAS.

Dos de los fenómenos menos considerados en el diseño de sistemas de aducción y distribución de agua potable es el aire atrapado dentro de la tubería y el vacío. Muchos problemas del mal funcionamiento de estas líneas se deben a estas causas. Las líneas deben ser bien ventiladas para que su funcionamiento sea óptimo.

**Figura N° 6: Bolsa de aire y vacío.**



Fuente: Internet.

### 2.2.5.3. Clases De Tuberías

Según (AGÜERO, 1997) Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería.

Tabla N° 6: clases de tuberías PVC y máxima presión de trabajo

CLASE	PRESION MAXIMA (mca)	PRESION MAXIMA DE TRABAJO (mca)
5	50	35
7.5	75	50
10	100	70
15	150	100

Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales. Sistema de Abastecimiento por gravedad sin tratamiento.

### 2.2.6. RESERVORIO O TANQUE DE ALMACENAMIENTO

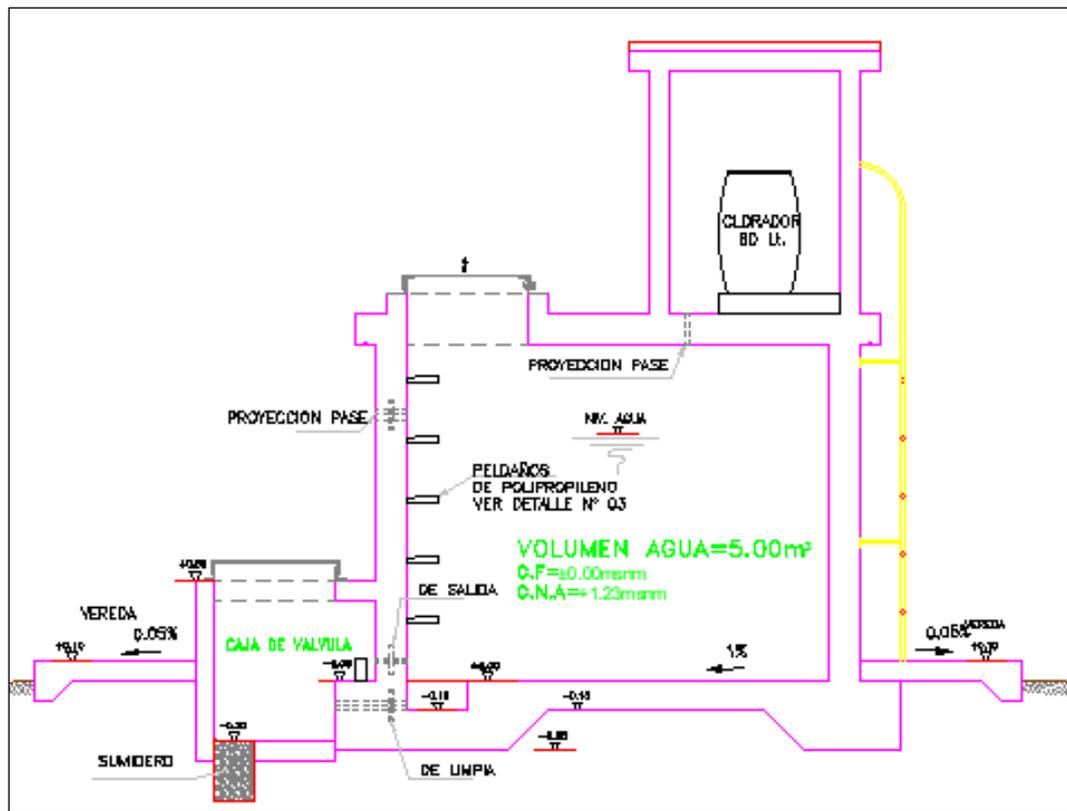
El reservorio debe ubicarse lo más próximo a la población y en una cota topográfica que garantice la presión mínima en el punto más desfavorable del sistema. (MVCS., 2018)

El material por utilizar en su construcción es el concreto, su diseño se basa en un criterio de estandarización, por lo que el volumen final a construir será en un múltiplo de 5 m.

El reservorio debe ser cubierto (enterrado, semi enterrado, apoyado o elevado). Se debe proteger el perímetro mediante cerco perimetral.

El reservorio debe disponer de una tapa sanitaria para acceso de personal y herramientas.

Figura N° 7 reservorio de 5 m<sup>3</sup>



Fuente: NTD. Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural

#### 2.2.6.1. Criterios de diseño

(MVCS., 2018) El volumen de almacenamiento debe ser del 25% de la demanda diaria promedio anual ( $Q_p$ ), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad debe ser como mínimo del 30% de  $Q_p$ .

Se deben aplicar los siguientes criterios:

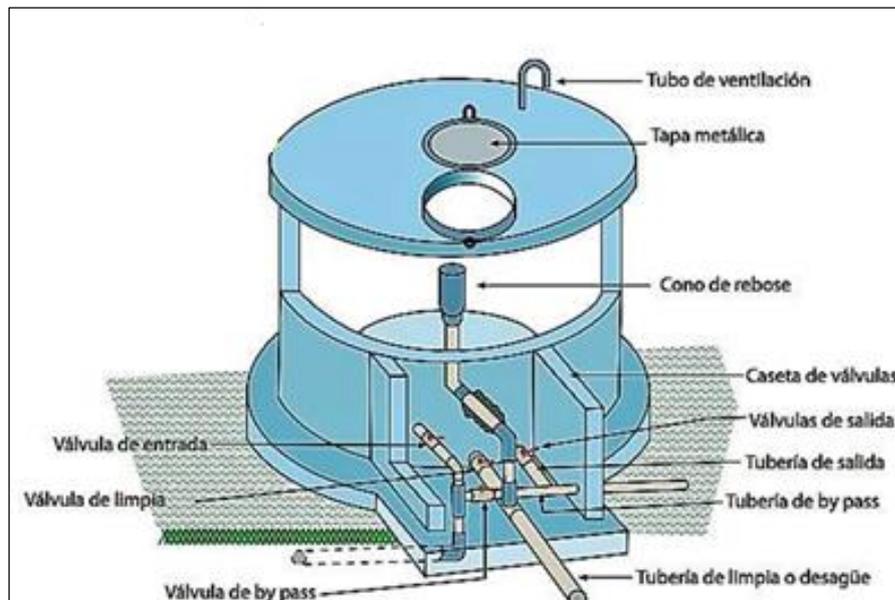
un reservorio deberá contar con tuberías de ingreso, salida, limpieza, ventilación y su respectivo rebose.

En las tuberías de entrada, salida y limpieza se instalará válvulas para su correcto funcionamiento, ubicadas convenientemente para su protección y fácil operación.

Cualquier otra válvula especial requerida se instalará en las mismas condiciones.

- Las tuberías de ventilación y rebose deberán contar con dispositivos de protección sanitaria para evitar el ingreso de roedores e insectos.
- Deberá estar provisto de dispositivos de control estático y medición de caudal y cualquier otro que contribuya a su mejor control y funcionamiento.

**Figura N° 8: Caja de Válvulas**



**Fuente: internet**

### **2.2.6.2. objetivos de estos sistemas:**

- Unir el abastecimiento variable de la red con la producción constante de agua.
- Abastecimiento constante en toda la red de distribución.
- Los volúmenes deben comprender los requerimientos de: regulación, incendio y reserva para interrupciones del servicio
- perdurar una presión estable.

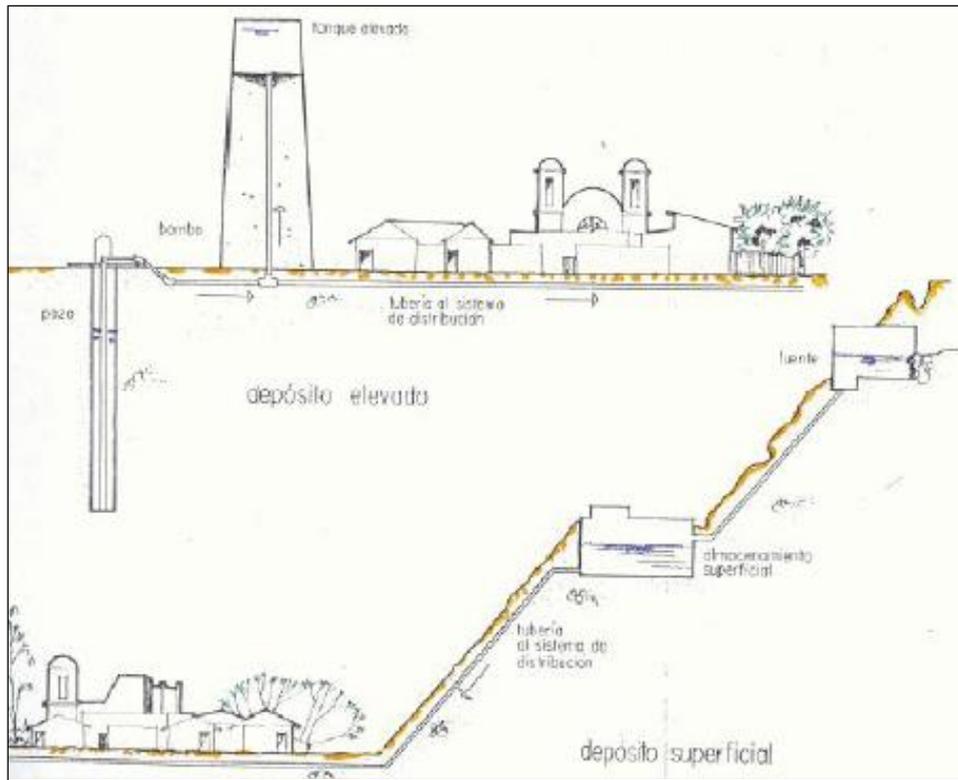
Si no se usara estos sistemas de almacenamiento los tamaños de las tuberías en el tronco principal deben ser mayores para ajustarse a la demanda requerida.

### **2.2.6.3. Tipos de Reservorios**

- A.** *Bajo tierra:* se construyen por estética o por seguridad. Aunque también influyen otros factores como la calidad del agua.
- B.** *a nivel del suelo:* es más barato y accesible para el mantenimiento. tienen el mismo objetivo, cubrir la demanda y servir de reserva.
- C.** *Elevado en torres:* se construye en terrenos llanos donde se requiere una presión adicional. Son más caros y se utilizan para cerrar el balance en momentos puntuales y para pequeñas cantidades. Estas torres se combinan con estaciones de bombeo, previniendo con frecuencia cambios en las bombas y estableciendo la presión en el área de distribución al mismo tiempo.

Nota: En caso de sistemas donde no se disponga de reservorio, la línea de conducción se diseñará para el caudal máximo horario.

***Figura N° 9: Tipos de Reservorios.***



**Fuente:** Internet.

#### 2.2.6.4. Funciones de los reservorios.

Según (VIERENDEL, 1990)

Compensar las variaciones durante el día ( $V_{Regulacion}$ )

Mantener las presiones de servicio de la red.

Mantener almacenado cierta cantidad de agua para emergencias (incendios, fallas de bombas, etc.)

$$V_{Almacenamiento} = V_{Regulacion} + V_{Incendio} + V_{Reserva}$$

El volumen de regularización ( $V_{Regulacion}$ ) se obtiene del diagrama de masa, en forma analítica o cuando no se tiene datos de consumo horario se puede obtener como un porcentaje del consumo promedio (25%).

#### 2.2.6.5. CONFIGURACIONES DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

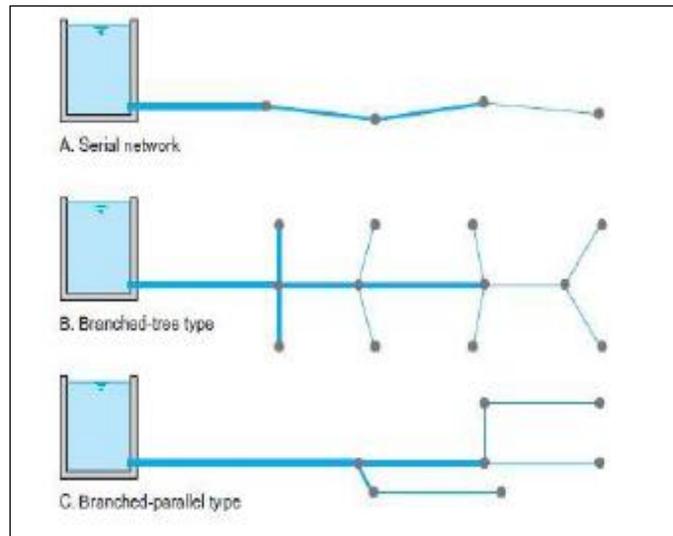
(Trifunovic, 2006) Dependiendo de la forma en que está interconectadas las tuberías, podemos tener las siguientes configuraciones:

- En serie.
  - Ramificado.
  - Mallado.
  - Combinado.
- A.** *La red en serie:* configuración más sencilla, teniendo una fuente, un extremo y dos puntos intermedios. La dirección del flujo es fija, desde la fuente al otro extremo. Son características en pequeñas zonas de distribución (rurales). no son comunes debido a su baja fiabilidad y problemas de calidad ocasionado por el estancamiento del agua al final del sistema
- B.** *La red ramificada:* Redes en series conectadas entre sí. Tiene un único punto de alimentación y varios extremos al final. El sentido del flujo es fijo. Este tipo de conexiones son adecuadas para comunidades pequeñas. Sin embargo, presenta problemas de calidad y baja fiabilidad. También, las fluctuaciones en la demanda pueden provocar oscilaciones preocupantes de la presión que tiene un impacto negativo en las fugas.
- C.** *Las redes malladas:* compuestas de nodos que pueden recibir agua de más de un lado. Esto es por la consecuencia de la estructura en bucle de la red, formada con el fin de eliminar las desventajas de los sistemas ramificados. este diseño en bucle se desarrollar a partir de un sistema ramificada mediante la conexión de sus extremos, ya sea inicialmente o en una etapa posterior de la construcción de dicha red. Con esto se evita los problemas descritos en las redes ramificada y en serie; el flujo de agua va en más de una dirección, el estancamiento de agua en este tipo de red es difícil que se dé, durante el mantenimiento de alguna zona, esta seguirá recibiendo abastecimiento de agua desde otro punto cercano. Las variaciones de la demanda provocan menos efectos en la variación de la presión. Estas

configuraciones son adecuadas para zonas donde haya muchos consumidores y se requiera una alta fiabilidad.

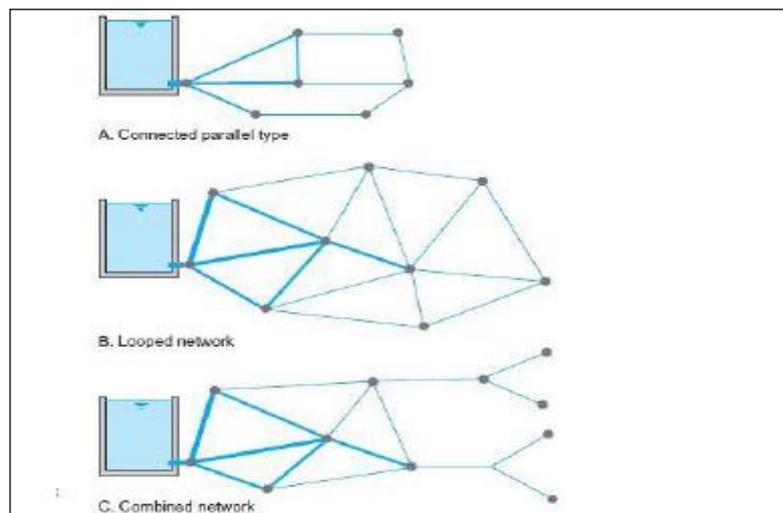
En la **Figura N° 10: Configuración** de red en serie y Ramificadas. se observa las distintas disposiciones que pueden adoptar las redes de abastecimiento de agua.

**Figura N° 10: Configuración de red en serie y Ramificadas.**



**Fuente: Introduction To Urban Water Distribution.**

**Figura N° 11: Configuración de redes mixtas**

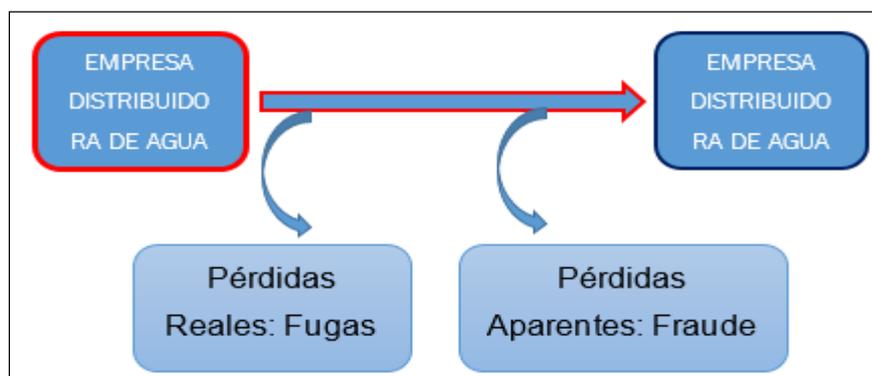


**Fuente: Introduction To Urban Water Distribution.**

## 2.2.7. PERDIDA DE AGUA EN REDES DE ABASTECIMIENTO

La gran cantidad de agua perdida por fugas en las redes de distribución urbana de agua y las cantidades de agua distribuidas sin facturación son elementos que complican el panorama de suministro de agua.

**Figura N° 12: Esquema de Pérdidas en la Red de Abastecimiento.**



**Fuente: Elaboración personal**

### 2.2.7.1. Pérdidas reales

Las pérdidas reales son volúmenes de agua perdidos dentro de un determinado periodo a través de todo tipo de fugas, estallidos y reboses. Las pérdidas reales se pueden clasificar de acuerdo a (a) su ubicación dentro del sistema y (b) su tamaño y al tiempo durante el cual fuga: (Ziegler, y otros, 2011)

#### **Ubicación.**

Fuga desde las troncales de transmisión y distribución, puede ocurrir en tuberías, uniones y válvulas que tiene tasas de flujo de fuga.

#### **Tamaño y tiempo de la fuga**

- **Las fugas reportadas o visibles:** rupturas de uniones en las tuberías de distribución. El agua que fuga aparecerá en la superficie
- **Fugas no reportadas u ocultas.** caudales mayores a 250 l/h a 50m de presión, no aparecen en la superficie. las fugas ocultas se pueden identificar analizando tendencias en el comportamiento del consumo de agua dentro de una zona definida.

**Fugas de fondo.** caudales menores a 250 l/h a 50 m de presión. son fugas muy pequeñas (filtración o goteo de uniones, válvulas) no

se pueden detectar utilizando métodos de detección de fugas. Por lo tanto, se asume que muchas fugas de fondo nunca se detectan sino hasta que se reemplaza la tubería. Las fugas de fondo a menudo causan buena parte de pérdidas reales de agua debido a su gran cantidad y el largo tiempo durante el que ocurren.

En la Figura N° 13 se *ilustra* los tres tipos de fugas en función del tamaño y el tiempo de fuga.

**Figura N° 13 Tipos de fugas de Agua.**



**Fuente: Guía Para la redacción de las pérdidas de agua.**  
**2.2.7.2. Pérdidas aparentes**

“Las pérdidas aparentes son pérdidas que no se deben a fugas físicas dentro la infraestructura, sino que están causadas por otros factores. Las pérdidas aparentes se pueden agrupar en las siguientes categorías en base a su origen” (Ziegler, y otros, 2011)

- Inexactitudes de medición debido a contadores incorrectos de agua de los clientes o medidores de flujo incorrectos
- Manejo de datos y errores de contabilidad, así como mala rendición de cuentas de los clientes en los sistemas de facturación
- Consumo no autorizado debido al robo de agua y a las conexiones ilegales.

Para resumir lo anterior, las pérdidas aparentes comprenden toda el agua que se entrega exitosamente a los clientes pero que no se mide o

registra con exactitud, lo que causa un error en la cantidad que consumen cada uno de los clientes.

#### **2.2.8. PRESIONES EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

Toda red de agua potable debe garantizar y cumplir un rango de presiones máximas y mínimas establecidas por los organismos operadores del sistema para garantizar un servicio de calidad a lo largo del día.

La topografía de la ciudad depende mucho para la distribución. Es posible que la mayor parte de la ciudad tenga presiones normales, pero en una zona baja, si está conectada directamente, puede tener presiones demasiado altas y con un muy alto peligro de roturas y pérdidas en las tuberías, tanto en la red pública como en las particulares. Para tener un funcionamiento correcto se debe de instalar válvulas reguladoras de presión automáticas que mantengan estable cualquier presión que se desee en el lado de la descarga.

#### **2.2.9. CALIBRACIÓN DE UNA RED DE DISTRIBUCION**

“la calibración consiste en determinar las características físicas y operacionales de un sistema existente, que ingresados como datos al modelo computacional permitan obtener resultados realistas” (SHAMIR & HOWARD, 1977).

(WALSKI, 1983) define la calibración como un proceso de dos pasos que consisten en:

- Comparar las presiones y caudales simulados con aquellos observados (medidos) para unas condiciones de operación conocidas.
- Ajustar los datos de entrada al modelo de tal forma que exista concordancia entre los valores simulados y observados.

En un trabajo posterior (WALSKI , 1986) Anuncia que “un modelo se considera calibrado en la medida en que éste puede predecir el

comportamiento del sistema de distribución de agua en una amplia gama de condiciones de funcionamiento y consumo”

La AWWA (AWWA, 2013; LARADO, 2012) afirma que la calibración consiste en comparar los resultados del modelo con mediciones obtenidos en campo, realizando ajustes al modelo y la revisión de los datos de campo hasta alcanzar la concordancia entre ambos. Esta definición se puede complementar con lo manifestado por el Comité de Aplicaciones Computacionales de Ingeniería de la AWWA, la cual afirma que la calibración no sólo involucra el ajuste de los coeficientes de rugosidad de tuberías y la de manda en nudos; y extiende esta tarea a cualquier factor que deba ser ajustado hasta alcanzar la concordancia entre los datos medidos y los simulados.

Por lo tanto, una la calibración de una red de agua potable puede definirse como el proceso de ajuste de los parámetros que definen el comportamiento hidráulico del modelo, esto es con el fin de reflejar con mayor precisión posible el funcionamiento real de la red de distribución, tanto para un escenario estático como dinámico.

#### **2.2.9.1. Fuentes de error en los modelos hidráulicos.**

Es poco probable que los resultados del modelo hidráulico y los datos medidos en campo coincidan al 100%, debido simplificaciones, aproximaciones, supuestos, imprecisiones y errores en los datos vinculados a la construcción y carga del modelo. Unos de los ejemplos de los factores expuestos pueden ser: la variabilidad inherente a la red de distribución, no inclusión de las pérdidas menores, no considerar la variabilidad estacional del consumo, uso del diámetro nominal en lugar del diámetro interno de las tuberías, redondeo de los valores de cota, errores de conectividad entre tuberías, desconocimiento de válvulas cerradas, inexactitud de medida de sensores, o manejo incorrecto de los datos medidos (AWWA, 2013)

Según (Walski, 1983a) las dos principales fuentes de error en los análisis de simulación de deben a estimaciones incorrectas del uso del agua y de la capacidad de carga de la tubería; siendo la importancia de cada factor variable en función de las características particulares del sistema de red analizado. (Walski, 1983b) afirma que si la calibración del modelo no es satisfactoria, existe la posibilidad de que existan aberraciones locales tales como válvulas de frontera con otros sectores de la red que estén abiertas.

Al momento de construir o actualizar un modelo hidráulico es posible cometer errores al definir el estado de los elementos de la red asociados a las condiciones de frontera; tales como puntos de presión conocida, tanques elevados, setting de válvulas reguladoras de presión, límites de las zonas de presión, medición o distribución. Adicionalmente, se puede incluir en este tipo de fuente de error aquellos problemas relacionados con la sincronización temporal de las lecturas realizadas en campo y los valores simulados para el caudal y/o presiones (AWWA-ECAC, 1999; Walski et al, 2007).

#### **2.2.9.2. Procedimiento para la calibración de una red.**

(ORMSBEE, 1989) y (Ormsbee & Lingireddy, 1997) proponen el siguiente procedimiento general de siete pasos al momento de abordar un proceso de calibración:

- Identificar el propósito del modelo.
- Determinar el valor inicial de los parámetros a estimar.
- Recolectar datos de calibración.
- Evaluar los resultados del modelo.
- Realizar una calibración a nivel macro.
- Realizar un análisis de sensibilidad.
- Realizar una calibración a nivel micro.

**El propósito del modelo hidráulico:** tipo de análisis hidráulico requerido, ya sea simulación en régimen estacionario o simulación período extendido (EPS).

**Los valores iniciales de los parámetros:** corresponden a aquellos parámetros básicos del modelo: coeficientes de rugosidad de las tuberías, la demanda asignada en cada nudo.

**La recolección de los datos de calibración:** proporciona información que permite evaluar los resultados preliminares del modelo hidráulico, obtenidos a partir de simulaciones que utilicen las estimaciones iniciales de los parámetros básicos de la red.

**La evaluación de los resultados:** permite valorar la precisión del modelo hidráulico, comparando los resultados de éste y las mediciones realizadas en campo.

**La macro-calibración:** (o calibración preliminar) calibración de toda la red de distribución, que consiste en identificar y corregir las fuentes de error que ocasionan las diferencias más relevantes entre los resultados del modelo y las mediciones realizadas en campo. (topológicos, rugosidad de tubería y demandas, diámetro y longitud, equipos de calibración y registro de datos)

**El análisis de sensibilidad:** variar los parámetros del modelo, cuantificar el efecto sobre los resultados de la simulación asociado a cada una de estas variaciones, e identificar aquellos parámetros que generan mayor impacto en los resultados de la simulación.

**La micro-calibración** analizar la precisión del modelo en un área en particular, verificando que en ésta se cumplan las condiciones requeridas. Los parámetros a ajustar “mínimamente” son el coeficiente de rugosidad de tuberías y las demandas en nudos; para la cual se utiliza la información obtenida durante la toma de datos en hidrantes y datos de telemetría, respectivamente.

### **2.2.9.3. Criterios para evaluar la calibración de modelos hidráulicos**

Los criterios para valorar la calibración de un modelo hidráulico corresponden a los propuestos en los trabajos de (Walski), (Cesario Y Lee), (Boulos) y (Ormsbee).

(Walski 1983b) afirma que un modelo hidráulico calibrado debe ser capaz de simular presiones y alturas piezométricas con una precisión de  $\pm 5$  psi ( $\pm 3.5$  m) y  $\pm 12$  pies ( $\pm 3.7$ m), respectivamente.

- (CESARIO & LEE, 1980) mencionan que los modelos hidráulicos deben ser calibrados con una precisión entre 5 psi ( $\pm 3.5$  mca) y 10 psi ( $\pm 7.0$  m) en los nudos.
- Harris (1984) manifiesta que las presiones simuladas en el modelo deben tener una precisión de  $\pm 5$  psi ( $\pm 3.5$  m) para que el modelo hidráulico sea considerado adecuadamente calibrado.
- (BOULOS & ORMSBEE, 1991) consideran que los resultados del modelo deben tener una precisión del  $\pm 5\%$  respecto a los valores medidos.

En 1989 la Water Authorities Association & Water Research Centre, publicaron el documento “Network Analysis: A Code of Practice” (WAA y WRC, 1989). Este propuso criterios prácticos para la tolerancia de los valores simulados luego de la calibración del modelo en régimen estacionario

**Tabla N° 7 Criterios prácticos para calibración de modelos según Water Authorities Association**

CRITERIOS DE CAUDAL	
1	Precisión de $\pm 5\%$ respecto a los caudales medidos para caudales $> 10\%$ de la demanda total; tuberías de conducción, generalmente de diámetro mayor a 16 pulgadas (406mm).
2	recisión de $\pm 10\%$ respecto a los caudales medidos para caudales $< 10\%$ de la demanda total; tuberías de distribución de diámetro generalmente menor de 12 pulgadas (305 mm).
CRITERIOS DE PRESIÓN	

1	el 85% de las presiones medidas de campo no deben diferir en $\pm 5\%$ m o $\pm 5\%$ de pérdida de carga registrada.
2	El 95% de las presiones medidas en pruebas de campo no deben diferir en $\pm 0.75$ m o $\pm 7.5\%$ de la pérdida de carga registrada.
3	El 100% de las presiones medidas en pruebas de campo no deben diferir en $\pm 2$ m o $\pm 15\%$ de la pérdida de carga registrada.

*Fuente: Edwards, 2006; Walski et al 2007; Larado, 2012)*

La AWWA (AWWA- ECAC, 1999) sugiere un conjunto de criterios (Tabla N° 8) para definir el número de mediciones de presión y caudal en función del uso que tendrá el modelo hidráulico.

**Tabla N° 8 Criterios para la calibración de modelos sugeridos por el Comité de Aplicaciones Computacionales de Ingeniería de la American Water Works Association**

Propósito del modelo	Nivel de detalle	tipo de simulación	no mediciones de presión (% de nudos)	precisión en mediciones de presión	no mediciones de presión (% de tuberías)	Precision mediciones de caudal (%)
Planificación	Bajo	Regimen estacionario o EPS	10	$\pm 5$ psi (3.5 mca) para el 100% de las mediciones	1	$\pm 10$
Diseño	Moderado - Alto	Regimen estacionario o EPS	2- 5	$\pm 2$ psi (1.4 mca) para el 90% de las mediciones	3	$\pm 5$
Operación de la red	Bajo - Alto	Regimen estacionario o EPS	2- 5	$\pm 2$ psi (1.4 mca) para el 90% de las mediciones	2	$\pm 5$

Calidad de agua	Alto	EPS	2	$\pm 3$ psi (2.1 mca) para el 70% de las mediciones	5	$\pm 5$
-----------------	------	-----	---	---	---	---------

(Fuente: AWWA-ECAC, 1999)

En 2008 la American Water Works Association Research Foundation desarrolla un proyecto con el objetivo de establecer una guía para la modelación hidráulica que incluya criterios unificados para valorar de los modelos hidráulicos.

- Datos físicos de las tuberías (diámetro, localización, conectividad).
- Elevación de los nudos.
- Datos de demanda.
- Datos de depósitos (incluida su geometría).
- Curvas de bombas.
- Datos de válvulas (incluida la pérdida de carga).
- Bombas.
- Depósitos.
- Válvulas de control.
- Pruebas con trazadores.
- Mediciones de caudal y presión.

#### **2.2.9.4. Técnicas de calibración para una red**

Siendo la simulación hidráulica (waterCAD) un cálculo de presiones y caudales en tuberías de una red a partir de la topología, diámetros, rugosidades, longitudes, demandas en los nudos y energía disponible en la red; la calibración consiste en encontrar los óptimos valores de las variables enumeradas (combinación de éstos) para reproducir el comportamiento hidráulico de la red real.

Esto implica que el número de incógnitas vinculadas al problema de la calibración siempre será superior al número de ecuaciones disponibles, por lo tanto, para lograr su resolución es necesario el uso de técnicas de

calibración apoyadas en herramientas numéricas y computacionales (Saldarriaga J. , 2007) (Saldarriaga & Jurado, 2008)

Las técnicas avanzadas de calibración de modelos pueden ser agrupadas en dos categorías: técnicas analíticas y técnicas implícitas.

- **Las técnicas analíticas** corresponden a métodos iterativos y métodos explícitos.

*Los métodos iterativos:* están basados en procedimientos de prueba-error que ajustan los parámetros desconocidos en cada iteración utilizando presiones y/o caudales medidos, resolviendo el sistema de ecuaciones básicas de la red para el estado estacionario. Prueba-error

*Los métodos explícitos:* están basados en la resolución de un sistema extendido de ecuaciones compuesto por las ecuaciones básicas de la red para estado estacionario, y ecuaciones adicionales derivadas de las mediciones de caudal y presión disponibles.

- **Las técnicas implícitas** utilizan de manera acoplada un modelo de simulación hidráulica para resolver las ecuaciones básicas de la red, y un método de optimización para determinar los valores de los parámetros de calibración.

- *Los métodos implícitos no evolutivos* están basadas en el uso de algoritmos de programación no lineal, desarrollados originalmente para el diseño óptimo de los sistemas de distribución de agua

- *Los métodos implícitos evolutivos* están apoyadas en el uso de Algoritmos Genéticos (AG).

#### 2.2.10. **Calibración del modelo**

La calibración del modelo describe el proceso de comparar condiciones reales medidas del sistema en campo con los resultados del modelo simulados bajo las mismas condiciones de límite (waterCAD). El modelo tiene que ajustarse hasta que las discrepancias entre datos reales y los datos de los resultados simulados se minimicen. El proceso de calibración usualmente involucra los parámetros de rugosidad de la

tubería, consumo de agua, pérdidas de agua y controles del sistema (cámara rompe presión, válvulas), y se asigna la mayor importancia a la rugosidad de la tubería.

En la mayoría de casos, se determina la rugosidad integral de la red. Este factor no solo comprende la rugosidad real de la tubería, sino también la pérdida de carga local, la reducción de diámetros internos debido a las incrustaciones y sedimentación, así como a factores desconocidos (por ejemplo, válvulas parcialmente cerradas o información incorrecta sobre los diámetros). Las pruebas de flujo contra incendios se utilizan para determinar el flujo.

#### **2.2.10.1. WaterCAD**

Existen numerosos soportes informáticos para el cálculo de redes hidráulicas a presión, tanto como software libre como software de pago. Uno de ellos es el programa **WaterCAD** que fue desarrollado por la casa "Bentley".

WATERCAD es un programa muy poderoso y fácil de usar que nos permite hacer análisis y diseño de redes de distribución de agua potable.

Este software permite llevar a cabo la simulación hidráulica de una **red de abastecimiento** de una determinada localidad y de esta forma, estudiar en todo momento los consumos, posibles pérdidas de caudal y/o de presión así de esta manera llevar a cabo el análisis de la red y encontrar aquellos puntos que han originado esas pérdidas.

Este programa se caracteriza por tener 4 módulos diferenciados que le diferencian de otros programas como pueden ser EPANET (software libre) o MIKE-NET. Estos 4 modelos serían:

DARWIN CALIBRATOR: Calibración automática de modelos. Permite que el modelo refleje el comportamiento real.

- Nos permite calibrar nuestro modelo a partir de datos de campo
- Presiones en nodos
- Flujos en tuberías, bombas, válvulas

- Calibramos: Rugosidades, demandas, estados
- Genera pruebas sucesivas que nos permite Rastrear las configuraciones y los resultados

DARWIN DESIGNER: Diseño optimizado de redes. Maximizar beneficios para costos mínimos.

- Nos permite diseñar nuestro modelo desde el punto de vista
- Económica
- Hidráulica
- Multi objetivo
- Nos permite realizar un diseño total
- Crea escenarios de diseño
- Permite realizar restricciones:
- Parcial
- Presión
- Velocidad
- Nos permite diseñar redes
- Nuevas
- Rehabilitación

SKELEBRATOR: Simplificación inteligente de Modelos Hidráulicos

- Este módulo nos permite realizar una simplificación del esquema de nuestra red para mejorar la simulación (mismos resultados, pero en menos tiempo)

WATERSAFE:

- Nos permite llevar a cabo un análisis de la calidad del agua mediante la simulación del movimiento de los productos químicos introducidos para conseguir esa mejora en la calidad
- Podemos estudiar la concentración de ese producto en cada tubería de la red

- Nos permite saber, en caso de adición de dos productos: el porcentaje de cada producto en un tramo de la red, es decir, realizar un rastreo de la fuente

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

#### ¿Por qué calibrar?

Una red que se encuentre correctamente calibrado permite investigar la calidad de la operación, medir la fidelidad de los instrumentos de medición, detectar zonas problemáticas en la red, encontrar zonas con altas fugas, detectar fugas mayores, ubicar parámetros de pérdidas de energía y masa y realizar cálculos precisos de modelación hidráulica de calidad de agua. Un modelo sin calibrar interpretaría en forma inexacta la información que se adquiriera en campo en tiempo real y, por consiguiente, no permitiría realizar todas las ventajas operativas y de control antes mencionadas.

**Abrasión:** Se denomina abrasión (del lat. abradĕre, "raer") a la acción

mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material.

**Presión:** Es la fuerza que ejerce un líquido sobre un objeto, o en otro líquido en dirección perpendicular a esta.

**Velocidades de circulación:** la velocidad de circulación del agua es esencial en el diseño de una red de abastecimiento ya que, para un caudal establecido, depende de la misma la elección del diámetro de la tubería.

**Caudal:** Es la cantidad de fluido que circula a través de una de una tubería por unidad de tiempo.

Las pérdidas de agua: es una de las principales fuentes de ineficiencia en la empresa gestora de abastecimiento de agua

**Cavitación:** o aspiraciones en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando se crean cavidades de vapor dentro del agua o cualquier otro fluido en estado líquido en el que actúan fuerzas que responden a diferencias de presión.

#### PRESIONES HIDRÁULICAS RELATIVAS A LA RED

- Presión máxima de diseño (MDP): Es la presión máxima de funcionamiento que pueda alcanzarse en una sección de la tubería en servicio
- Presión de servicio (SP): Es la presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.

#### PRESIONES RELATIVAS A LOS COMPONENTES DE UNA RED

- Presión de funcionamiento admisible (PFA): Es la presión máxima que un componente es capaz de resistir de forma permanente en servicio.
- **Presión máxima admisible (PMA):** Es la presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.

**RUGOSIDAD:** puede definirse como la variación media del radio interno de la tubería. En general, la rugosidad de las tuberías es única para cada material utilizado.

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:** Se define como un conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados (nivel, teodolito y estación total) para poder confeccionar una correcta representación gráfica (plano). El plano es esencial para situar correctamente cualquier obra que se desea ejecutar.

**CONSUMO:** Cantidad de agua la cual es utilizada y varía de acuerdo a la realidad de cada población.

**PÉRDIDA DE CARGA:** La pérdida de carga en una tubería o canal es la pérdida

de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.

**Red de agua Potable Sectorizada:** Es la división de la red de distribución de agua potable en sectores hidrométricos (viviendas) definidos a partir de la red primaria que pueden aislarse hidráulicamente del resto la red con movimientos de válvulas de seccionamiento.

**Flujo Laminar:** Movimiento de un fluido cuando este es ordenado, de velocidades bajas o viscosidades altas. Lo determina el número de Reynolds cuando este es  $< 2100$  (Flujo interno en tuberías circulares).

**Gradiente Hidráulico:** Magnitud vectorial determinada por el incremento de potencial del agua por unidad de distancia.

## 2.4. Sistema de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis

El coeficiente de fricción se incrementó en un 20%, afectando la presión en la red de agua potable del caserío de Sanjapampa-Huamachuco.

### 2.4.2. VARIABLES E INDICADORES

✓ *Variable independiente:*

- Coeficiente de rugosidad

✓ **Variable dependiente**

- Presión (Pa)

**2.4.3. Operacionalización De Las Variables (Dimensiones E Indicadores)**

**Tabla N° 9: OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES**

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UND. MEDIDA</b>	<b>INSTR. DE MEDIDA</b>
Presión (P)	Toma de presiones de agua en las viviendas del caserío	PASCAL (Pa)	Manómetro
Coefficiente de rugosidad	Perdida de grado de resistencia de tubería.	ADIMENSIONAL	Calibración

*Fuente: Elaboración propia*

**CAPITULO 3 Metodología Empleada**

**3.1. Tipo Y Nivel De Investigación.**

**3.1.1. Investigación Aplicativa:**

Por el tipo de la investigación el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, ya que utiliza conocimientos de topografía, mecánica de suelos y saneamiento.

**3.1.2. Enfoque del Estudio:**

Enfoque Cuantitativo, usa la recolección de datos para demostrar y/o probar la hipótesis planteada en base a la medición simulación numérica de la red de distribución de agua potable al caserío.

### **3.1.3. Alcance del Estudio:**

El alcance es local, beneficiando al caserío de Sanjapampa.

## **3.2. POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO**

### **3.2.1. Población:**

- Para la investigación que se realizara la población o universo estará definido por los usuarios de la red de agua potable del Caserío de Sanjapampa –Huamachuco.

### **3.2.2. Muestra:**

- El tamaño de la muestra se obtuvo mediante la técnica no probabilística, intencional u por decisión en donde se escogió estratégicamente 14 usuarios para la medición de la presión durante 60 minutos en dos diferentes días.

## **3.3. DISEÑO DE INVESTIGACION**

### **3.3.1. Tipo de investigación:**

Según su naturaleza la investigación es del tipo Descriptiva (observacional), puesto que los datos serán obtenidos de la red de distribución de agua potable (RDAP) de la localidad de Sanjapampa cuya medición de presiones permitirá determinar las posibles zonas de agua que no cumple con los requerimientos mínimos por los usuarios.

### **3.3.2. Diseño de investigación experimental:**

Fue un diseño experimental descriptivo; porque se realizaron los ensayos sobre las presiones en campo del sistema de distribución por gravedad de la red de agua potable de la localidad, tal y como se encontraron en la actualidad.

### 3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

**Observación:** Proceso intencional de captación de las características, cualidades y propiedades de los objetos y sujetos de la realidad de los objetos en estudio, a través de nuestros sentidos o con la ayuda de instrumentos que se están tomando en cuenta para este estudio. Es decir, es el proceso sistemático de obtención, recopilación y registro de datos empíricos de un objeto, un suceso, un acontecimiento o conducta humana con el propósito de procesar y convertirlo en información; cuyas características son: es sistemática, intencional, instrumental, objetivo y diversificado; teniendo en cuenta lo siguientes elementos y factores de observación: el sujeto que observa, el objeto que se observa, los medios, los instrumentos, Las unidades de análisis y el marco teórico.

#### **Instrumento**

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron:

- Nivel de ingeniero
- GPS
- manómetro
- Cámara fotográfica
- Filmadora, grabadora
- Cuaderno de campo

El instrumento utilizado fue con la finalidad de registrar las características y propiedades del objeto en estudio.

### 3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.5.1. Desarrollo del proyecto de investigación.

Esta investigación se realizó con el apoyo de nuestro asesor, con una única finalidad llegar a saber si el coeficiente de rugosidad de una tubería de agua potable afectaba a un correcto funcionamiento de una red de distribución. En la actualidad las redes de distribución de agua cuentan con varios problemas en su correcto funcionamiento y nosotros creemos que el coeficiente de rugosidad es uno de esos problemas.

Después de buscar información relacionada al tema, encontramos que no había investigaciones que nos den una respuesta a lo que buscábamos saber, al no tener antecedentes y no contar con información de los que queríamos saber empezamos por investigar sobre dicho tema. Optamos por proponer ideas de como iniciar nuestra investigación, para la cual la ayuda del internet fue muy beneficiosa, encontrando unos libros donde algunos autores proponen algunos parámetros de cómo se debería hallar el coeficiente de rugosidad en una tubería.

Con la información teórica obtenida y analizada al detalle y pudiendo estar a nuestra capacidad de desarrollar, decidimos empezar a realizar nuestra investigación.

conseguimos un expediente de un sistema abastecimiento de agua potable en funcionamiento, llegando a obtener el expediente del caserío de Sanjapampa - Huamachuco. Donde el tema planteado a desarrollar y llegara a saber fue: **“INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO”**.

### 3.5.2. Proceso de obtención de información.

#### Verificación de información:

Con la información brindada del expediente técnico, se procedió a verificar los datos:

**Tabla N° 10: coordenadas de ubicación del proyecto ( colegio y reservorio)**

<b>Fuente de Agua</b>		<b>UBICACIÓN DE RESERVORIO</b>			
		<b>Geografica</b>			
		<b>coordenadas UTM (WGS 84)</b>			
<b>Nombre fuente hídrica</b>		<b>ZONA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
<b>COLEGIO</b>	<b>SANJAPAMAPA</b>	<b>17L</b>	<b>831134.73</b>	<b>9139237.77</b>	<b>3321.41</b>
<b>RESERVORIO</b>	<b>SANJAPAMAPA</b>	<b>17L</b>	<b>831583.83</b>	<b>9139876.9</b>	<b>3310.00</b>

**Fuente: Expediente técnico**

**Figura N° 14: Ubicación de del proyecto**



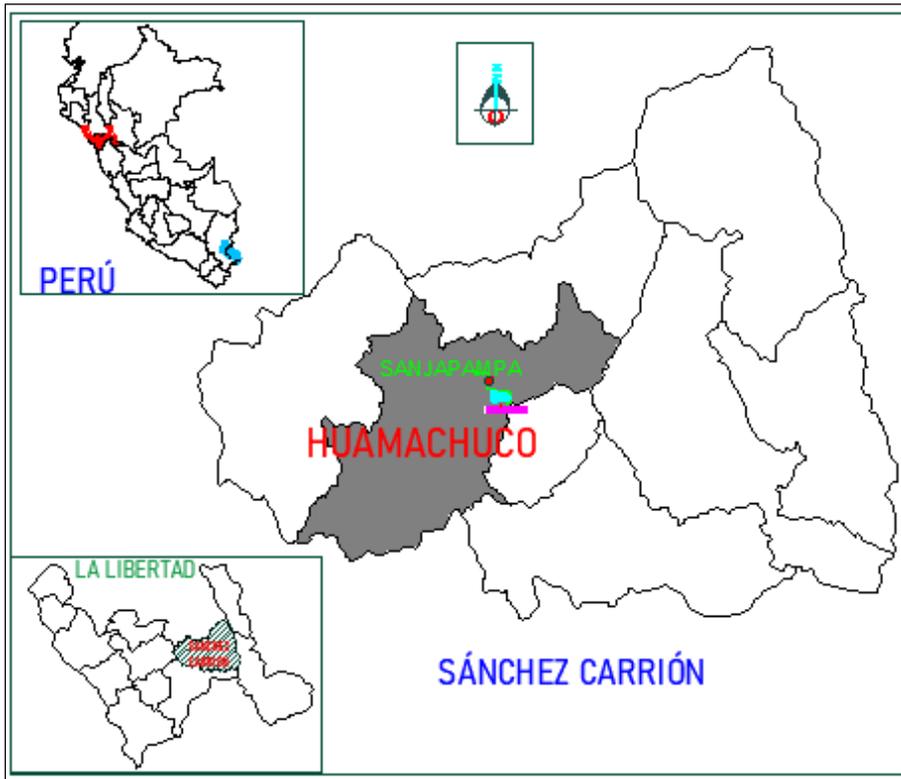
**Fuente: google Earth pro.**

Como se puede apreciar en la Figura N° 14 la referencia gráfica es válida, y por ende es factible el uso de esta información.

**LOCALIZACION:**

Se hizo un recorrido a la zona, verificando que los planos obtenidos cuentan con la información correcta y se encuentren lo más actualizado posible. Esto con el fin de tener definido el número de usuarios a considerar dentro de la investigación.

**Figura N° 15 Ubicación de población de estudio**



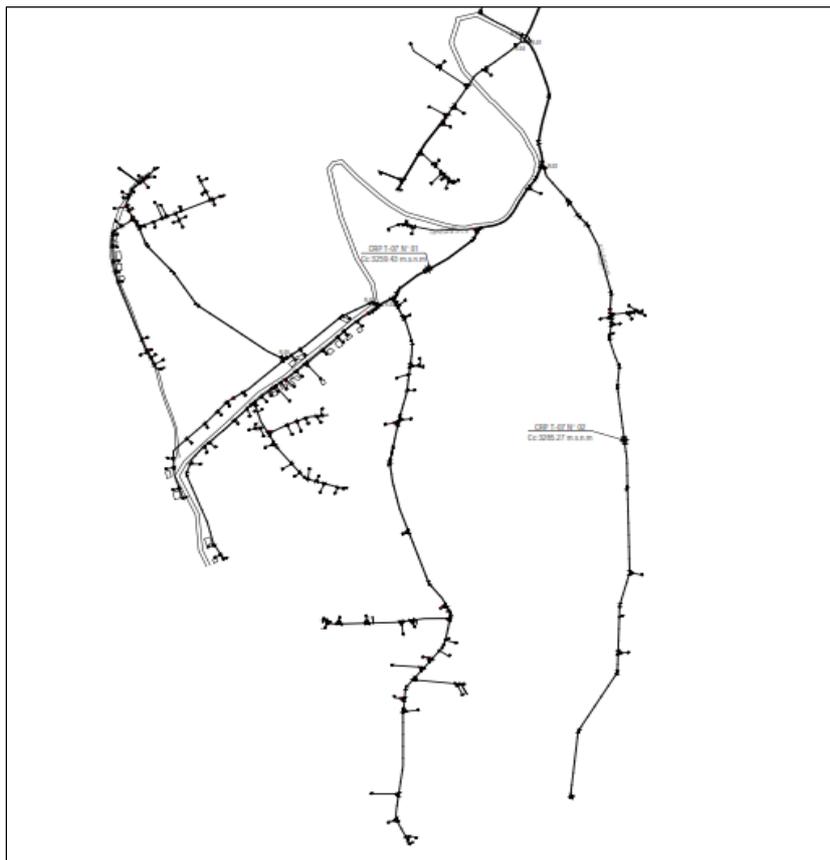
Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 16: Zona de estudio delimitada



Fuente: *google Earth.*

**Figura N° 17: Red de distribución de agua potable**



**Fuente: propia**

## **POBLACION**

EL caserío de Sanjapampa cuenta con 124 viviendas, 1 institución pública (I.E. Inicial y primaria N°80037) y 5 instituciones sociales. cada uno cuenta con una unidad básica de saneamiento (UBS) que son beneficiadas por el proyecto de red de distribución de agua potable (RDAP).

La población actual (620 habitantes) se obtuvo de la información de las autoridades locales, relacionándolo con el conteo de viviendas y el número de habitantes por familia para cada uno de los caseríos.

**Tabla N° 11: Población actual de usuarios y habitantes**

<b>Caserío</b>	<b>N° Familias</b>	<b>N° Hab/Fam</b>	<b>N° Habit.</b>
viviendas	124	5.00	620
Inst.publicas	1	152.00	152
Inst.sociales	5	5.00	25
<b>Total</b>	<b>130</b>		<b>620</b>

**Fuente: Expediente técnico**

**Figura N° 18: Diseño de UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO (UBS).**



*Fuente: propia*

## CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

**Tabla N° 12: Población 20 años**

Caserío	Pob. Actual (Pi)	Tasa crecimiento (Ks)	Periodo de diseño (tf-ti)	Pob. Final (Pf)
SANJAPAMPA	620	0.84%	20	724
<b>TOTAL</b>				<b>724</b>
I.E.	Pob. Actual (Pi)	Tasa crecimiento (Ks)	Periodo de diseño (tf-ti)	Pob. Final (Pf)
Inicial	39	0.84%	20	46
<b>TOTAL</b>				<b>46</b>
I.E.	Pob. Actual (Pi)	Tasa crecimiento (Ks)	Periodo de diseño (tf-ti)	Pob. Final (Pf)
Primaria	113	0.84%	20	132
<b>TOTAL</b>				<b>132</b>

*Fuente: expediente técnico*

## RESUMEN DOTACIÓN DE AGUA:

Para el presente proyecto se utilizó la dotación de 80 l/hab/d, teniendo en cuenta que el proyecto se ubica en una región tipo sierra (clima frío).

**Tabla N° 13: Dotación de agua**

Descripción	Dotación (l/d)
Uso doméstico	57920
Uso social	2400
Uso estatal	2670
<b>TOTAL</b>	<b>62990</b>

*Fuente: expediente técnico*

Calculo de caudal:

**Tabla N° 14: consumo promedio**

Caserío	Dotación (lt/hab/día)	Consumo promedio (lt/seg)
SANJAPAMPA	62990	0.73

*Fuente: expediente técnico*

**Tabla N° 15: caudal promedio, máximo diario y máximo horario**

Caserío	Consumo promedio (l/s)	% Pérdidas	Caudal promedio (lt/seg)
SANJAPAMPA	0.73	20%	0.91
Caserío	Caudal promedio (l/s)	Factor K1 = 1.3	Caudal máximo diario (lt/seg)
SANJAPAMPA	0.91	1.3	1.18
Caserío	Caudal promedio (l/s)	Factor K2 = 2	Caudal máximo horario (lt/seg)
SANJAPAMPA	0.91	2	1.82

*Fuente: expediente técnico*

*por los tanto:*

*todos los cálculos cumplen con el RNE*

caudal unitario:

**Tabla N° 16: caudal unitario.**

Caudal Unitario		
Qu =	Qmh/N°viv	
Qu =	0.014	l/s

*Fuente: expediente técnico*

## RECOLECCION DE DATOS

Al momento de seleccionar las viviendas a evaluar se tomó en cuenta lo siguiente:

- ❖ Accesibilidad de los usuarios
- ❖ Ubicación y cercanía de viviendas (lo cual nos permitiría aumentar el NUMERO de muestra)
- ❖ diferencia de cotas entre el reservorio, cámara rompe presión y viviendas mayores a 30 m. (presión alta).
- ❖ Correcto funcionamiento de las UBS.

### 3.5.3. PROCEDIMIENTO EN CAMPO

#### CATASTRO DE RDAP SANJAPAMPA.

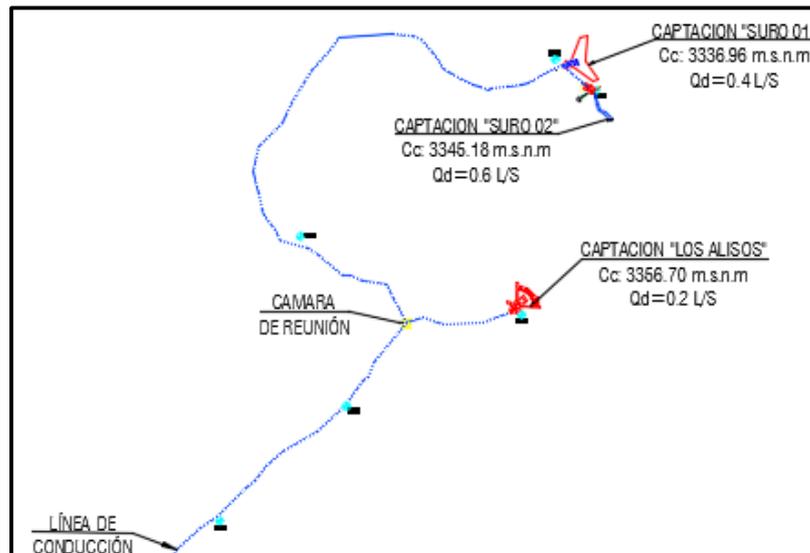
DIAGNOSTICO DE RED: El trabajo se realizó con los datos facilitados de la Municipalidad de Sánchez Carrión los cuales fueron revisados y analizados con el fin de conocer el estado y funcionamiento de la RDAP.

#### 3.5.3.2. ESTADO ACTUAL DE LA RED DE AGUA POTABLE

CAPTACIÓN: Ubicada en la quebrada El Suro (CASERIO ALTO EL SURO), en la cota 3384 msnm, aproximadamente a 10 km al Norte del caserío, consta de 3 captaciones; Los Alisos y Suro (01 y 02) como se observa en la Figura N° 19.

- **Suro 01**, posee una captación con galería filtrante con una cota de 3396.96 msnm, siendo el caudal enviado a la conducción  $Q_d=0.4$  L/S.
- **Suro 02**, posee una captación con galería filtrante con una cota de 3345.18 msnm, siendo el caudal enviado a la conducción  $Q_d=0.6$  L/S.
- Los Alisos, posee una captación vertedero lateral con una cota de 3356.70 msnm, siendo el caudal enviado a la conducción  $Q_d=0.2$ L/S.

*Figura N° 19: Ubicación de captaciones con su respectivo caudal*



Fuente: planos expediente técnico

### LÍNEA DE CONDUCCION

Posee una línea que conduce el agua a través de TUBERIA DE PVC C-10, con diámetros de 25mm y 50mm. Así mismo existe una cámara de reunión, donde se unen los 3 diferentes caudales captados como se muestra en la Figura N° 199.

Tabla N° 17: Línea de conducción

LINEA CONDUCCION		
TUB. PVC C-10	Ø=1"	110.4 m
TUB. PVC C-10	Ø=2"	1,536.37 m

Fuente: elaboración propia

### ALMACENAMIENTO (RESERVORIO)

Está conformado por dos reservorios como se muestra en la Figura N° 20. Son de forma circular; uno de 20 m<sup>3</sup> construido en el 2016 y el otro es de 15 m<sup>3</sup> el cual abastecía anteriormente, almacenando un total de 35 m<sup>3</sup> de agua. Están ubicados a 3310 msnm.

Tabla N° 18: Calculo volumen reservorio

Caserío	Vol. Equilibrio (m <sup>3</sup> )	Vol. Contra incendio (m <sup>3</sup> )	Vol. Reserve (m <sup>3</sup> )	Vol. total (m <sup>3</sup> )	Consider ado
SANJAPAMPA	19.68	0.00	0.98	20.67	20

Fuente: expediente técnico.

**Figura N° 20: Reservorios 20m3 y 15m3 respectivamente**



**Fuente: Propia**

### RED DE DISTRIBUCION

instalaciones de abastecimiento que transporta el agua desde el reservorio hasta hacer llegar el suministro a los usuarios en condiciones que satisfagan sus necesidades.

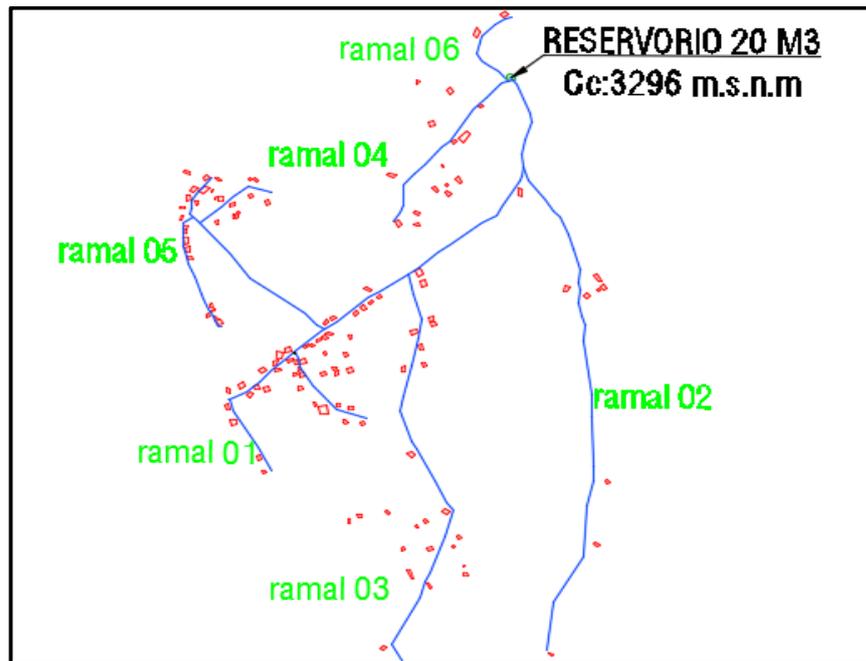
En este caso contamos con una red abierta o ramificada, que consta de 7 ramales como se muestra en la Figura N° 2121, conformado por tuberías de: TUB. DE PVC C-10, con diámetros de 20mm, 25mm, 40mm y 50mm.

**Tabla N° 19: Diámetro de tuberías de la red de distribución**

RED DISTRIBUCIÓN			
TUB. PVC C-10	Ø=2"	599.01	m
	Ø=1.5"	900.15	m
	Ø=1"	1,101.31	m
	Ø=3/4"	2,795.94	m
	Ø=1/2"	667.16	m
<b>PARCIAL :</b>		<b>6,063.57</b>	<b>m</b>
CONEXIONES DOMICILIARIAS			
TUB. PVC	Ø 1/2" =	2,326.24	m

**Fuente: expediente técnico**

**Figura N° 21: Red abierta o Ramificada**

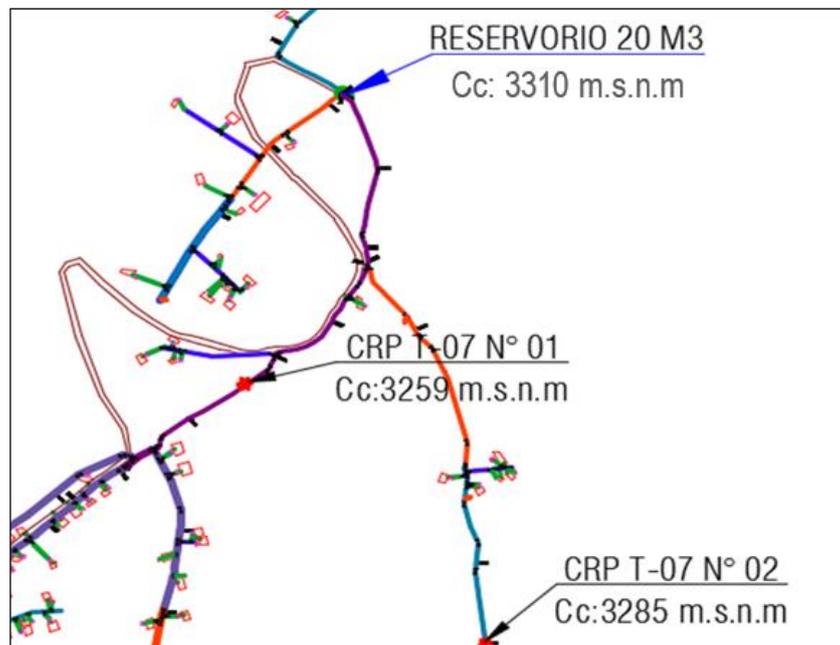


*Fuente: propia*

**CAMARA ROMPE PRESION:**

El sistema de agua potable del Caserio Sanjapampa cuenta con dos cámaras rompe presión (CRP T7). Se encuentran ubicados en las cotas como se muestra en la Figura N° 2222.

**Figura N° 22: Cámaras rompe presión (tipo CRP T7)**



*Fuente: elaboración propia*

**Tabla N° 20: Diferencia de cotas entre RESERVORIO & CRP.**

DESCRIPCION	COTAS	DESNIVEL
		reservorio & CRP.
RESERVORIO	3310.00 m.s.n.m.	
CRP T-07 N° 1	3259.00 m.s.n.m.	51 m.s.n.m.
CRP T-07 N° 2	3285.00 m.s.n.m.	25 m.s.n.m.

**Fuente: elaboración propia**

La ubicación de las cámaras rompe presión cumple según lo requerido por (MVCS., 2018)

**Figura N° 23: Camara rompe presión - tipo 7**

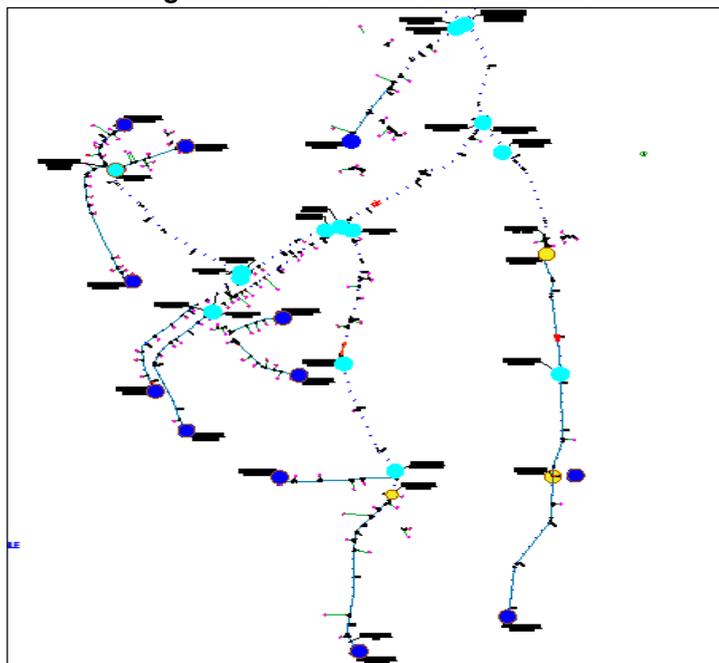


**Fuente: propia**

## **VALVULAS**

- ❖ 14 cajas válvulas de control.
- ❖ 15 válvulas de purga.
- ❖ 05 válvulas de aire.

**Figura N° 24: Ubicación de válvulas.**



**Fuente: Elaboración propia**

### **3.5.3.3. TOPOGRAFIA**

tienen por objetivo la representación gráfica de la superficie de la zona en estudio (Sanjapampa-Huamachuco), en su forma y detalles tanto naturales como artificiales.

#### **EQUIPOS**

- GPS diferencial.
- Nivel de ingeniero
- Trípode
- Mira
- Libreta de campo

#### **DESCRIPCION DE EQUIPOS:**

**Nivel de ingeniero:** instrumento topográfico que tiene como objetivo la medición de desniveles entre diferentes puntos que se encuentran en distintos lugares y alturas.

**Mira:** regla graduada que permite mediante un nivel topográfico medir diferencias de alturas(desniveles). Normalmente una mira es de 5m.

**Trípode:** soporte del instrumento de topografía (nivel de ingeniero) con atas extensibles que sirven para anclar en el terreno.

**Figura N° 25: Equipo topográfico utilizado.**



*Fuente: propia.*

### **PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO EN CAMPO:**

#### **La nivelación tipo compuesta.**

- Reconocimiento de terreno y ubicación de vértices que delimitan el lugar de trabajo. Luego nos ubicamos en la parte más alta, que nos será más favorable para empezar a realizar nuestro levantamiento topográfico.

**Figura N° 26: Parte más alta del lugar de trabajo.**



*Fuente: propia.*

- Una vez ubicado nuestro punto de inicio, empezamos con la instalación de nuestro equipo de trabajo.  
 “De nuestro trípode se aflojan los tornillos de sujeción a fin de alargar las patas a la altura del mentón del operador, Luego se abre las patas de manera equidistantes sobre la estación E1 (punto de partida del levantamiento topográfico). Seguidamente el nivel de ingeniero se coloca sobre la parte superior del trípode y se fija con el tornillo que lleva el trípode. La nivelación del nivel de ingeniero se hace mediante el nivel circular (ojo de pollo). El ocular se ubica en dirección paralela a dos tornillos nivelantes. Luego con movimiento simultáneos (de los dos tornillos) bien hacia afuera o hacia dentro se deja al centro del nivel circular y con el tercer tornillo nivelante se centra la burbuja al medio del nivel ojo de pollo. De esta manera queda nivelado el nivel de ingeniero. Para comprobar se gira horizontalmente varias vueltas y si hay algún desnivel mediante el procedimiento anterior procedemos a corregir”.
- Una vez llegado a este punto estamos aptos empezar la nivelación y llenar nuestra libreta de campo.

**Figura N° 27: nivelación de equipo topográfico.**



**Fuente: propia**

\* Determinación del BM. De donde obtendremos la cota de terreno mediante la lectura del GPS.

**Figura N° 28: Lectura de GPS. (Cota)**



**Fuente: Propia**

\* Luego ubicamos la mira de manera vertical en el punto BM (cota conocida), Y mediante el uso del nivel Tomamos nuestra primera lectura (BM) y este dato se convierte en vista atrás en nuestro cuadro de la libreta de campo. Una vez teniendo tomado lectura del punto BM el portamira se mueve a otro punto y la lectura que tenemos de este punto se toma como vista adelante. Este procedimiento se realizó para todo el levantamiento topográfico del proyecto de investigación.

**Figura N° 29: Toma de datos en libreta de campo.**



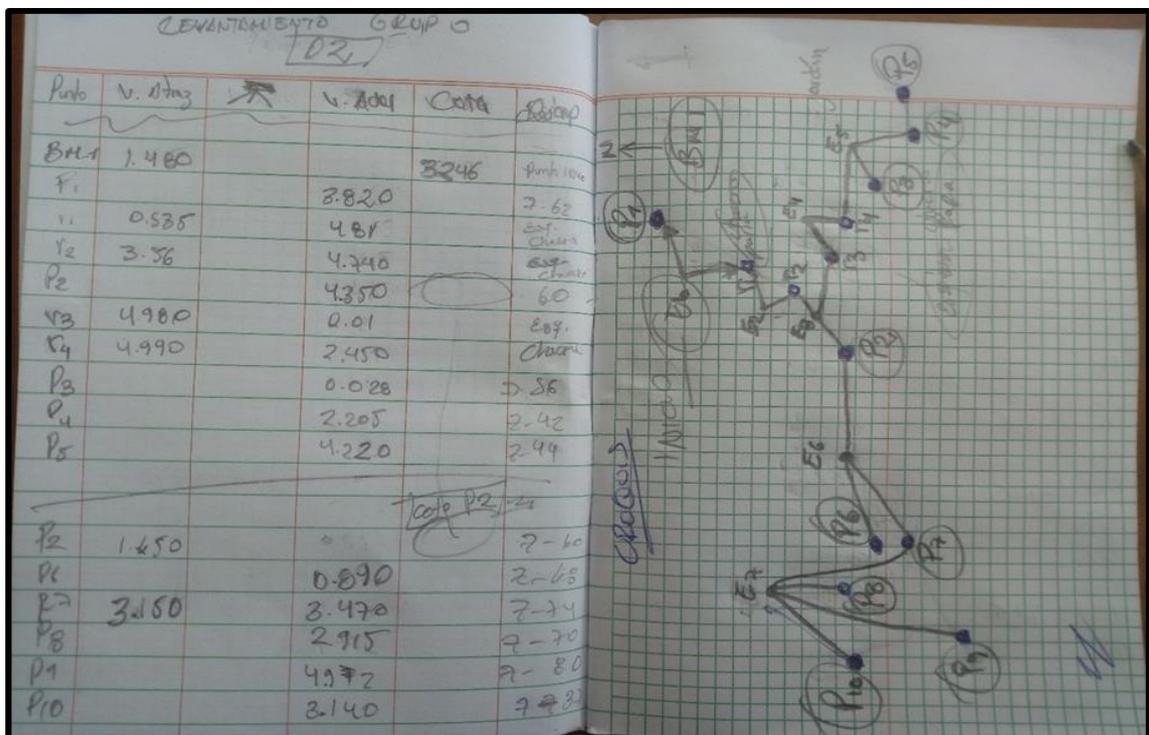
**Fuente: Propia**

**Nota:** Para realizar este levantamiento topográfico realizamos una nivelación del tipo compuesta, esto debido a la pronunciada diferencia de cotas que existe entre una y otra UBS. (viviendas muestra del proyecto)

- \* En la libreta de campo se empieza a apuntar la lectura del hilo medio del nivel. ese dato nos está brindando el desnivel que existe entre un punto y el otro punto, adicionalmente se apunta la descripción de cada punto tomado ya que es muy importante para la realización del croquis.
- \* Para finalizar el trabajo en campo de topografía elaboramos un mapa del croquis del terreno que se hizo en el levantamiento topográfico indicando su respectiva nomenclatura como se muestra en la Figura N° 30 y Figura N° 31.

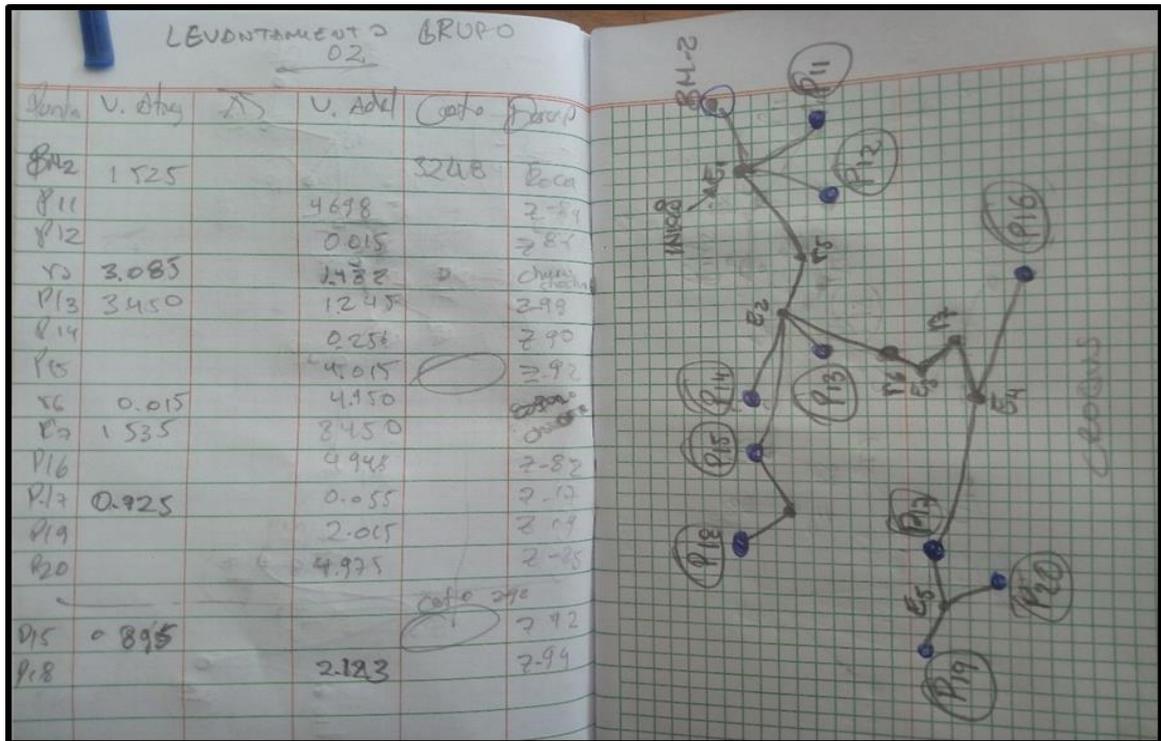
... En gabinete se realiza el cálculo de la tabla tomada de la libreta de campo. Una vez calculado se obtienen las cotas reales de cada punto que se tomó para este trabajo.

**Figura N° 30: Datos tomados en Libreta de campo # 01**



Fuente: propia

Figura N° 31: datos tomados en libreta de campo # 02



Fuente: propia

### 3.5.3.4. MEDICION DE PRESION DE AGUA

Presión de agua: Es la fuerza con la que el agua sale en un grifo. Si al abrir la llave del grifo el agua salpica, significa que la presión del agua de tu hogar es buena.

#### MATERIAL

- ✓ Manómetro
- ✓ Manguera Transparente ½ 5m
- ✓ Abrazaderas
- ✓ Tee De Bronce De ½"
- ✓ Desarmadores

#### Cinta Teflón DESCRIPCION DE MATERIALES.

**Manómetro De Baja Presión** (marca galeaza) 30 psi: instrumento mecánico de medición de presiones en fluidos.

**MANGERA:** material transparente flexible que se emplea para conducir líquidos (agua)

**ABRAZADERAS:** ajustar uniones de mangueras y evitar fuga del agua  
**TEE:** Unión de mangueras (entrada y salida) con el manómetro.

**Figura N° 32: equipos de para la toma de presión**



**Fuente: Propia.**

### **Procedimiento De Trabajo De Toma De Presión En Campo.**

- Envolver con teflón la tee de bronce (entrada y salida) y manómetro para de esa manera evitar fuga del agua por la presión a la hora de abrir al grifo de cada vivienda.

**Figura N° 33: Tee de bronce de ½" y el manómetro galeazzi envueltos con teflón**



**Fuentes: Propia**

- Posteriormente se acoplo la manguera transparente de 1/2 "a ambos extremos entrada y salida, se notó que se generaban ciertas fugas de agua cuando se realizaba las mediciones de presiones, por lo que se optó por colocar unas abrazaderas en las uniones (manguera y tee). Con el cual se logró la solucionar el problema de las fugas de agua.

**Figura N° 34 Unión de manguera con tee**



**Fuente: Propia**

- En el extremo superior de la Tee de bronce fue colocado el manómetro, notándose un inconveniente, la unión entre la Tee y el manómetro tenía una altura muy significativa a la hora de realizar las mediciones, lo que generaba una medición de la presión deficiente según recomendaciones de nuestro asesor.
- Para solucionar el problema anterior hicimos un Recorte de tee de bronce (parte perpendicular de entrada y salida del flujo de agua) para con esto tener lo más cerca posible el manómetro con la corriente del flujo de agua. (mayor sensibilidad de manómetro)
- Seguidamente con una manguera de 4cm aproximadamente se unió el manómetro con la tee de bronce y se aseguró con una abrazadera en cada extremo.
- Finalmente, el equipo ya montado quedo de la siguiente manera, corroborando que no existan fugas a la hora de tomar las mediciones.

**Figura N° 35: conexión de manómetro galeazzi a la tee de bronce de ½” .  
Equipo listo para tomar las presiones.**



**Fuente: Propia.**

*Este mismo procedimiento de montaje de manómetro con manguera se realizó para los dos equipos que se utilizó para realizar la toma de presiones.*

- Cuando se iba a tomar las mediciones en las UBS, la manguera transparente no lograba ser conectada al caño de la vivienda debido a la diferencia de diámetros, y se tuvo que modificar la conexión, usando una manguera de riego de ½” de aproximadamente un tramo de 40cm.
- ✓ Después corroboramos que el equipo este bien empalmado para que no presentara problemas de fuga de agua, para empezar con las mediciones. En la figura se observa que hubo fuga de agua, por lo cual tuvimos que ajustar más las abrazaderas hasta eliminar la fuga de agua.

**Figura N° 36: Equipo instalado para empezar a trabajar.**



**Fuente: Propia.**

**Finalmente empezamos a tomar datos.**

- ✓ el intervalo de hora a tomar las presiones en las unidades básicas tomadas como muestra fue de 8:00am a 9:00am de los días jueves 24 y viernes 25 de octubre del 2019. Donde para poder lograr recolectar la mayor cantidad de numero muestras optamos por conformar dos grupos de trabajo para la toma de presiones, cada grupo estuvo integrado por dos integrantes, encabezado cada grupo por uno de los tesistas.
  - ✓ **Grupo1:** Infantes Carranza Daniel Alfredo (tesista)  
Hernández llapo, marcos
  - ✓ **Grupo 2:** Briceño vega, Jhorden (tesista)  
Peláez Alonzo, Jonatán David
- Cada grupo de trabajo abarco una determinada zona de estudio para la toma de presiones como se muestra en la Figura N° 38. logrando alcanzar cada grupo de trabajo 7 unidades básicas(MUESTRAS), obteniendo un total de 14 viviendas (MUESTRAS) que se tomaran como muestras de estudio para la calibración de la red de distribución de agua potable del caserío Sanjapampa-Huamachuco.

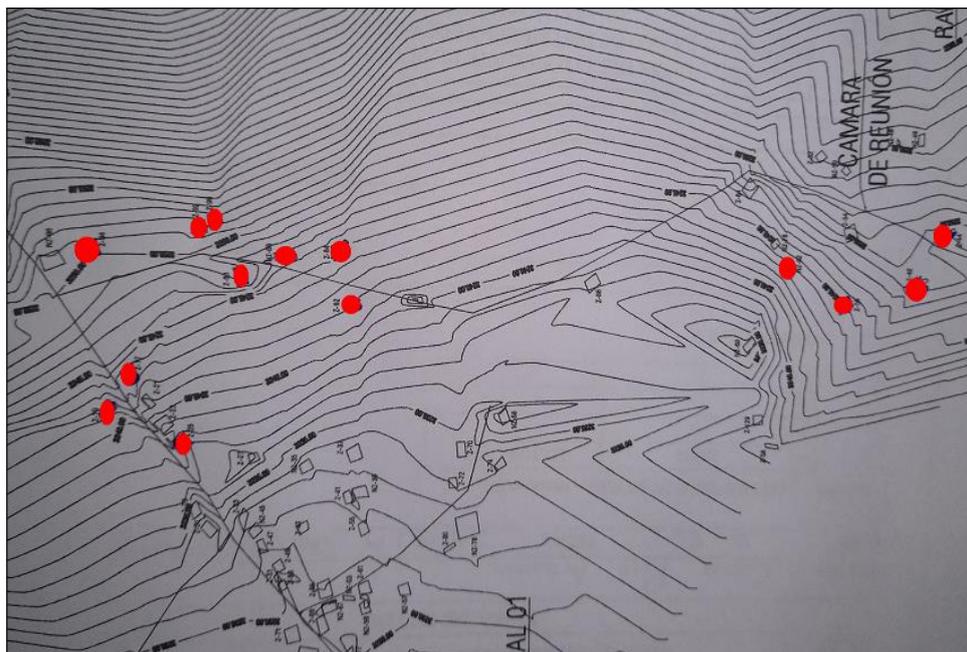
**Figura N° 37: Grupos de trabajo para toma de presiones**



**Fuente: Propia.**

- Estando en la vivienda que se tomó como muestra (UBS) se procedió a conectar el equipo ( Figura N° 36) con los puntos de salida del agua (grifo).

**Figura N° 38: viviendas tomadas como muestra**



**Fuente: Elaboración propia.**

- Una vez conectado el equipo se procedió a abrir el grifo para que fluya el agua a lo largo de los 5m de la manguera. La parte final de la manguera donde sale el flujo del agua se colocó a la misma altura del grifo.

**Figura N° 39: Proceso de toma de datos de presión.**



**Fuente: Propia.**

- Finalmente, abrimos el grifo y dejamos que el flujo del agua corra por la manguera hasta que la manecilla del manómetro logre estabilizarse, y así permitiéndonos tomar apunte de la presión que marco el equipo. Los datos apuntados se tomaron en la unidad de medida PSI, para luego en gabinete hacer la conversión de PSI a mca así como se observa en la Tabla N° 219.

**Figura N° 40: Lectura de la presión en el manómetro.**



**Fuente: Propia.**

- Este proceso se realizó en las 14 viviendas que se tomó como muestra en el proyecto de investigación. En cada vivienda se hizo el ensayo 2 veces para así tener una mejor toma de datos.
- En gabinete se procedió a convertir los datos tomados en campo mediante el manómetro de PSI a Mca. (1 PSI = 0.704 Mca).

**Tabla N° 21: Datos de presiones tomadas en campo**

USUARIOS	VIVIENDA	24 OCTUBRE		25 OCTUBRE	
		Jueves 8:00-9:00am		Viernes 8:00-9:00am	
		PRESIÓN		PRESIÓN	
		Psi	Mca	Psi	Mca
BARTOLO VICTORIO, Selso	Z-25	19.50	13.73	18.00	12.67
FLORES OTINIANO, Gregorio	Z-19	8.50	5.98	9.50	6.69
OTINIANO SANTOS, Fernando	Z-17	8.00	5.63	8.50	5.98
RIOS GOMEZ, Gregorio	Z-92	8.50	5.98	9.00	6.34
POLO ACOSTA, Cesar	Z-86	16.00	11.26	14.50	10.21
REYES POLO, Felipe	Z-94	12.50	8.80	12.00	8.45
FLORES RIOS, Eusebio	Z-42	6.50	4.58	7.00	4.93
PUCLIA POLO, Manuel	Z-84	14.00	9.86	11.50	8.10
POLO ACOSTA, Filomeno	Z-88	13.50	9.50	13.00	9.15
VICTORIO OTINIANO, Natividad	Z-62	13.00	9.15	10.50	7.39
POLO POLO, Clemente	Z-82	15.50	10.91	10.50	7.39
FLORES GONZALES, Pablo	Z-44	6.00	4.22	7.00	4.93
FLORES ANTICONA, Genaro	Z-56	7.50	5.28	9.00	6.34
POLO ARCE, Sixto	Z-90	9.00	6.34	9.00	6.34

**Fuentes: Elaboración propia**

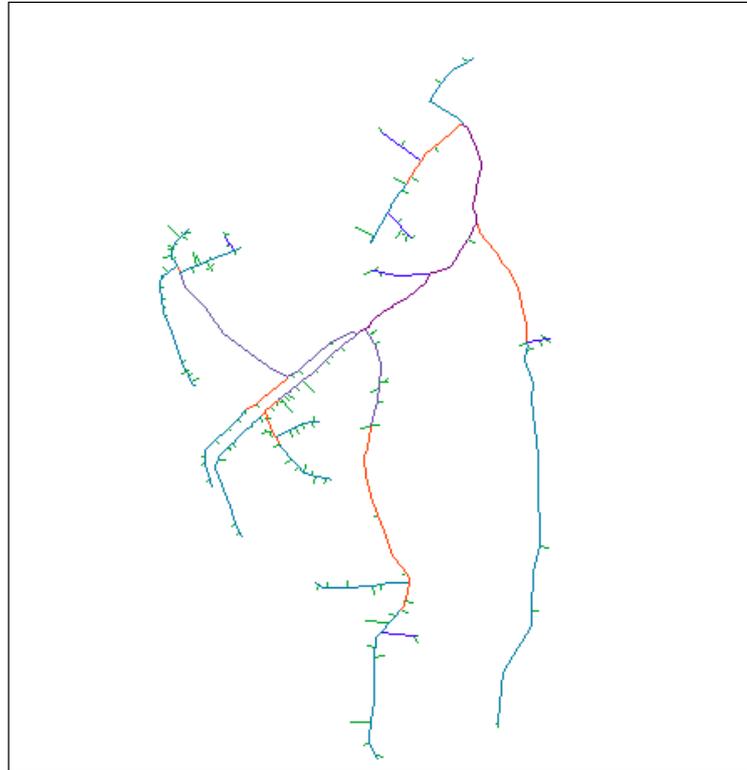
### 3.5.3.5. SIMULACION DEL MODELO HIDRAULICO EN WATERCAD.

Organizar los datos básicos para poder ingresar al waterCAD (topología y cotas de la red de distribución del agua potable del caserío Sanjapampa- Huamachuco), este paso se realizó en el software civil 3D y se guarda en el formato DXF en cual es compatible con el software waterCAD versión 8i.

- Separamos el plano de RDAP de Sanjapampa, considerando una capa diferente a cada diámetro de tubería. se verificara que no exista

una tubería sobre otra y corroborar que la tubería se encuentre conectado a un nodo. De igual forma para las elevaciones de la RDAP, separamos el plano de curvas.

**Figura N° 41: tuberías del RDAP. -AutoCAD**



**Fuente: AutoCAD Civil 3D**

**Figura N° 42: Curvas de nivel RDAP. -AutoCAD**



**Fuente: AutoCAD Civil 3D**

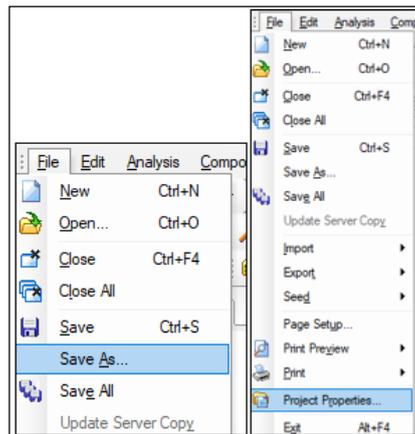
**Método:**

Usando model builder.

❖ **Procedimiento en waterCAD.**

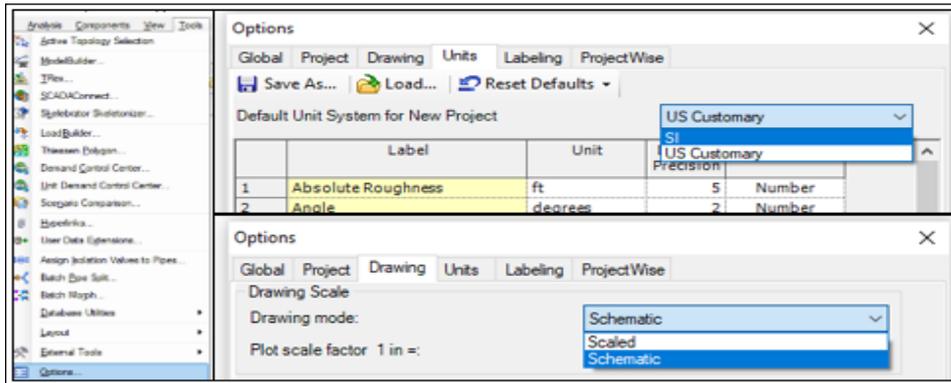
- Configuración del modelo.

**Figura N° 43: Nombre del proyecto.**



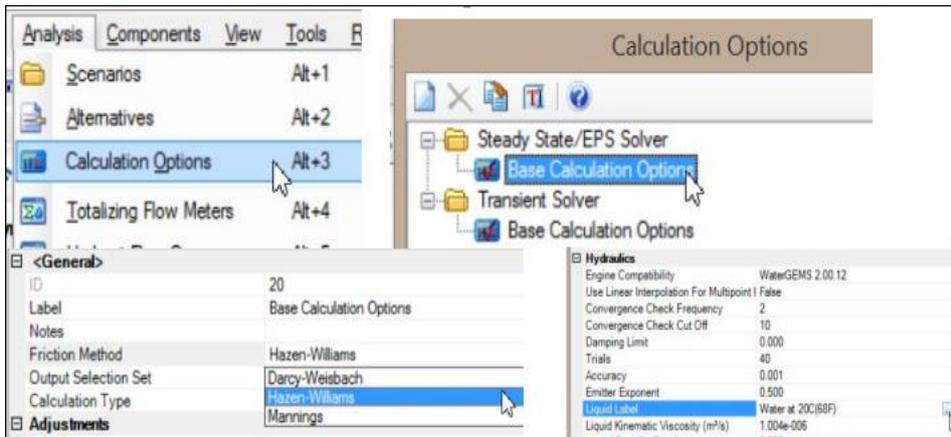
**Fuente: waterCAD.**

**Figura N° 44: Configuración del Sistema de Unidades y modo de dibujo.**



Fuente: waterCAD

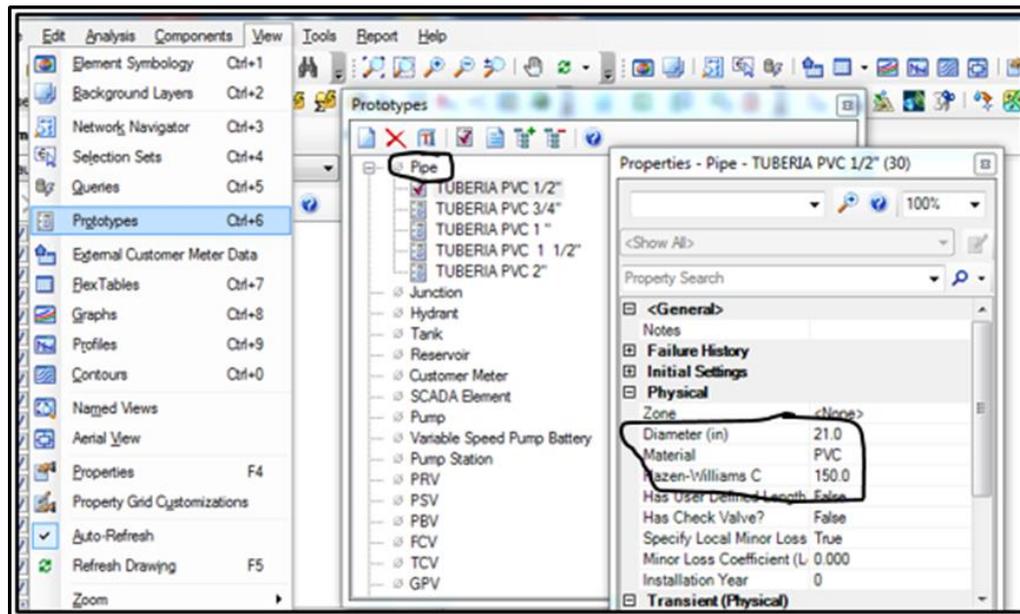
Figura N° 45: Determinar el Fluido a modelar y la ecuación de perdidas



Fuente: waterCAD.

Configuración de prototipos.

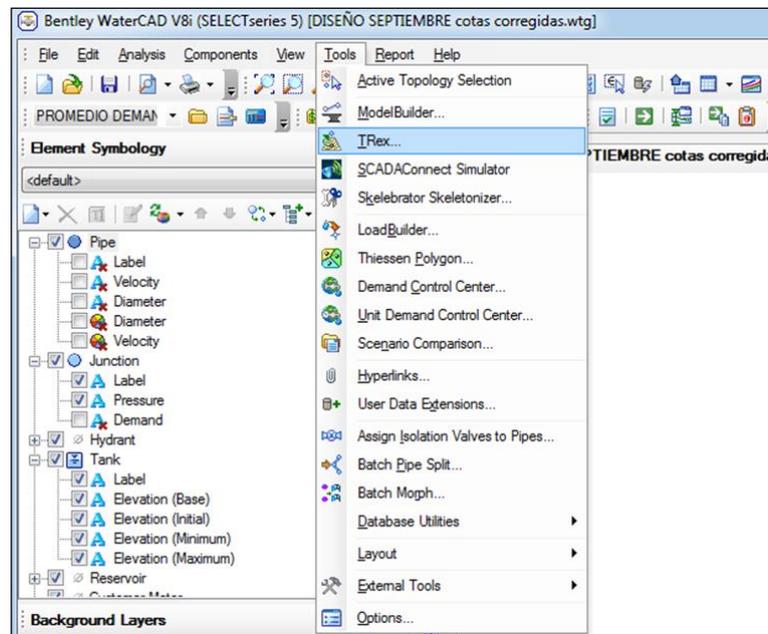
Figura N° 46: Determinación diámetro de tubería y material.



Fuente: waterCAD.

Usamos la herramienta trex, que nos permite cargar un formato de civil de dxf, el cual consta de un plano de curvas de nivel en la interfaz colocamos el archivo dxf, la unidad de medida, y le damos ok. permitiendo así colocar las cotas en los diferentes nodos de la RDAP.

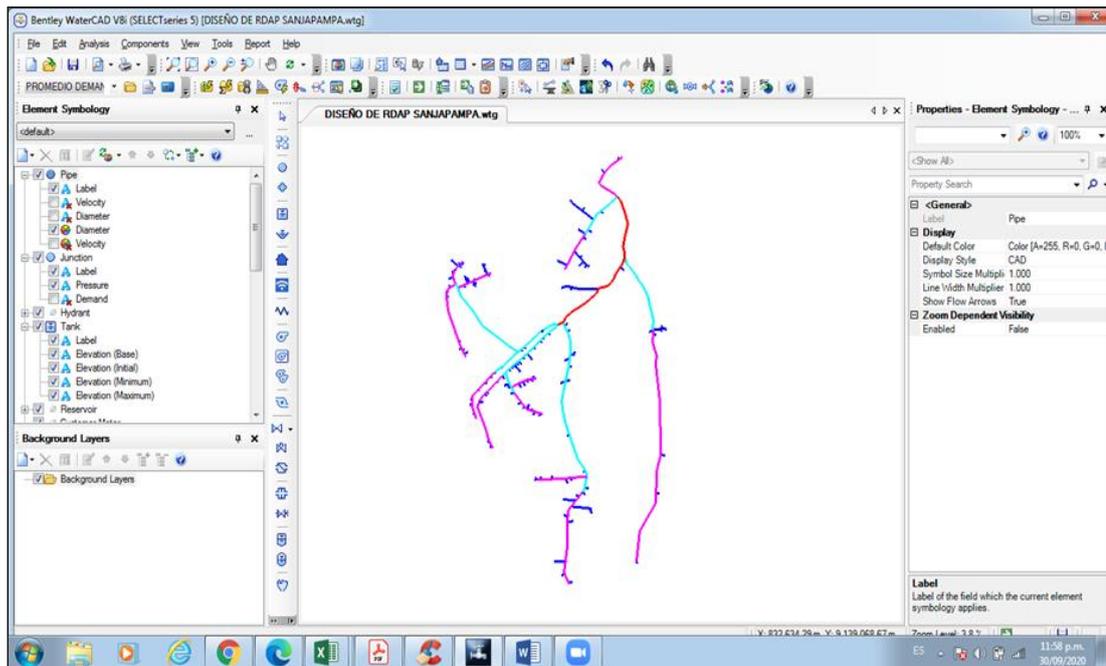
**Figura N° 47: Creación de curvas de nivel**



**Fuente: waterCAD**

- Creación topología de la red.  
**Ingreso de la información de la red.**

**Figura N° 48: RDAP.**



**Fuente: waterCAD.**

- Ingreso de información de la red.

*Tuberías:* Diámetro, longitud, material y fluido

*Nudos:* diámetro y material y demanda.

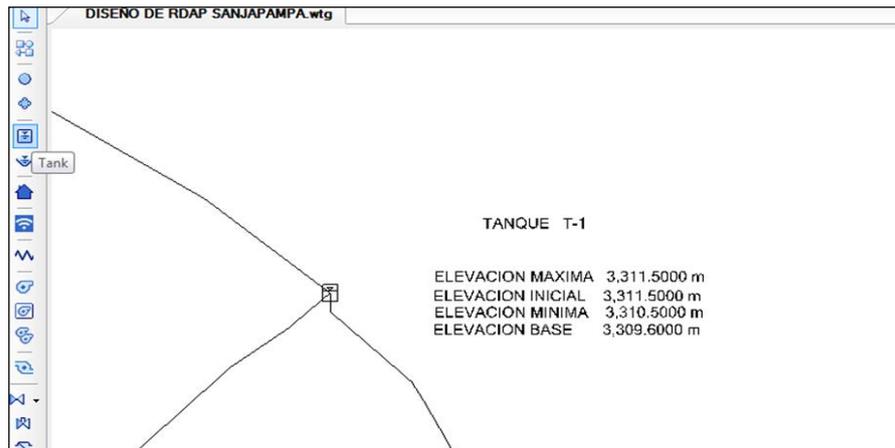
*Reservorio:* 15m<sup>3</sup>

*CRP:* CRP-TIPO-07

*Válvulas:* Control, purga y aire

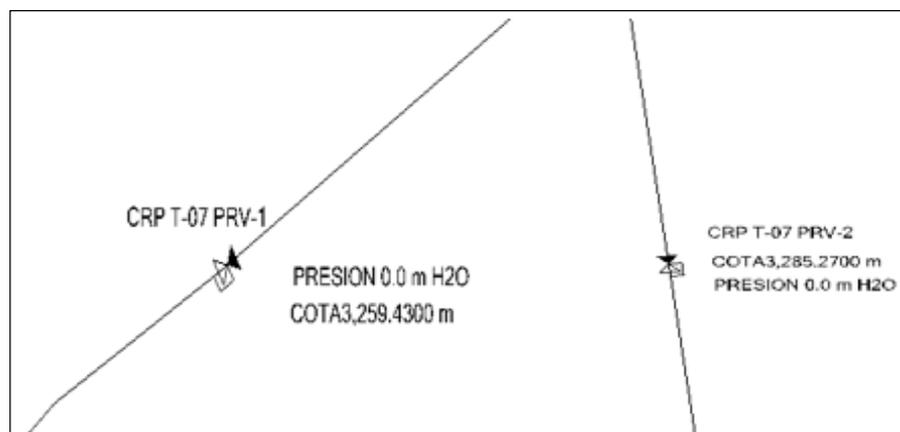
- ✚ Seleccionamos tanque, ubicándolo según la cota y coordenadas en las cuales manda el expediente, luego colocaremos las elevaciones con las cuales opera el tanque.
- ✚ En el caso de las cámaras de rompe presión y válvulas, se ubicarán de la misma forma en los lugares designados dentro del expediente.

**Figura N° 49: Ubicación de Reservorio**



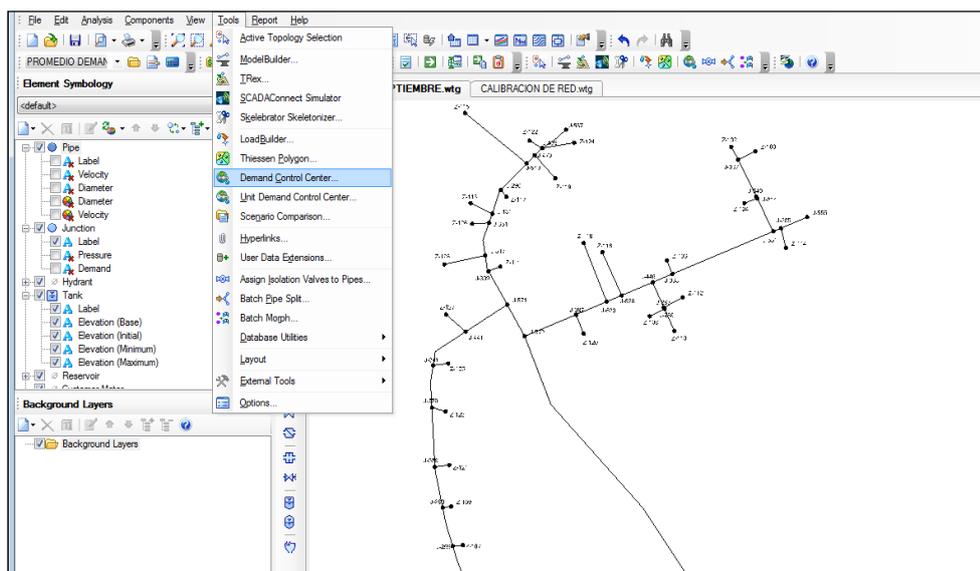
Fuente: waterCAD.

Figura N° 50: Ubicación de CRP. T- TIPO-07



Fuente: waterCAD.

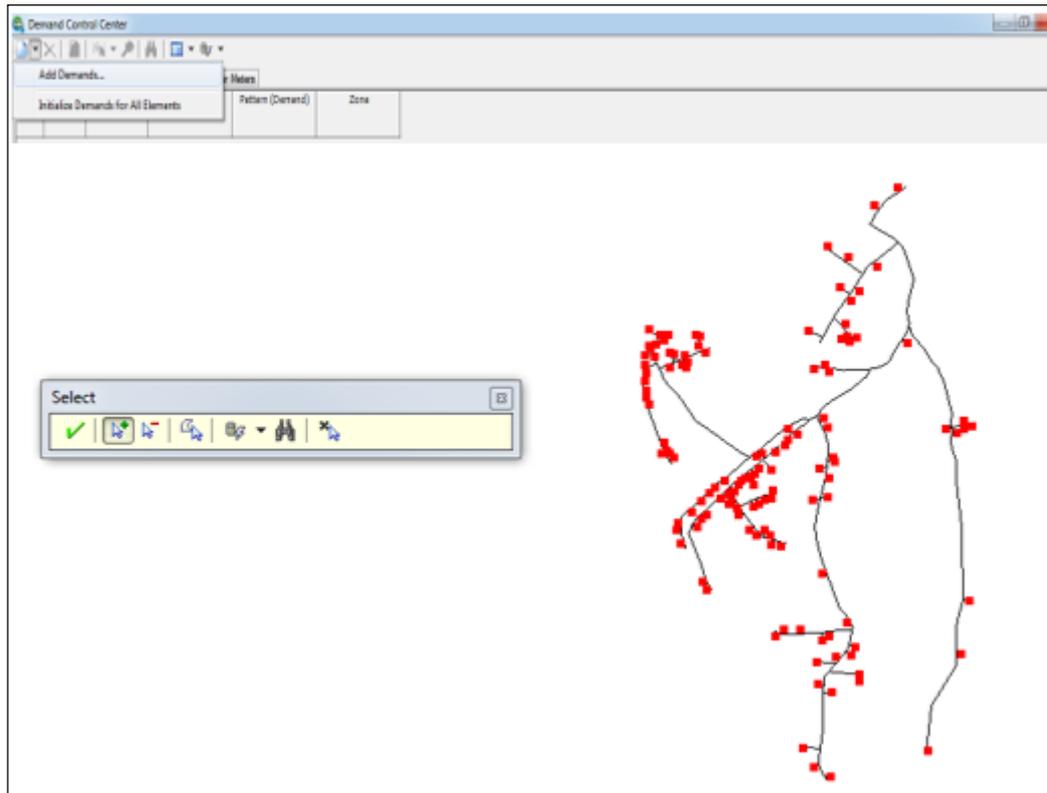
Figura N° 51: asignación de demanda en nudos.



Fuente: waterCAD.

- Se eligió la opción de adicionar demandas en los nodos donde se encuentran las viviendas(UBS)
- Una vez seleccionado todos los nodos con demanda

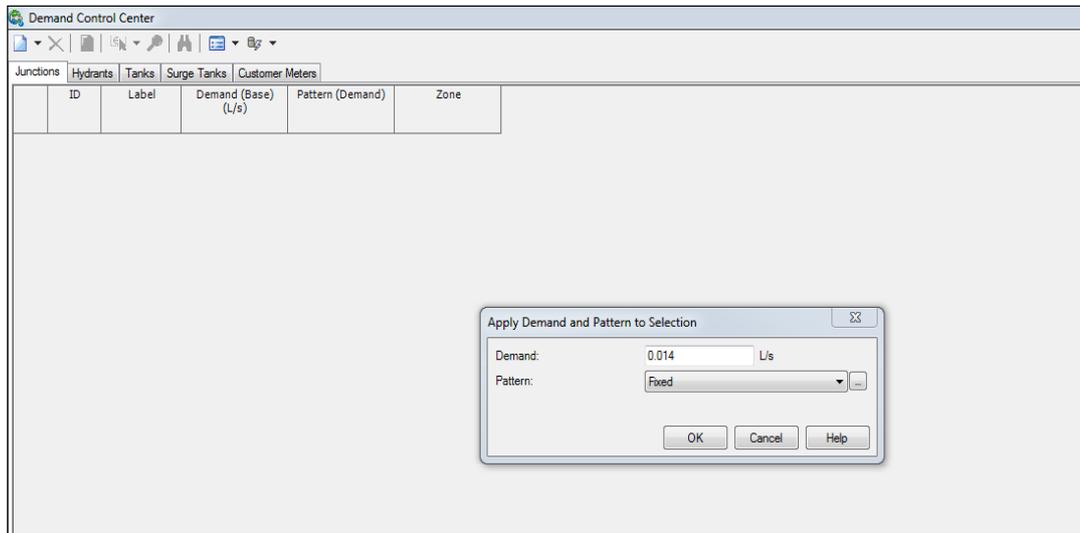
**Figura N° 52: Colocación de caudal unitario.**



**Fuente: waterCAD.**

- Aquí colocamos el caudal unitario calculado  $Q_u=0.014$  l/s.

**Figura N° 53: Demanda**



**Fuente: waterCAD.**

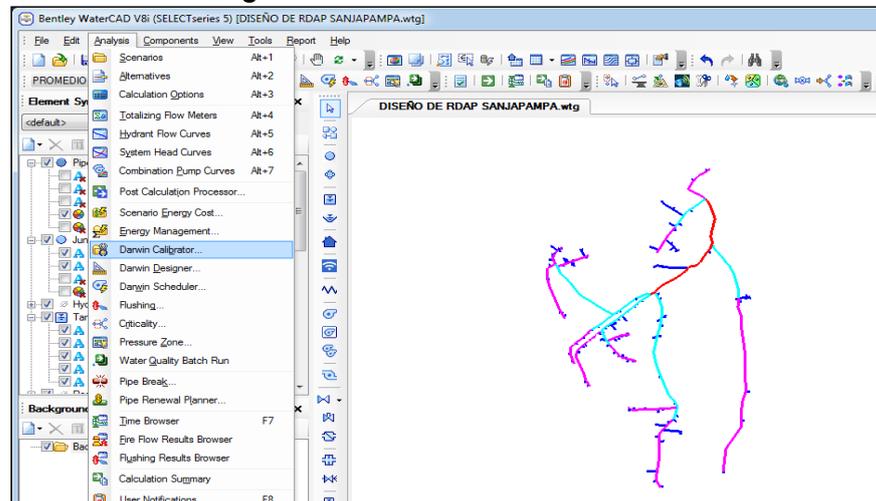
- Validar y ejecutar.

### 3.5.4. Calibración Del Coeficiente De Rugosidad, Mediante Darwin Calibrator (Watercadv8.1).

Para la calibración del coeficiente de rugosidad de la RDAP. Del Caserío de Sanjapampa-Huamachuco se usó la herramienta DARWIN CALIBRATOR (waterCAD).

- Ingresamos a la herramienta Darwin Calibrator, ubicado dentro de la barra de herramientas Analysis, el cual nos permitirá realizar una calibración del coeficiente de rugosidad, comparando las presiones in situ y simuladas.

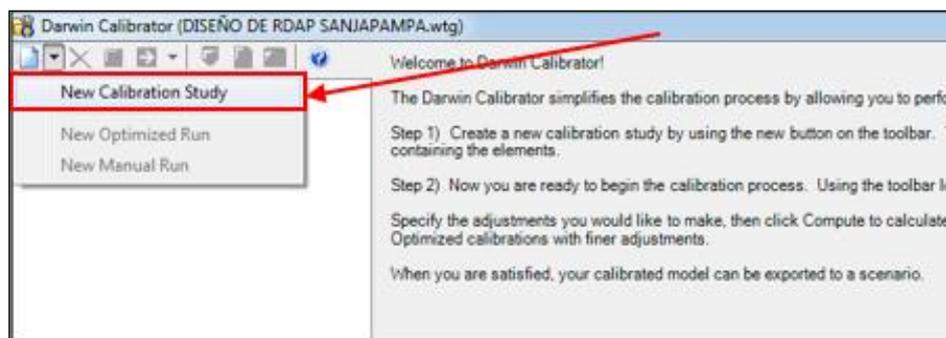
**Figura N° 54: Comando Darwin Calibrator.**



**Fuente: waterCAD**

- Seleccionamos la opción **NEW CALIBRATION STUDY**, para iniciar con una calibración básica, que nos ofrece el software.

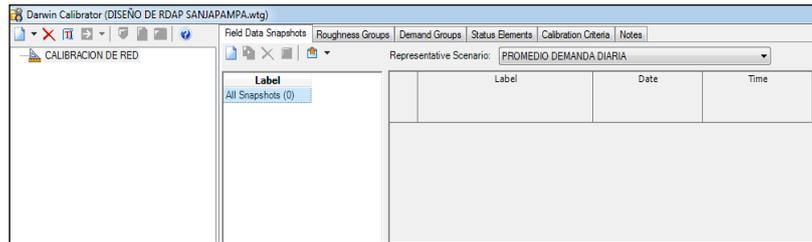
**Figura N° 55: New calibration.**



**Fuente: waterCAD.**

- Renombramos con el nombre de CALIBRACION DE RED

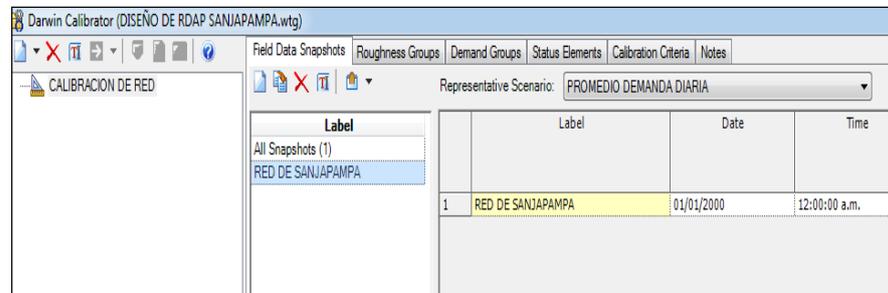
**Figura N° 56: Nombre de trabajo.**



**Fuente: waterCAD.**

- Dentro de CALIBRACION DE RED, ingresamos a FIELD DATA SNAPSHOTS, donde creamos una DATA, para ingresar nuestros datos obtenidos en campo.

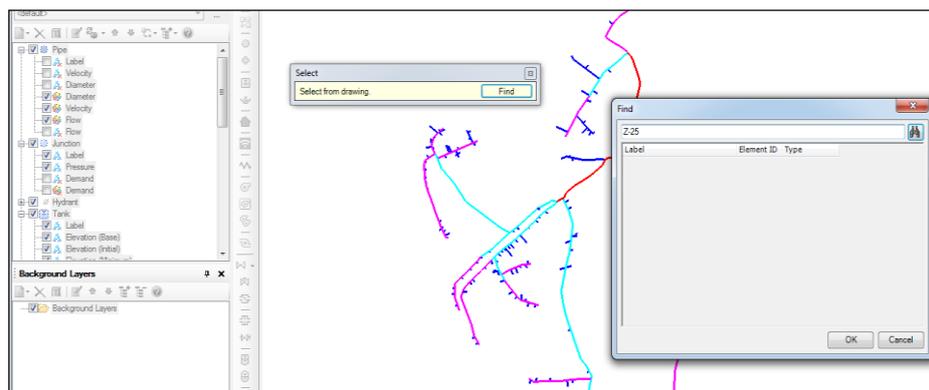
**Figura N° 57: creación de nueva DATA.**



**Fuente: waterCAD.**

- Posteriormente nos ubicamos en la parte inferior en la pestaña de **OBSERVED TARGET**, donde procedemos a ubicar los puntos de presión medidos en la opción **ELEMENT <FIND**

**Figura N° 58: ubicación de puntos de presión.**



**Fuente: waterCAD.**

- Aquí configuramos cada punto, colocando como **ATTRIBUTE** : **PRESSURE** y en **VALUE** colocamos el valor medido en campo, de la siguiente manera.

**Figura N° 59: configuración de puntos tomados en campo.**

Observed Target				
Boundary Overrides				
Demand Adjustments				
	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	calibracion de red	Z-25	Pressure (m H2O)	13.7
2	calibracion de red	Z-19	Pressure (m H2O)	6.0
3	calibracion de red	Z-17	Pressure (m H2O)	5.6
4	calibracion de red	Z-92	Pressure (m H2O)	6.0
5	calibracion de red	Z-86	Pressure (m H2O)	11.3
6	calibracion de red	Z-94	Pressure (m H2O)	8.8
7	calibracion de red	Z-42	Pressure (m H2O)	4.6
8	calibracion de red	Z-84	Pressure (m H2O)	9.9
9	calibracion de red	Z-88	Pressure (m H2O)	9.5
10	calibracion de red	Z-62	Pressure (m H2O)	9.2
11	calibracion de red	Z-82	Pressure (m H2O)	10.9
12	calibracion de red	Z-44	Pressure (m H2O)	4.2
13	calibracion de red	Z-56	Pressure (m H2O)	5.3
14	calibracion de red	Z-90	Pressure (m H2O)	6.3

**Fuente: waterCAD.**

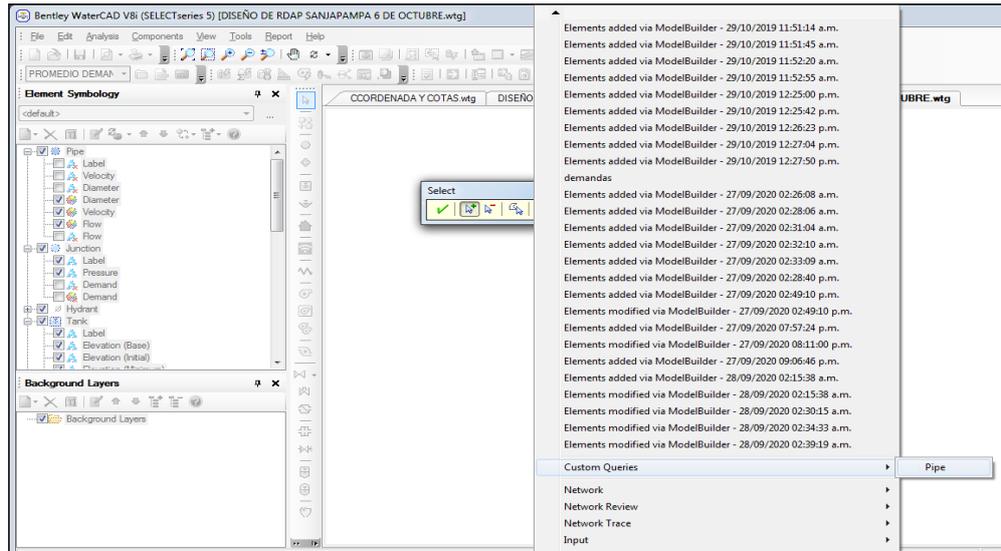
- Ahora tomamos la opción **ROUGHNESS GROUPS>NEW**, donde renombramos con **NUEVO COEFICIENTE**
- Seleccionamos los puntos suspensivos dentro de **ELEMENT IDS >Select From Drawing.**
- Luego **QUERY>Custom queries>Pipe**

**Figura N° 60: Nuevo coeficiente de rugosidad.**

The image shows a sequence of steps in the waterCAD software interface:

- The **Roughness Groups** window is open, showing a table with the following data:

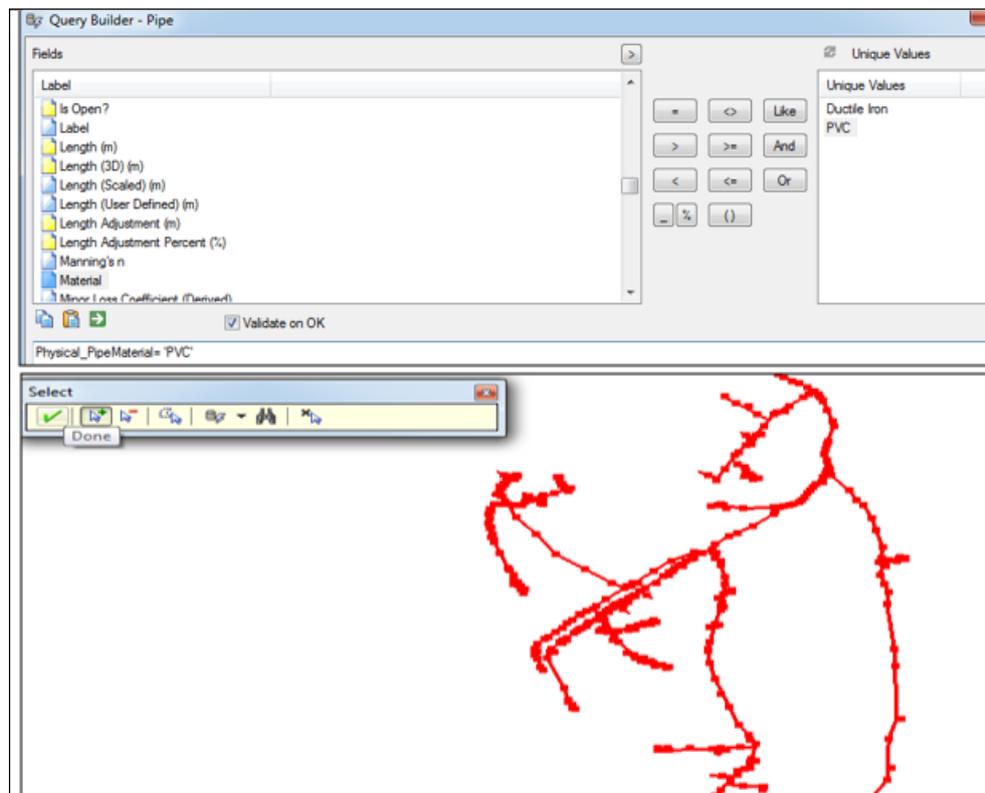
ID	Label	Element IDs	Notes
5788	NUEVO COEFICIENTE	<Collection: 0 items>	
- A **Selection Set: NUEVO COEFICIENTE** dialog box is open, showing the **Select From Drawing** button and an **Element ID** field.
- A **Select** dialog box is open, showing various selection tools and a **Query** button.



Fuente: waterCAD.

- Dentro de **Pipe**, en la pestaña de **FIELDS**, seleccionamos **MATERIAL**, luego en **UNIQUE VALUES** elegimos **PVC**. Finalmente, **APPLY>OK**.
- Una vez se esté seleccionado toda la tubería le damos **DONE**.

Figura N° 61: Selección de material (PVC).



Fuente: waterCAD.

- Donde observemos que se agrupo las 291 tuberías de la red.

**Figura N° 62: Agrupación de tuberías.**

Field Data Snapshots						Roughness Groups		Demand Groups		Status Elements		Calibration Criteria		Notes	
ID	Label	Element IDs				Notes									
5788	NUEVO COEFICIENTE	<Collection: 291 items>				...									

**Fuente: waterCAD.**

- Ahora los que prosigue es configurar algunos parámetros de la calibración, donde crearemos una pestaña dentro de CALIBRACION DE RED, denominada CALIBRACION BASICA.

**Figura N° 63: Configuración de algunos parámetros de calibración.**

Roughness						Demand		Status		Field Data		Notes	
Roughness Adjustment Group	Is Active?	Operation		Value									
1 NUEVO COEFICIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	Multiply		1.91									

**Fuente: waterCAD.**

- Finalmente elegimos COMPUTE, donde el software se encarga de correr y mostrarnos una comparación de presiones simuladas vs medidas, con un coeficiente de rugosidad calibrado

**Figura N° 64: Ejecución del programa**

Darwin Calibrator (DISEÑO DE RDAP SANJAPAMPA 6 DE OCTUBRE.wtg)													
Roughness						Demand		Status		Field Data		Notes	
Roughness Adjustment Group	Is Active?	Operation		Value									
1 NUEVO COEFICIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	Multiply		0.90									

**Fuente: waterCAD.**

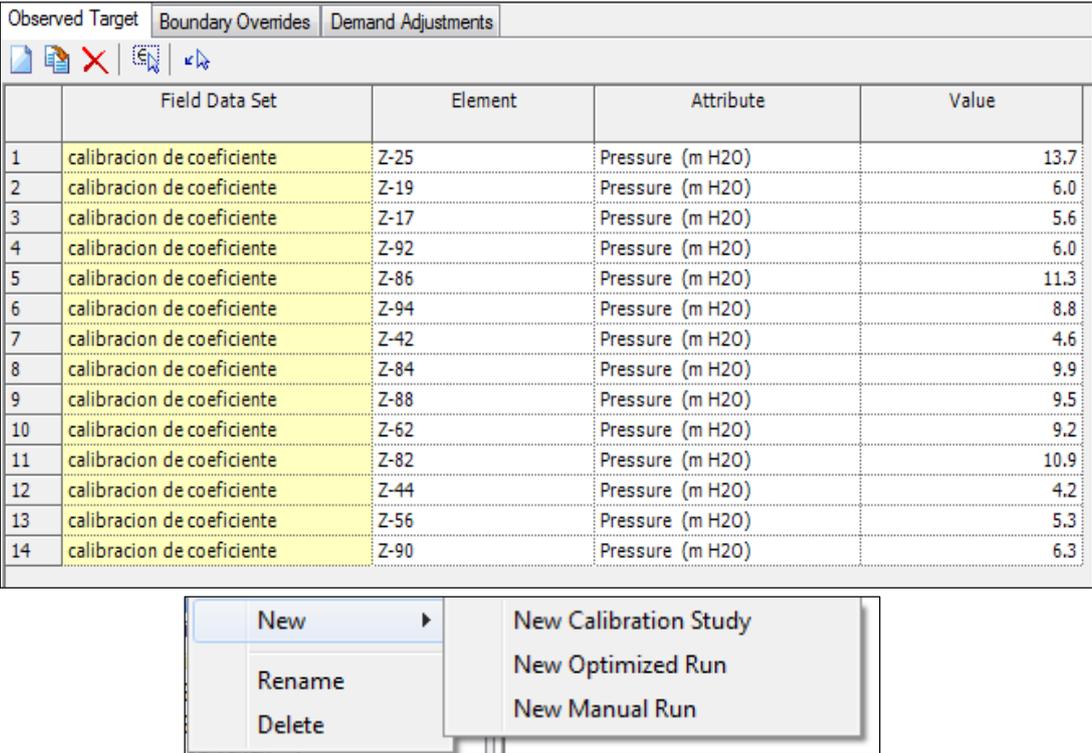
### 3.5.5. CALIBRACION OPTIMIZADA.

Ahora procedemos a utilizar dentro de DARWIN CALIBRATOR<CALIBRACION OPTIMIZADA

Este tipo de calibración, se basa en la utilización de ALGORITMOS GENETICOS, permitiéndonos crear una simulación más cercana a los datos medidos, adecuando parámetros más minuciosos dentro del análisis.

- Crearemos un nuevo estudio optimizado, donde ingresaremos las presiones medidas en campo.

**Figura N° 65: nueva calibración optimizada.**



The screenshot displays the 'Observed Target' tab in the software. It features a table with 14 rows of calibration data. Below the table, a context menu is open, showing options for 'New', 'Rename', and 'Delete'. The 'New' menu is expanded to show 'New Calibration Study', 'New Optimized Run', and 'New Manual Run'.

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	calibracion de coeficiente	Z-25	Pressure (m H2O)	13.7
2	calibracion de coeficiente	Z-19	Pressure (m H2O)	6.0
3	calibracion de coeficiente	Z-17	Pressure (m H2O)	5.6
4	calibracion de coeficiente	Z-92	Pressure (m H2O)	6.0
5	calibracion de coeficiente	Z-86	Pressure (m H2O)	11.3
6	calibracion de coeficiente	Z-94	Pressure (m H2O)	8.8
7	calibracion de coeficiente	Z-42	Pressure (m H2O)	4.6
8	calibracion de coeficiente	Z-84	Pressure (m H2O)	9.9
9	calibracion de coeficiente	Z-88	Pressure (m H2O)	9.5
10	calibracion de coeficiente	Z-62	Pressure (m H2O)	9.2
11	calibracion de coeficiente	Z-82	Pressure (m H2O)	10.9
12	calibracion de coeficiente	Z-44	Pressure (m H2O)	4.2
13	calibracion de coeficiente	Z-56	Pressure (m H2O)	5.3
14	calibracion de coeficiente	Z-90	Pressure (m H2O)	6.3

Context Menu Options:

- New
  - New Calibration Study
  - New Optimized Run
  - New Manual Run
- Rename
- Delete

**Fuente: waterCAD.**

- Posteriormente colocaremos parámetros de calibración del coeficiente de rugosidad. Estos valores son rangos establecidos en norma.

**Figura N° 66: parámetros calibración.**

Roughness	Demand	Status	Field Data	Options	Notes				
	Roughness Adjustment Group		Is Active?	Operation	Minimum Value	Maximum Value	Increment		
1	New Roughness Group - 3		<input checked="" type="checkbox"/>	Multiply	0.950	1.100	0.100		

**Fuente: waterCAD.**

- Finalmente ejecutamos el Calibrador, obteniendo un valor calibrado del coeficiente de rugosidad basado en las presiones medidas.

**Figura N° 67: calibración optimizada- presiones calibradas**

Simulated Results					
	Field Data Snapshot	Junction	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	Difference (m)
1	calibracion de coeficiente	Z-25	3,252.5604	3,258.7010	6.1406
2	calibracion de coeficiente	Z-19	3,248.9272	3,258.7481	9.8209
3	calibracion de coeficiente	Z-17	3,249.6192	3,258.8460	9.2267
4	calibracion de coeficiente	Z-92	3,256.8856	3,258.8817	1.9961
5	calibracion de coeficiente	Z-86	3,257.6140	3,258.8537	1.2397
6	calibracion de coeficiente	Z-94	3,258.4522	3,258.9785	0.5263
7	calibracion de coeficiente	Z-42	3,253.7552	3,257.2208	3.4656
8	calibracion de coeficiente	Z-84	3,254.7062	3,258.8130	4.1068
9	calibracion de coeficiente	Z-88	3,257.7512	3,258.8749	1.1237
10	calibracion de coeficiente	Z-62	3,252.8408	3,257.4280	4.5872
11	calibracion de coeficiente	Z-82	3,253.4292	3,258.7987	5.3694
12	calibracion de coeficiente	Z-44	3,253.9290	3,257.2053	3.2763
13	calibracion de coeficiente	Z-56	3,251.6674	3,257.3077	5.6403
14	calibracion de coeficiente	Z-90	3,257.7512	3,258.8826	1.1314

**Fuente: waterCAD.**

- Resultados de la calibración final del coeficiente de rugosidad

**Figura N° 68: calibración final.**

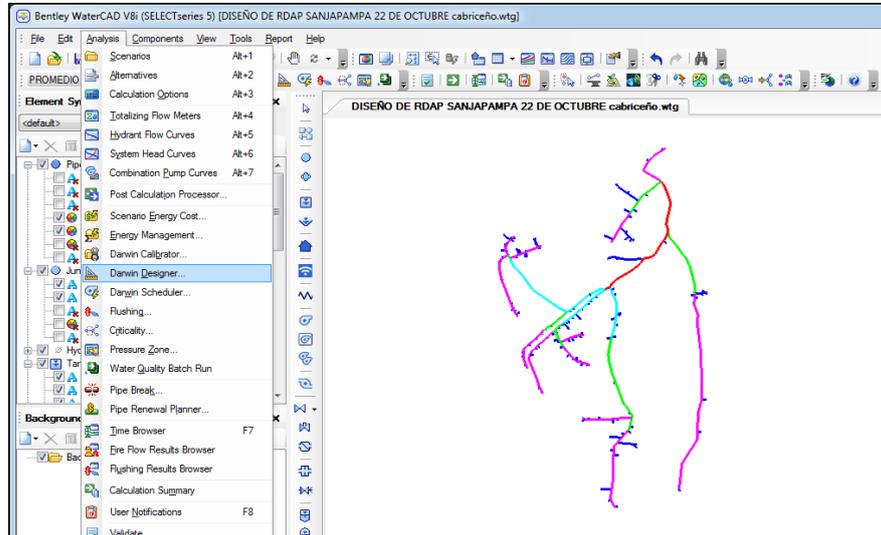
Adjustment Groups				
	Adjustment Group	Link	Original Roughness	Adjusted Roughness
1	NewRoughness Group...	CONEXIONES DOMICIL..	150.000	142.500
2	NewRoughness Group...	CONEXIONES DOMICIL..	150.000	142.500
3	NewRoughness Group...	CONEXIONES DOMICIL..	150.000	142.500

**Fuente: waterCAD.**

### 3.5.6. Mejoramiento De La Red De Distribución Y Cumplimiento De Norma De Presión En Nodos Con Darwin Designer

- Ingresamos a Analysis < Darwin Designer

**Figura N° 69: Darwin Designer**



**Fuente: fuente propia.**

- Dentro del Darwin Designer, creamos un nuevo estudio de diseño, colocándole diseño optimizado.
- Dentro del cuadro de dialogo, crearemos un nuevo evento, DESIGN EVENT<NEW. Colocaremos parámetros de presión mínimo de 5 m H2O y máximo de 60 m H2O, logrando cumplir con la presión mínima para el correcto funcionamiento.

**Figura N° 70: creación nuevo evento**

Representative Scenario: PROMEDIO DEMANDA DIARIA								
	Design Time	Time From Start (hours)	Override Scenario Demand Alternative?	Demand Alternative	Demand Multiplier	Minimum Pressure (Default) (m H2O)	Maximum Pressure (Default) (m H2O)	Consider Pressure Benefit? (Default)
1	12:00:00 p.m.	0.000	<input type="checkbox"/>	Base Demand	1.000	5.0	60.0	<input type="checkbox"/>

**Fuente: elaboración propia.**

- Posteriormente en la parte inferior del cuadro de dialogo, seleccionamos la pestaña PRESSURE CONSTRAINTS<SELECT FROM DRAWING, este comando nos permite seleccionar los nodos del sistema, para aplicar las restricciones.

**Figura N° 71: selección de nodos, para aplicación de restricciones.**

	Design Event	Node	Override Defaults?	Minimum Pressure (m H2O)	Maximum Pressure (m H2O)	Consider Pressure Benefit?
1	DISEÑO NORMADO	J-287	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
2	DISEÑO NORMADO	J-288	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
3	DISEÑO NORMADO	J-289	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
4	DISEÑO NORMADO	Z-48	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
5	DISEÑO NORMADO	Z-67	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
6	DISEÑO NORMADO	J-292	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
7	DISEÑO NORMADO	J-293	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
8	DISEÑO NORMADO	Z-109	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
9	DISEÑO NORMADO	Z-117	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
10	DISEÑO NORMADO	J-296	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
11	DISEÑO NORMADO	Z-58	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
12	DISEÑO NORMADO	J-299	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
13	DISEÑO NORMADO	Z-107	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
14	DISEÑO NORMADO	Z-25	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
15	DISEÑO NORMADO	J-303	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
16	DISEÑO NORMADO	Z-90	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
17	DISEÑO NORMADO	J-305	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>
18	DISEÑO NORMADO	Z-77	<input type="checkbox"/>	5.0	50.0	<input type="checkbox"/>

**Fuente: Elaboración propia.**

- En DESIGN GROUP, se creará un grupo con todas las tuberías del sistema.
- En el cuadro de dialogo COST/PROPERTIES<NEW<DESIGN OPTION GROUPS, asignando diámetros comerciales, donde la herramienta DARWIN DESIGNER, se encargará de elegir las mejores para cumplir los parámetros iniciales de presión mínima y máxima.

**Figura N° 72: asignación de diámetros comerciales de tuberías.**

	Material	Diameter (mm)	Hazen Williams C Factor	Unit Cost (\$/m)
	PVC	21.0	150.0	2.40
	PVC	26.5	150.0	3.80
	PVC	33.0	150.0	5.20
	PVC	42.0	150.0	10.80
	PVC	48.0	150.0	9.80
*		60.0	150.0	18.00

**Fuente: Elaboración propia.**

- Finalmente regresamos a la pantalla inicial y creamos un NUEVO ESTUDIO DE DISEÑO OPTMIZADO
- En la pestaña DESGN EVENT, seleccionamos los diámetros comerciales creados anteriormente

**Figura N° 73: selección de diámetros comerciales.**

	Design Pipe Group	Is Active?	Cost/properties
1	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
2	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
3	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
4	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
5	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
6	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
7	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
8	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
9	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
10	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
11	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
12	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
13	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
14	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
15	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
16	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
17	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
18	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
19	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
20	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
21	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
22	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
23	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
24	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
25	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
26	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
27	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
28	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
29	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
30	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
31	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
32	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
33	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
34	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
35	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
36	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
37	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES
38	Design Group - CONEXIONES...	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETROS COMERCIALES

**Fuente: Elaboración Propia.**

- Ahora validamos y ejecutamos el nuevo estudio

**Figura N° 74: validación y ejecución de datos**

	Design Event	Is Active?
1	5790: DISEÑO NORMADO	<input checked="" type="checkbox"/>

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.5.7. ANALISIS DE DATOS.

#### 3.5.7.1. Simulación de red normada en waterCAD- Comportamiento de tuberías.

**Tabla N° 22: red de tuberías- Red normada.**

TUBERIAS	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (Friction) (m)	Start Nnode	Stop Nnode
TUB PVC 1/2"-268	1.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0002977	J-287	J-288
TUB PVC 1/2"-25	3.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0005953	J-289	Z-48
TUB PVC 1/2"-73	3.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0005953	Z-67	J-292
TUB PVC 1/2"-14	4.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0005953	J-293	Z-109
TUB PVC 1/2"-1	16.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023812	Z-18	J-586
TUB PVC 1/2"-13	5.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-299	Z-107
TUB PVC 1/2"-290	5.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0005953	J-303	Z-90
TUB PVC 1/2"-126	5.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0005953	J-305	Z-77
TUB PVC 1/2"-72	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-307	Z-65
TUB PVC 1/2"-147	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-309	Z-111
TUB PVC 1/2"-138	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-311	Z-103
TUB PVC 1/2"-54	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	Z-104	J-314
TUB PVC 1/2"-120	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-315	Z-79
TUB PVC 1/2"-212	6.00	21.00	PVC	150	0.042	0.12	0.0071437	J-319	J-320
TUB PVC 1/2"-125	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-321	Z-71
TUB PVC 1/2"-48	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-323	Z-63
TUB PVC 1/2"-33	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	Z-21	J-326
TUB PVC 1/2"-104	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-327	Z-15
TUB PVC 1/2"-118	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-329	Z-123
TUB PVC 1/2"-111	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	Z-11	J-332
TUB PVC 1/2"-56	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-333	Z-106
TUB PVC 1/2"-124	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-335	Z-73
TUB PVC 1/2"-117	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-337	Z-102
TUB PVC 1/2"-15	6.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-339	Z-121
TUB PVC 1/2"-140	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-341	Z-125
TUB PVC 1/2"-130	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	Z-25	J-343
TUB PVC 1/2"-119	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-344	Z-75
TUB PVC 1/2"-67	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-51	J-347
TUB PVC 1/2"-17	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-108	J-288
TUB PVC 1/2"-63	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-64	J-350
TUB PVC 1/2"-269	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-351	Z-126
TUB PVC 1/2"-139	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-353	Z-105
TUB PVC 1/2"-97	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-355	Z-10
TUB PVC 1/2"-287	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-359	Z-130
TUB PVC 1/2"-213	8.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0044648	J-323	J-319
TUB PVC 1/2"-12	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-70	J-362
TUB PVC 1/2"-47	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-78	J-364
TUB PVC 1/2"-121	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-365	Z-87
TUB PVC 1/2"-42	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-369	Z-95
TUB PVC 1/2"-284	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-371	Z-31
TUB PVC 1/2"-123	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-373	Z-91
TUB PVC 1/2"-50	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-59	J-323
TUB PVC 1/2"-51	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-99	J-377
TUB PVC 1/2"-127	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-378	Z-41
TUB PVC 1/2"-116	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-100	J-337
TUB PVC 1/2"-164	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-381	Z-93
TUB PVC 1/2"-158	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	Z-49	J-384
TUB PVC 1/2"-142	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-385	Z-114
TUB PVC 1/2"-21	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-387	Z-120
TUB PVC 1/2"-113	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-9	J-390
TUB PVC 1/2"-16	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-287	Z-112
TUB PVC 1/2"-257	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	Z-2	J-393
TUB PVC 1/2"-41	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	Z-17	J-395
TUB PVC 1/2"-133	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-396	Z-68
TUB PVC 1/2"-43	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	Z-23	J-399
TUB PVC 1/2"-64	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	Z-66	J-401

TUB PVC 1/2"-103	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-402	Z-98
TUB PVC 1/2"-282	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-404	Z-101
TUB PVC 1/2"-66	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	Z-53	J-407
TUB PVC 1/2"-101	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-408	Z-34
TUB PVC 1/2"-44	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-410	Z-129
TUB PVC 1/2"-157	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	Z-81	J-412
TUB PVC 1/2"-122	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-413	Z-89
TUB PVC 1/2"-32	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-415	Z-83
TUB PVC 1/2"-153	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-303	Z-92
TUB PVC 1/2"-283	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-418	Z-29
TUB PVC 1/2"-288	10.00	21.00	PVC	150	-0.014	0.04	0.0017859	Z-76	J-421
TUB PVC 1/2"-131	10.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-422	Z-86
TUB PVC 1/2"-115	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-424	Z-24
TUB PVC 1/2"-163	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	J-426	Z-33
TUB PVC 1/2"-161	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-428	Z-35
TUB PVC 1/2"-219	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0014883	Z-110	J-288
TUB PVC 1/2"-146	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-431	Z-113
TUB PVC 1/2"-57	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	Z-60	J-434
TUB PVC 1/2"-31	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-435	Z-94
TUB PVC 1/2"-143	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-437	Z-58
TUB PVC 1/2"-107	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-438	Z-4
TUB PVC 1/2"-52	11.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	Z-127	J-441
TUB PVC 1/2"-114	12.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-442	Z-22
TUB PVC 1/2"-160	12.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-444	Z-37
TUB PVC 1/2"-218	12.00	21.00	PVC	150	0.042	0.12	0.0139898	J-446	J-287
TUB PVC 1/2"-106	12.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-447	Z-3
TUB PVC 1/2"-96	12.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-449	Z-12
TUB PVC 1/2"-100	12.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-451	Z-26
TUB PVC 1/2"-149	12.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-453	Z-38
TUB PVC 1/2"-27	13.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	J-455	Z-54
TUB PVC 1/2"-256	13.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	Z-1	J-458
TUB PVC 1/2"-49	13.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-319	Z-61
TUB PVC 1/2"-105	13.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	Z-5	J-461
TUB PVC 1/2"-68	13.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	Z-47	J-463
TUB PVC 1/2"-65	13.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0017859	Z-69	J-465
TUB PVC 1/2"-95	13.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-466	Z-32
TUB PVC 1/2"-289	13.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0074414	J-468	J-303
TUB PVC 1/2"-61	14.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	Z-119	J-470
TUB PVC 1/2"-2	15.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	Z-50	J-557
TUB PVC 1/2"-99	14.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-473	Z-20
TUB PVC 1/2"-136	14.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023813	Z-57	J-476
TUB PVC 1/2"-110	14.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023813	J-477	Z-7
TUB PVC 1/2"-141	14.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-479	Z-124
TUB PVC 1/2"-134	15.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-481	Z-74
TUB PVC 1/2"-155	15.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	Z-96	J-483
TUB PVC 1/2"-98	15.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	Z-28	J-486
TUB PVC 1/2"-135	15.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023812	J-487	Z-80
TUB PVC 1/2"-29	15.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023813	Z-52	J-492
TUB PVC 1/2"-137	16.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023813	Z-97	J-494
TUB PVC 1/2"-70	16.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023813	Z-55	J-496
TUB PVC 1/2"-148	16.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-497	Z-36
TUB PVC 1/2"-22	16.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023812	J-499	Z-42
TUB PVC 1/2"-69	17.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-503	Z-45
TUB PVC 1/2"-159	17.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-505	Z-39
TUB PVC 1/2"-152	17.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023812	J-507	Z-84
TUB PVC 1/2"-94	17.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0023812	J-509	Z-30
TUB PVC 1/2"-128	18.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-511	Z-72
TUB PVC 1/2"-108	18.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-513	Z-6
TUB PVC 1/2"-132	18.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-515	Z-88
TUB PVC 1/2"-270	19.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-517	Z-128
TUB PVC 1/2"-24	19.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	J-519	Z-46
TUB PVC 1/2"-30	19.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0026789	Z-62	J-522
TUB PVC 1/2"-151	19.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0029766	J-523	Z-82
TUB PVC 1/2"-93	20.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0029766	J-525	Z-16
TUB PVC 1/2"-20	21.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0029766	Z-116	J-528
TUB PVC 1/2"-23	22.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0032742	J-529	Z-44
TUB PVC 1/2"-112	23.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0032742	Z-13	J-532
TUB PVC 1/2"-145	28.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0041672	J-533	Z-118
TUB PVC 1/2"-109	29.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0044648	J-535	Z-8

TUB PVC 1/2"-162	33.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0050602	Z-27	J-538
TUB PVC 1/2"-280	35.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0053578	Z-115	J-540
TUB PVC 1/2"-71	35.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0053578	Z-43	J-542
TUB PVC 1/2"-102	41.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0062508	J-543	Z-14
TUB PVC 1/2"-150	42.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0065484	Z-40	J-546
TUB PVC 1/2"-62	49.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0074414	J-547	Z-56
TUB PVC 1/2"-276	1.00	21.00	PVC	150	0.015	0.04	0.0000000	J-442	J-473
TUB PVC 1/2"-278	1.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0005953	J-549	J-314
TUB PVC 1/2"-170	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-519	J-289
TUB PVC 1/2"-253	8.00	21.00	PVC	150	0.042	0.12	0.0086320	J-532	J-332
TUB PVC 1/2"-275	8.00	21.00	PVC	150	0.001	0.00	0.0000000	J-473	J-550
TUB PVC 1/2"-255	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-449	J-355
TUB PVC 1/2"-238	9.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-525	J-327
TUB PVC 1/2"-254	9.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0050602	J-332	J-449
TUB PVC 1/2"-239	11.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0062508	J-327	J-402
TUB PVC 1/2"-277	14.00	21.00	PVC	150	0.029	0.08	0.0080367	J-442	J-424
TUB PVC 1/2"-55	16.00	21.00	PVC	150	0.042	0.12	0.0184547	J-551	J-314
TUB PVC 1/2"-77	18.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0098227	J-549	J-337
TUB PVC 1/2"-252	18.00	21.00	PVC	150	0.056	0.16	0.0357188	J-390	J-532
TUB PVC 1/2"-86	27.00	21.00	PVC	150	0.043	0.12	0.0318492	J-552	J-424
TUB PVC 1/2"-251	31.00	21.00	PVC	150	0.070	0.20	0.0934641	J-553	J-390
TUB PVC 1/2"-245	47.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0071438	J-447	J-438
TUB PVC 1/2"-84	55.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0297656	J-554	J-447
TUB PVC 1/2"-26	67.00	21.00	PVC	150	0.028	0.08	0.0369094	J-555	J-519
TUB PVC 1/2"-85	102.00	21.00	PVC	150	0.042	0.12	0.1178719	J-556	J-402
TUB PVC 3/4"-260	3.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-408	J-558
TUB PVC 3/4"-220	4.00	26.50	PVC	150	0.015	0.03	0.0000000	J-551	J-385
TUB PVC 3/4"-261	4.00	26.50	PVC	150	0.071	0.13	0.0041672	J-486	J-552
TUB PVC 3/4"-9	4.00	26.50	PVC	150	0.085	0.15	0.0056555	J-351	J-431
TUB PVC 3/4"-281	5.00	26.50	PVC	150	0.043	0.08	0.0020836	J-540	J-470
TUB PVC 3/4"-81	7.00	26.50	PVC	150	0.113	0.20	0.0163711	J-309	J-517
TUB PVC 3/4"-227	7.00	26.50	PVC	150	0.127	0.23	0.0205383	J-533	J-528
TUB PVC 3/4"-34	8.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-437	J-559
TUB PVC 3/4"-6	8.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-369	J-560
TUB PVC 3/4"-40	8.00	26.50	PVC	150	0.001	0.00	0.0000000	J-396	J-561
TUB PVC 3/4"-208	9.00	26.50	PVC	150	0.014	0.03	0.0002977	J-444	J-428
TUB PVC 3/4"-60	9.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-497	J-562
TUB PVC 3/4"-221	10.00	26.50	PVC	150	0.071	0.13	0.0092273	J-446	J-333
TUB PVC 3/4"-195	10.00	26.50	PVC	150	0.057	0.10	0.0062508	J-412	J-415
TUB PVC 3/4"-38	10.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-428	J-563
TUB PVC 3/4"-78	11.00	26.50	PVC	150	0.071	0.13	0.0110133	J-431	J-296
TUB PVC 3/4"-236	14.00	26.50	PVC	150	0.001	0.00	0.0000000	J-494	J-564
TUB PVC 3/4"-205	12.00	26.50	PVC	150	0.029	0.05	0.0023812	J-362	J-481
TUB PVC 3/4"-235	12.00	26.50	PVC	150	0.015	0.03	0.0005953	J-377	J-494
TUB PVC 3/4"-223	13.00	26.50	PVC	150	0.001	0.00	0.0000000	J-385	J-565
TUB PVC 3/4"-264	13.00	26.50	PVC	150	0.057	0.10	0.0083344	J-486	J-451
TUB PVC 3/4"-265	13.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-393	J-566
TUB PVC 3/4"-237	13.00	26.50	PVC	150	0.001	0.00	0.0000000	J-479	J-567
TUB PVC 3/4"-204	14.00	26.50	PVC	150	0.043	0.08	0.0053578	J-511	J-362
TUB PVC 3/4"-82	15.00	26.50	PVC	150	0.099	0.18	0.0267891	J-351	J-517
TUB PVC 3/4"-37	15.00	26.50	PVC	150	0.042	0.08	0.0053578	J-505	J-378
TUB PVC 3/4"-224	15.00	26.50	PVC	150	0.141	0.25	0.0517922	J-387	J-533
TUB PVC 3/4"-225	15.00	26.50	PVC	150	0.113	0.20	0.0345281	J-528	J-446
TUB PVC 3/4"-5	15.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-373	J-568
TUB PVC 3/4"-209	16.00	26.50	PVC	150	0.028	0.05	0.0029766	J-378	J-444
TUB PVC 3/4"-247	16.00	26.50	PVC	150	0.098	0.18	0.0279797	J-477	J-569
TUB PVC 3/4"-10	16.00	26.50	PVC	150	0.057	0.10	0.0104180	J-296	J-540
TUB PVC 3/4"-248	17.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-570	J-543
TUB PVC 3/4"-249	17.00	26.50	PVC	150	0.000	0.00	0.0000000	J-543	J-570
TUB PVC 3/4"-207	17.00	26.50	PVC	150	0.056	0.10	0.0107156	J-496	J-505
TUB PVC 3/4"-80	17.00	26.50	PVC	150	0.127	0.23	0.0485180	J-571	J-309
TUB PVC 3/4"-211	18.00	26.50	PVC	150	0.057	0.10	0.0113109	J-364	J-511
TUB PVC 3/4"-231	18.00	26.50	PVC	150	0.085	0.15	0.0238125	J-293	J-299
TUB PVC 3/4"-91	18.00	26.50	PVC	150	0.014	0.03	0.0008930	J-437	J-410
TUB PVC 3/4"-230	18.00	26.50	PVC	150	0.099	0.18	0.0327422	J-293	J-339
TUB PVC 3/4"-192	18.00	26.50	PVC	150	0.015	0.03	0.0011906	J-381	J-369

TUB PVC 3/4"-171	18.00	26.50	PVC	150	0.112	0.20	0.0419695	J-547	J-455
TUB PVC 3/4"-229	19.00	26.50	PVC	150	0.127	0.23	0.0535781	J-341	J-329
TUB PVC 3/4"-39	19.00	26.50	PVC	150	0.071	0.13	0.0184547	J-487	J-364
TUB PVC 3/4"-233	20.00	26.50	PVC	150	0.057	0.10	0.0130969	J-353	J-311
TUB PVC 3/4"-228	22.00	26.50	PVC	150	0.141	0.25	0.0776883	J-341	J-441
TUB PVC 3/4"-168	21.00	26.50	PVC	150	0.056	0.10	0.0133945	J-529	J-499
TUB PVC 3/4"-35	22.00	26.50	PVC	150	0.155	0.28	0.0913805	J-571	J-441
TUB PVC 3/4"-198	23.00	26.50	PVC	150	0.084	0.15	0.0303609	J-344	J-335
TUB PVC 3/4"-206	23.00	26.50	PVC	150	0.015	0.03	0.0011906	J-481	J-396
TUB PVC 3/4"-226	25.00	26.50	PVC	150	0.155	0.28	0.1029891	J-387	J-572
TUB PVC 3/4"-83	26.00	26.50	PVC	150	0.113	0.20	0.0601266	J-329	J-339
TUB PVC 3/4"-59	27.00	26.50	PVC	150	0.098	0.18	0.0482203	J-547	J-555
TUB PVC 3/4"-3	27.00	26.50	PVC	150	0.070	0.13	0.0264914	J-344	J-315
TUB PVC 3/4"-193	29.00	26.50	PVC	150	0.085	0.15	0.0392906	J-465	J-305
TUB PVC 3/4"-165	30.00	26.50	PVC	150	0.014	0.03	0.0014883	J-453	J-497
TUB PVC 3/4"-36	32.00	26.50	PVC	150	0.070	0.13	0.0303609	J-573	J-496
TUB PVC 3/4"-169	37.00	26.50	PVC	150	0.070	0.13	0.0357188	J-499	J-555
TUB PVC 3/4"-200	37.00	26.50	PVC	150	0.014	0.03	0.0017859	J-413	J-373
TUB PVC 3/4"-196	38.00	26.50	PVC	150	0.043	0.08	0.0145852	J-412	J-471
TUB PVC 3/4"-4	39.00	26.50	PVC	150	0.056	0.10	0.0244078	J-315	J-365
TUB PVC 3/4"-210	42.00	26.50	PVC	150	0.085	0.15	0.0580430	J-476	J-487
TUB PVC 3/4"-166	43.00	26.50	PVC	150	0.028	0.05	0.0074414	J-453	J-546
TUB PVC 3/4"-90	43.00	26.50	PVC	150	0.028	0.05	0.0077391	J-410	J-434
TUB PVC 3/4"-222	48.00	26.50	PVC	150	0.057	0.10	0.0315516	J-333	J-551
TUB PVC 3/4"-194	53.00	26.50	PVC	150	0.071	0.13	0.0514945	J-415	J-305
TUB PVC 3/4"-89	53.00	26.50	PVC	150	0.042	0.08	0.0196453	J-434	J-522
TUB PVC 3/4"-87	56.00	26.50	PVC	150	0.084	0.15	0.0750094	J-477	J-553
TUB PVC 3/4"-250	56.00	26.50	PVC	150	0.014	0.03	0.0026789	J-543	J-553
TUB PVC 3/4"-267	73.00	26.50	PVC	150	0.014	0.03	0.0035719	J-458	J-393
TUB PVC 3/4"-266	128.00	26.50	PVC	150	0.028	0.05	0.0226219	T-1	J-458
TUB PVC 3/4"-232	103.00	26.50	PVC	150	0.071	0.13	0.1006078	J-299	J-353
TUB PVC 3/4"-263	137.00	26.50	PVC	150	0.029	0.05	0.0250031	J-466	J-509
TUB PVC 3/4"-167	139.00	26.50	PVC	150	0.042	0.08	0.0517922	J-529	J-546
TUB PVC 3/4"-197	146.00	26.50	PVC	150	0.029	0.05	0.0264914	J-381	J-471
TUB PVC 3/4"-292	197.00	26.50	PVC	150	0.043	0.08	0.0762000	PRV-2	J-451
TUB PVC 3/4"-291	222.00	26.50	PVC	150	0.043	0.08	0.0857250	PRV-2	J-509
TUB PVC 3/4"-262	253.00	26.50	PVC	150	0.015	0.03	0.0136922	J-408	J-466
TUB PVC 1"-241	2.00	33.00	PVC	150	0.098	0.11	0.0011906	J-569	J-535
TUB PVC 1"-201	2.00	33.00	PVC	150	0.225	0.26	0.0062508	J-292	J-307
TUB PVC 1"-175	3.00	33.00	PVC	150	0.266	0.31	0.0125016	J-523	J-507
TUB PVC 1"-189	9.00	33.00	PVC	150	0.365	0.43	0.0625078	J-347	J-384
TUB PVC 1"-202	13.00	33.00	PVC	150	0.169	0.20	0.0220266	J-320	J-573
TUB PVC 1"-7	14.00	33.00	PVC	150	0.351	0.41	0.0889992	J-347	J-407
TUB PVC 1"-188	14.00	33.00	PVC	150	0.337	0.39	0.0863203	J-577	J-407
TUB PVC 1"-187	15.00	33.00	PVC	150	0.239	0.28	0.0482203	J-577	J-292
TUB PVC 1"-191	15.00	33.00	PVC	150	0.099	0.12	0.0098227	J-577	J-465
TUB PVC 1"-46	16.00	33.00	PVC	150	0.281	0.33	0.0687586	J-572	J-571
TUB PVC 1"-240	18.00	33.00	PVC	150	0.112	0.13	0.0142875	J-513	J-535
TUB PVC 1"-203	20.00	33.00	PVC	150	0.099	0.12	0.0122039	J-573	J-476
TUB PVC 1"-174	24.00	33.00	PVC	150	0.224	0.26	0.0684609	J-574	J-350
TUB PVC 1"-214	27.00	33.00	PVC	150	0.211	0.25	0.0693539	J-307	J-320
TUB PVC 1"-45	28.00	33.00	PVC	150	0.098	0.11	0.0172641	J-321	J-335
TUB PVC 1"-173	37.00	33.00	PVC	150	0.154	0.18	0.0532805	J-574	J-492
TUB PVC 1"-242	40.00	33.00	PVC	150	0.154	0.18	0.0565547	J-554	J-461
TUB PVC 1"-246	40.00	33.00	PVC	150	0.126	0.15	0.0392906	J-513	J-554
TUB PVC 1"-243	80.00	33.00	PVC	150	0.168	0.20	0.1339453	T-1	J-461
TUB PVC 1"-216	84.00	33.00	PVC	150	0.112	0.13	0.0666750	J-321	J-578
TUB PVC 1"-176	138.00	33.00	PVC	150	0.238	0.28	0.4414242	J-401	J-350
TUB PVC 1"-177	189.00	33.00	PVC	150	0.252	0.29	0.6694289	J-523	J-401
TUB PVC 1"-258	281.00	33.00	PVC	150	0.113	0.13	0.2268141	J-579	J-552
TUB PVC 1 1/2"-186	5.00	48.00	PVC	150	0.379	0.21	0.0065484	J-384	J-542
TUB PVC 1 1/2"-8	8.00	48.00	PVC	150	0.407	0.22	0.0116086	J-503	J-463
TUB PVC 1 1/2"-271	10.00	48.00	PVC	150	0.393	0.22	0.0125016	J-542	J-463
TUB PVC 1 1/2"-285	12.00	48.00	PVC	150	0.548	0.30	0.0291703	J-371	J-578
TUB PVC 1 1/2"-75	14.00	48.00	PVC	150	0.477	0.26	0.0253008	J-326	J-399

TUB PVC 1 1/2"-19	15.00	48.00	PVC	150	0.308	0.17	0.0125016	J-468	J-515
TUB PVC 1 1/2"-18	15.00	48.00	PVC	150	0.364	0.20	0.0169664	J-581	J-483
TUB PVC 1 1/2"-286	17.00	48.00	PVC	150	0.562	0.31	0.0419695	J-371	J-418
TUB PVC 1 1/2"-185	20.00	48.00	PVC	150	0.435	0.24	0.0312539	J-538	J-426
TUB PVC 1 1/2"-181	21.00	48.00	PVC	150	0.350	0.19	0.0220266	J-483	J-435
TUB PVC 1 1/2"-190	22.00	48.00	PVC	150	0.421	0.23	0.0330398	J-426	J-503
TUB PVC 1 1/2"-76	25.00	48.00	PVC	150	0.491	0.27	0.0500062	J-395	J-326
TUB PVC 1 1/2"-179	27.00	48.00	PVC	150	0.294	0.16	0.0202406	J-422	J-515
TUB PVC 1 1/2"-74	32.00	48.00	PVC	150	0.463	0.26	0.0571500	J-399	J-343
TUB PVC 1 1/2"-184	34.00	48.00	PVC	150	0.449	0.25	0.0565547	J-538	J-343
TUB PVC 1 1/2"-183	47.00	48.00	PVC	150	0.505	0.28	0.0967383	J-582	J-395
TUB PVC 1 1/2"-178	52.00	48.00	PVC	150	0.280	0.15	0.0363141	J-422	J-507
TUB PVC 1 1/2"-215	68.00	48.00	PVC	150	0.590	0.33	0.1863328	J-582	J-580
TUB PVC 1 1/2"-180	83.00	48.00	PVC	150	0.336	0.19	0.0806648	J-468	J-435
TUB PVC 1 1/2"-217	323.00	48.00	PVC	150	0.436	0.24	0.5083969	J-578	J-572
TUB PVC 2"-182	21.00	60.00	PVC	150	1.095	0.39	0.0628055	J-581	J-582
TUB PVC 2"-293	74.00	60.00	PVC	150	1.459	0.52	0.3699867	J-581	PRV-1
TUB PVC 2"-294	103.00	60.00	PVC	150	1.460	0.52	0.5110758	J-556	PRV-1
TUB PVC 2"-259	225.00	60.00	PVC	150	1.629	0.58	1.3748742	T-1	J-579
TUB PVC 1 1/2"-6	84.00	48.00	PVC	150	0.576	0.32	0.2220516	J-418	J-580
TUB PVC 1/2"-7	8.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0011906	J-580	Z-19
TUB PVC 3/4"-11	17.00	26.50	PVC	150	0.056	0.10	0.0107156	J-522	J-421
TUB PVC 1"-1	20.00	33.00	PVC	150	0.140	0.16	0.0235148	J-492	J-557
TUB PVC 3/4"-1	42.00	26.50	PVC	150	0.042	0.08	0.0157758	J-359	J-365
TUB PVC 3/4"-12	19.00	26.50	PVC	150	0.126	0.23	0.0532805	J-455	J-557
TUB PVC 1/2"-13	14.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0020836	J-471	Z-85
TUB PVC 3/4"-14	5.00	26.50	PVC	150	0.029	0.05	0.0008930	J-470	J-479
TUB PVC 1/2"-15	7.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0008930	J-479	Z-122
TUB PVC 2"-2	37.00	60.00	PVC	150	1.516	0.54	0.1958578	J-586	J-579
TUB PVC 2"-3	119.00	60.00	PVC	150	1.502	0.53	0.6235898	J-556	J-586
TUB PVC 1/2"-17	4.00	21.00	PVC	150	0.014	0.04	0.0005953	J-296	Z-117
TUB PVC 3/4"-18	3.00	26.50	PVC	150	0.043	0.08	0.0011906	J-311	J-404
TUB PVC 3/4"-19	11.00	26.50	PVC	150	0.029	0.05	0.0020836	J-404	J-377
TUB PVC 3/4"-20	15.00	26.50	PVC	150	0.028	0.05	0.0029766	J-413	J-359
TUB PVC 3/4"-21	59.00	26.50	PVC	150	0.070	0.13	0.0565547	J-421	J-574

**Fuente: elaboración propia.**

### 3.5.7.2. Simulación calibrada de red en waterCAD- Comportamiento de tuberías.

**Tabla N° 23: comportamiento de tuberías- simulación calibrada**

TUBERIAS	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (Friction) (m)	Start Node	Stop Node
TUB PVC 1/2"-268	1.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.000298	J-287	J-288
TUB PVC 1/2"-25	3.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000298	J-289	Z-48
TUB PVC 1/2"-73	3.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000298	Z-67	J-292
TUB PVC 1/2"-14	4.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000595	J-293	Z-109
TUB PVC 1/2"-1	16.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	Z-18	J-586
TUB PVC 1/2"-13	5.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000595	J-299	Z-107
TUB PVC 1/2"-290	5.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-303	Z-90
TUB PVC 1/2"-126	5.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-305	Z-77
TUB PVC 1/2"-72	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-307	Z-65
TUB PVC 1/2"-147	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-309	Z-111
TUB PVC 1/2"-138	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-311	Z-103
TUB PVC 1/2"-54	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	Z-104	J-314
TUB PVC 1/2"-120	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-315	Z-79
TUB PVC 1/2"-212	6.00	21.00	PVC	142.50	0.042	0.12	0.008037	J-319	J-320
TUB PVC 1/2"-125	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-321	Z-71
TUB PVC 1/2"-48	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-323	Z-67
TUB PVC 1/2"-33	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	Z-21	J-326
TUB PVC 1/2"-104	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-327	Z-15
TUB PVC 1/2"-118	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-329	Z-123
TUB PVC 1/2"-111	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	Z-11	J-332
TUB PVC 1/2"-56	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-333	Z-106
TUB PVC 1/2"-124	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-335	Z-73
TUB PVC 1/2"-117	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-337	Z-102
TUB PVC 1/2"-15	6.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000893	J-339	Z-121
TUB PVC 1/2"-140	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-341	Z-125
TUB PVC 1/2"-130	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	Z-25	J-343
TUB PVC 1/2"-119	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-344	Z-75
TUB PVC 1/2"-67	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	Z-51	J-347
TUB PVC 1/2"-17	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	Z-108	J-288
TUB PVC 1/2"-63	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	Z-64	J-350
TUB PVC 1/2"-269	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-351	Z-126
TUB PVC 1/2"-139	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-353	Z-105
TUB PVC 1/2"-97	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-355	Z-10
TUB PVC 1/2"-287	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-359	Z-130
TUB PVC 1/2"-213	8.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.004762	J-323	J-319
TUB PVC 1/2"-12	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	Z-70	J-362
TUB PVC 1/2"-47	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-78	J-364
TUB PVC 1/2"-121	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-365	Z-87
TUB PVC 1/2"-42	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-369	Z-95
TUB PVC 1/2"-284	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-371	Z-31
TUB PVC 1/2"-123	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-373	Z-91
TUB PVC 1/2"-50	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	Z-59	J-323
TUB PVC 1/2"-51	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-99	J-377
TUB PVC 1/2"-127	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-378	Z-41
TUB PVC 1/2"-116	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-100	J-337
TUB PVC 1/2"-164	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-381	Z-93
TUB PVC 1/2"-158	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-49	J-384
TUB PVC 1/2"-142	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-385	Z-114
TUB PVC 1/2"-21	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-387	Z-120
TUB PVC 1/2"-113	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	Z-9	J-390
TUB PVC 1/2"-16	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-287	Z-112
TUB PVC 1/2"-257	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-2	J-393
TUB PVC 1/2"-41	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-17	J-395
TUB PVC 1/2"-133	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-396	Z-68
TUB PVC 1/2"-43	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-23	J-399
TUB PVC 1/2"-64	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	Z-66	J-401

TUB PVC 1/2"-103	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-402	Z-98
TUB PVC 1/2"-282	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-404	Z-101
TUB PVC 1/2"-66	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	Z-53	J-407
TUB PVC 1/2"-101	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-408	Z-34
TUB PVC 1/2"-44	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-410	Z-129
TUB PVC 1/2"-157	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	Z-81	J-412
TUB PVC 1/2"-122	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	J-413	Z-89
TUB PVC 1/2"-32	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-415	Z-83
TUB PVC 1/2"-153	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-303	Z-92
TUB PVC 1/2"-283	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-418	Z-29
TUB PVC 1/2"-288	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001488	Z-76	J-421
TUB PVC 1/2"-131	10.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-422	Z-86
TUB PVC 1/2"-115	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-424	Z-24
TUB PVC 1/2"-163	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-426	Z-33
TUB PVC 1/2"-161	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-428	Z-35
TUB PVC 1/2"-219	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	Z-110	J-288
TUB PVC 1/2"-146	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-431	Z-113
TUB PVC 1/2"-57	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	Z-60	J-434
TUB PVC 1/2"-31	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-435	Z-94
TUB PVC 1/2"-143	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	J-437	Z-58
TUB PVC 1/2"-107	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-438	Z-4
TUB PVC 1/2"-52	11.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001786	Z-127	J-441
TUB PVC 1/2"-114	12.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-442	Z-22
TUB PVC 1/2"-160	12.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-444	Z-37
TUB PVC 1/2"-218	12.00	21.00	PVC	142.50	0.042	0.12	0.015478	J-446	J-287
TUB PVC 1/2"-106	12.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-447	Z-3
TUB PVC 1/2"-96	12.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-449	Z-12
TUB PVC 1/2"-100	12.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-451	Z-26
TUB PVC 1/2"-149	12.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-453	Z-38
TUB PVC 1/2"-27	13.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-455	Z-54
TUB PVC 1/2"-256	13.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	Z-1	J-458
TUB PVC 1/2"-49	13.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-319	Z-61
TUB PVC 1/2"-105	13.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	Z-5	J-461
TUB PVC 1/2"-68	13.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	Z-47	J-463
TUB PVC 1/2"-65	13.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	Z-69	J-465
TUB PVC 1/2"-95	13.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002084	J-466	Z-32
TUB PVC 1/2"-289	13.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.008037	J-468	J-303
TUB PVC 1/2"-61	14.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	Z-119	J-470
TUB PVC 1/2"-2	15.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	Z-50	J-557
TUB PVC 1/2"-99	14.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	J-473	Z-20
TUB PVC 1/2"-136	14.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	Z-57	J-476
TUB PVC 1/2"-110	14.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	J-477	Z-7
TUB PVC 1/2"-141	14.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	J-479	Z-124
TUB PVC 1/2"-134	15.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	J-481	Z-74
TUB PVC 1/2"-155	15.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	Z-96	J-483
TUB PVC 1/2"-98	15.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	Z-28	J-486
TUB PVC 1/2"-135	15.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	J-487	Z-80
TUB PVC 1/2"-29	15.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	Z-52	J-492
TUB PVC 1/2"-137	16.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	Z-97	J-494
TUB PVC 1/2"-70	16.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	Z-55	J-496
TUB PVC 1/2"-148	16.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	J-497	Z-36
TUB PVC 1/2"-22	16.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	J-499	Z-42
TUB PVC 1/2"-69	17.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	J-503	Z-45
TUB PVC 1/2"-159	17.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	J-505	Z-39
TUB PVC 1/2"-152	17.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002977	J-507	Z-84
TUB PVC 1/2"-94	17.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002679	J-509	Z-30
TUB PVC 1/2"-128	18.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002977	J-511	Z-72
TUB PVC 1/2"-108	18.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002977	J-513	Z-6
TUB PVC 1/2"-132	18.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002977	J-515	Z-88
TUB PVC 1/2"-270	19.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002977	J-517	Z-128
TUB PVC 1/2"-24	19.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002977	J-519	Z-46
TUB PVC 1/2"-30	19.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.003274	Z-62	J-522
TUB PVC 1/2"-151	19.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.003274	J-523	Z-82
TUB PVC 1/2"-93	20.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.003274	J-525	Z-16
TUB PVC 1/2"-20	21.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.003572	Z-116	J-528
TUB PVC 1/2"-23	22.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.003572	J-529	Z-44
TUB PVC 1/2"-112	23.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.003870	Z-13	J-532
TUB PVC 1/2"-145	28.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.004762	J-533	Z-118
TUB PVC 1/2"-109	29.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.005060	J-535	Z-8

TUB PVC 1/2"-162	33.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.005358	Z-27	J-538
TUB PVC 1/2"-280	35.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.005953	Z-115	J-540
TUB PVC 1/2"-71	35.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.005953	Z-43	J-542
TUB PVC 1/2"-102	41.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.006548	J-543	Z-14
TUB PVC 1/2"-150	42.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.007144	Z-40	J-546
TUB PVC 1/2"-62	49.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.008037	J-547	Z-56
TUB PVC 1/2"-276	1.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000298	J-442	J-473
TUB PVC 1/2"-278	1.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.000595	J-549	J-314
TUB PVC 1/2"-170	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-519	J-289
TUB PVC 1/2"-253	8.00	21.00	PVC	142.50	0.042	0.12	0.009823	J-532	J-332
TUB PVC 1/2"-275	8.00	21.00	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-473	J-550
TUB PVC 1/2"-255	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-449	J-355
TUB PVC 1/2"-238	9.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-525	J-327
TUB PVC 1/2"-254	9.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.005358	J-332	J-449
TUB PVC 1/2"-239	11.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.006846	J-327	J-402
TUB PVC 1/2"-277	14.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.008334	J-442	J-424
TUB PVC 1/2"-55	16.00	21.00	PVC	142.50	0.042	0.12	0.020538	J-551	J-314
TUB PVC 1/2"-77	18.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.010716	J-549	J-337
TUB PVC 1/2"-252	18.00	21.00	PVC	142.50	0.056	0.16	0.039291	J-390	J-532
TUB PVC 1/2"-86	27.00	21.00	PVC	142.50	0.042	0.12	0.034230	J-552	J-424
TUB PVC 1/2"-251	31.00	21.00	PVC	142.50	0.070	0.20	0.102394	J-553	J-390
TUB PVC 1/2"-245	47.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.007739	J-447	J-438
TUB PVC 1/2"-84	55.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.032742	J-554	J-447
TUB PVC 1/2"-26	67.00	21.00	PVC	142.50	0.028	0.08	0.040481	J-555	J-519
TUB PVC 1/2"-85	102.00	21.00	PVC	142.50	0.042	0.12	0.129778	J-556	J-402
TUB PVC 3/4"-260	3.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-408	J-558
TUB PVC 3/4"-220	4.00	26.50	PVC	142.50	0.015	0.03	0.000298	J-551	J-385
TUB PVC 3/4"-261	4.00	26.50	PVC	142.50	0.071	0.13	0.004465	J-486	J-552
TUB PVC 3/4"-9	4.00	26.50	PVC	142.50	0.085	0.15	0.006548	J-351	J-431
TUB PVC 3/4"-281	5.00	26.50	PVC	142.50	0.043	0.08	0.002084	J-540	J-470
TUB PVC 3/4"-81	7.00	26.50	PVC	142.50	0.113	0.20	0.018157	J-309	J-517
TUB PVC 3/4"-227	7.00	26.50	PVC	142.50	0.127	0.23	0.022622	J-533	J-528
TUB PVC 3/4"-34	8.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-437	J-559
TUB PVC 3/4"-6	8.00	26.50	PVC	142.50	0.001	0.00	0.000000	J-369	J-560
TUB PVC 3/4"-40	8.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-396	J-561
TUB PVC 3/4"-208	9.00	26.50	PVC	142.50	0.014	0.03	0.000595	J-444	J-428
TUB PVC 3/4"-60	9.00	26.50	PVC	142.50	0.001	0.00	0.000000	J-497	J-562
TUB PVC 3/4"-221	10.00	26.50	PVC	142.50	0.071	0.13	0.010120	J-446	J-333
TUB PVC 3/4"-195	10.00	26.50	PVC	142.50	0.057	0.10	0.006846	J-412	J-415
TUB PVC 3/4"-38	10.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-428	J-563
TUB PVC 3/4"-78	11.00	26.50	PVC	142.50	0.071	0.13	0.011906	J-431	J-296
TUB PVC 3/4"-236	14.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-494	J-564
TUB PVC 3/4"-205	12.00	26.50	PVC	142.50	0.028	0.05	0.002381	J-362	J-481
TUB PVC 3/4"-235	12.00	26.50	PVC	142.50	0.014	0.03	0.000595	J-377	J-494
TUB PVC 3/4"-223	13.00	26.50	PVC	142.50	0.001	0.00	0.000000	J-385	J-565
TUB PVC 3/4"-264	13.00	26.50	PVC	142.50	0.057	0.10	0.009525	J-486	J-451
TUB PVC 3/4"-265	13.00	26.50	PVC	142.50	0.001	0.00	0.000000	J-393	J-566
TUB PVC 3/4"-237	13.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-479	J-567
TUB PVC 3/4"-204	14.00	26.50	PVC	142.50	0.042	0.08	0.005655	J-511	J-362
TUB PVC 3/4"-82	15.00	26.50	PVC	142.50	0.099	0.18	0.029170	J-351	J-517
TUB PVC 3/4"-37	15.00	26.50	PVC	142.50	0.042	0.08	0.005953	J-505	J-378
TUB PVC 3/4"-224	15.00	26.50	PVC	142.50	0.141	0.25	0.056852	J-387	J-533
TUB PVC 3/4"-225	15.00	26.50	PVC	142.50	0.113	0.20	0.038100	J-528	J-446
TUB PVC 3/4"-5	15.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-373	J-568
TUB PVC 3/4"-209	16.00	26.50	PVC	142.50	0.028	0.05	0.002977	J-378	J-444
TUB PVC 3/4"-247	16.00	26.50	PVC	142.50	0.098	0.18	0.030956	J-477	J-569
TUB PVC 3/4"-10	16.00	26.50	PVC	142.50	0.057	0.10	0.011609	J-296	J-540
TUB PVC 3/4"-248	17.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-570	J-543
TUB PVC 3/4"-249	17.00	26.50	PVC	142.50	0.000	0.00	0.000000	J-543	J-570
TUB PVC 3/4"-207	17.00	26.50	PVC	142.50	0.056	0.10	0.011906	J-496	J-505
TUB PVC 3/4"-80	17.00	26.50	PVC	142.50	0.127	0.23	0.053280	J-571	J-309
TUB PVC 3/4"-211	18.00	26.50	PVC	142.50	0.056	0.10	0.012502	J-364	J-511
TUB PVC 3/4"-231	18.00	26.50	PVC	142.50	0.084	0.15	0.026194	J-293	J-299
TUB PVC 3/4"-91	18.00	26.50	PVC	142.50	0.015	0.03	0.000893	J-437	J-410
TUB PVC 3/4"-230	18.00	26.50	PVC	142.50	0.098	0.18	0.035421	J-293	J-339

TUB PVC 3/4"-192	18.00	26.50	PVC	142.50	0.015	0.03	0.000893	J-381	J-369
TUB PVC 3/4"-171	18.00	26.50	PVC	142.50	0.113	0.20	0.046732	J-547	J-455
TUB PVC 3/4"-229	19.00	26.50	PVC	142.50	0.126	0.23	0.058341	J-341	J-329
TUB PVC 3/4"-39	19.00	26.50	PVC	142.50	0.070	0.13	0.019943	J-487	J-364
TUB PVC 3/4"-233	20.00	26.50	PVC	142.50	0.056	0.10	0.013990	J-353	J-311
TUB PVC 3/4"-228	22.00	26.50	PVC	142.50	0.140	0.25	0.084534	J-341	J-441
TUB PVC 3/4"-168	21.00	26.50	PVC	142.50	0.057	0.10	0.014883	J-529	J-499
TUB PVC 3/4"-35	22.00	26.50	PVC	142.50	0.154	0.28	0.100013	J-571	J-441
TUB PVC 3/4"-198	23.00	26.50	PVC	142.50	0.085	0.15	0.033933	J-344	J-335
TUB PVC 3/4"-206	23.00	26.50	PVC	142.50	0.014	0.03	0.001191	J-481	J-396
TUB PVC 3/4"-226	25.00	26.50	PVC	142.50	0.155	0.28	0.113109	J-387	J-572
TUB PVC 3/4"-83	26.00	26.50	PVC	142.50	0.112	0.20	0.065782	J-329	J-339
TUB PVC 3/4"-59	27.00	26.50	PVC	142.50	0.099	0.18	0.053578	J-547	J-555
TUB PVC 3/4"-3	27.00	26.50	PVC	142.50	0.071	0.13	0.029468	J-344	J-315
TUB PVC 3/4"-193	29.00	26.50	PVC	142.50	0.085	0.15	0.043160	J-465	J-305
TUB PVC 3/4"-165	30.00	26.50	PVC	142.50	0.015	0.03	0.001786	J-453	J-497
TUB PVC 3/4"-36	32.00	26.50	PVC	142.50	0.070	0.13	0.033338	J-573	J-496
TUB PVC 3/4"-169	37.00	26.50	PVC	142.50	0.071	0.13	0.039886	J-499	J-555
TUB PVC 3/4"-200	37.00	26.50	PVC	142.50	0.015	0.03	0.002084	J-413	J-373
TUB PVC 3/4"-196	38.00	26.50	PVC	142.50	0.043	0.08	0.016073	J-412	J-471
TUB PVC 3/4"-4	39.00	26.50	PVC	142.50	0.057	0.10	0.027384	J-315	J-365
TUB PVC 3/4"-210	42.00	26.50	PVC	142.50	0.084	0.15	0.062805	J-476	J-487
TUB PVC 3/4"-166	43.00	26.50	PVC	142.50	0.029	0.05	0.008632	J-453	J-546
TUB PVC 3/4"-90	43.00	26.50	PVC	142.50	0.029	0.05	0.008930	J-410	J-434
TUB PVC 3/4"-222	48.00	26.50	PVC	142.50	0.057	0.10	0.034528	J-333	J-551
TUB PVC 3/4"-194	53.00	26.50	PVC	142.50	0.071	0.13	0.056555	J-415	J-305
TUB PVC 3/4"-89	53.00	26.50	PVC	142.50	0.043	0.08	0.022324	J-434	J-522
TUB PVC 3/4"-87	56.00	26.50	PVC	142.50	0.084	0.15	0.082451	J-477	J-553
TUB PVC 3/4"-250	56.00	26.50	PVC	142.50	0.014	0.03	0.002977	J-543	J-553
TUB PVC 3/4"-267	73.00	26.50	PVC	142.50	0.015	0.03	0.004465	J-458	J-393
TUB PVC 3/4"-266	128.00	26.50	PVC	142.50	0.029	0.05	0.025598	T-1	J-458
TUB PVC 3/4"-232	103.00	26.50	PVC	142.50	0.070	0.13	0.108645	J-299	J-353
TUB PVC 3/4"-263	137.00	26.50	PVC	142.50	0.028	0.05	0.026491	J-466	J-509
TUB PVC 3/4"-167	139.00	26.50	PVC	142.50	0.043	0.08	0.058341	J-529	J-546
TUB PVC 3/4"-197	146.00	26.50	PVC	142.50	0.029	0.05	0.029468	J-381	J-471
TUB PVC 3/4"-292	197.00	26.50	PVC	142.50	0.043	0.08	0.083046	PRV-2	J-451
TUB PVC 3/4"-291	222.00	26.50	PVC	142.50	0.042	0.08	0.091380	PRV-2	J-509
TUB PVC 3/4"-262	253.00	26.50	PVC	142.50	0.014	0.03	0.013395	J-408	J-466
TUB PVC 1"-241	2.00	33.00	PVC	142.50	0.098	0.11	0.001191	J-569	J-535
TUB PVC 1"-201	2.00	33.00	PVC	142.50	0.224	0.26	0.006846	J-292	J-307
TUB PVC 1"-175	3.00	33.00	PVC	142.50	0.267	0.31	0.013990	J-523	J-507
TUB PVC 1"-189	9.00	33.00	PVC	142.50	0.365	0.43	0.068759	J-347	J-384
TUB PVC 1"-202	13.00	33.00	PVC	142.50	0.168	0.20	0.024110	J-320	J-573
TUB PVC 1"-7	14.00	33.00	PVC	142.50	0.351	0.41	0.097334	J-347	J-407
TUB PVC 1"-188	14.00	33.00	PVC	142.50	0.337	0.39	0.094655	J-577	J-407
TUB PVC 1"-187	15.00	33.00	PVC	142.50	0.238	0.28	0.052983	J-577	J-292
TUB PVC 1"-191	15.00	33.00	PVC	142.50	0.099	0.12	0.010716	J-577	J-465
TUB PVC 1"-46	16.00	33.00	PVC	142.50	0.281	0.33	0.075307	J-572	J-571
TUB PVC 1"-240	18.00	33.00	PVC	142.50	0.112	0.13	0.015776	J-513	J-535
TUB PVC 1"-203	20.00	33.00	PVC	142.50	0.098	0.11	0.013395	J-573	J-476
TUB PVC 1"-174	24.00	33.00	PVC	142.50	0.225	0.26	0.075902	J-574	J-350
TUB PVC 1"-214	27.00	33.00	PVC	142.50	0.210	0.25	0.075605	J-307	J-320
TUB PVC 1"-45	28.00	33.00	PVC	142.50	0.099	0.12	0.019348	J-321	J-335
TUB PVC 1"-173	37.00	33.00	PVC	142.50	0.155	0.18	0.059234	J-574	J-492
TUB PVC 1"-242	40.00	33.00	PVC	142.50	0.154	0.18	0.062210	J-554	J-461
TUB PVC 1"-246	40.00	33.00	PVC	142.50	0.126	0.15	0.043160	J-513	J-554
TUB PVC 1"-243	80.00	33.00	PVC	142.50	0.168	0.20	0.147340	T-1	J-461
TUB PVC 1"-216	84.00	33.00	PVC	142.50	0.113	0.13	0.073819	J-321	J-578
TUB PVC 1"-176	138.00	33.00	PVC	142.50	0.239	0.28	0.489942	J-401	J-350
TUB PVC 1"-177	189.00	33.00	PVC	142.50	0.253	0.30	0.742057	J-523	J-401
TUB PVC 1"-258	281.00	33.00	PVC	142.50	0.113	0.13	0.246162	J-579	J-552
TUB PVC 1 1/2"-186	5.00	48.00	PVC	142.50	0.379	0.21	0.007144	J-384	J-542
TUB PVC 1 1/2"-8	8.00	48.00	PVC	142.50	0.407	0.22	0.012502	J-503	J-463
TUB PVC 1 1/2"-271	10.00	48.00	PVC	142.50	0.393	0.22	0.013990	J-542	J-463
TUB PVC 1 1/2"-285	12.00	48.00	PVC	142.50	0.548	0.30	0.032147	J-371	J-578

TUB PVC 1 1/2"-75	14.00	48.00	PVC	142.50	0.477	0.26	0.027980	J-326	J-399
TUB PVC 1 1/2"-19	15.00	48.00	PVC	142.50	0.309	0.17	0.013692	J-468	J-515
TUB PVC 1 1/2"-18	15.00	48.00	PVC	142.50	0.365	0.20	0.018455	J-581	J-483
TUB PVC 1 1/2"-286	17.00	48.00	PVC	142.50	0.562	0.31	0.046137	J-371	J-418
TUB PVC 1 1/2"-185	20.00	48.00	PVC	142.50	0.435	0.24	0.034230	J-538	J-426
TUB PVC 1 1/2"-181	21.00	48.00	PVC	142.50	0.351	0.19	0.024705	J-483	J-435
TUB PVC 1 1/2"-190	22.00	48.00	PVC	142.50	0.421	0.23	0.036314	J-426	J-503
TUB PVC 1 1/2"-76	25.00	48.00	PVC	142.50	0.491	0.27	0.054471	J-395	J-326
TUB PVC 1 1/2"-179	27.00	48.00	PVC	142.50	0.295	0.16	0.022622	J-422	J-515
TUB PVC 1 1/2"-74	32.00	48.00	PVC	142.50	0.463	0.26	0.062508	J-399	J-343
TUB PVC 1 1/2"-184	34.00	48.00	PVC	142.50	0.449	0.25	0.062210	J-538	J-343
TUB PVC 1 1/2"-183	47.00	48.00	PVC	142.50	0.505	0.28	0.106561	J-582	J-395
TUB PVC 1 1/2"-178	52.00	48.00	PVC	142.50	0.281	0.16	0.039886	J-422	J-507
TUB PVC 1 1/2"-215	68.00	48.00	PVC	142.50	0.590	0.33	0.205085	J-582	J-580
TUB PVC 1 1/2"-180	83.00	48.00	PVC	142.50	0.337	0.19	0.089297	J-468	J-435
TUB PVC 1 1/2"-217	323.00	48.00	PVC	142.50	0.435	0.24	0.557808	J-578	J-572
TUB PVC 2"-182	21.00	60.00	PVC	142.50	1.094	0.39	0.068759	J-581	J-582
TUB PVC 2"-293	74.00	60.00	PVC	142.50	1.459	0.52	0.407194	J-581	PRV-1
TUB PVC 2"-294	103.00	60.00	PVC	142.50	1.458	0.52	0.560487	J-556	PRV-1
TUB PVC 2"-259	225.00	60.00	PVC	142.50	1.626	0.58	1.507034	T-1	J-579
TUB PVC 1 1/2"-6	84.00	48.00	PVC	142.50	0.576	0.32	0.244078	J-418	J-580
TUB PVC 1/2"-7	8.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-580	Z-19
TUB PVC 3/4"-11	17.00	26.50	PVC	142.50	0.057	0.10	0.011609	J-522	J-421
TUB PVC 1"-1	20.00	33.00	PVC	142.50	0.141	0.16	0.025598	J-492	J-557
TUB PVC 3/4"-1	42.00	26.50	PVC	142.50	0.043	0.08	0.017859	J-359	J-365
TUB PVC 3/4"-12	19.00	26.50	PVC	142.50	0.127	0.23	0.059234	J-455	J-557
TUB PVC 1/2"-13	14.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.002381	J-471	Z-85
TUB PVC 3/4"-14	5.00	26.50	PVC	142.50	0.029	0.05	0.000893	J-470	J-479
TUB PVC 1/2"-15	7.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.001191	J-479	Z-122
TUB PVC 2"-2	37.00	60.00	PVC	142.50	1.514	0.54	0.214312	J-586	J-579
TUB PVC 2"-3	119.00	60.00	PVC	142.50	1.500	0.53	0.684014	J-556	J-586
TUB PVC 1/2"-17	4.00	21.00	PVC	142.50	0.014	0.04	0.000595	J-296	Z-117
TUB PVC 3/4"-18	3.00	26.50	PVC	142.50	0.042	0.08	0.001488	J-311	J-404
TUB PVC 3/4"-19	11.00	26.50	PVC	142.50	0.028	0.05	0.002084	J-404	J-377
TUB PVC 3/4"-20	15.00	26.50	PVC	142.50	0.029	0.05	0.003274	J-413	J-359
TUB PVC 3/4"-21	59.00	26.50	PVC	142.50	0.071	0.13	0.063401	J-421	J-574

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.5.7.3. Elevación de Nodos NORMADOS:

elevaciones correspondientes de cada uno de los elementos existentes dentro del modelamiento hidráulico normado. (punto salida de UBS).

**Tabla N° 24: elevación de UBS- Normadas.**

N° NODO	Elevation(m)	DESNIVEL	Z-70	3,234.52	24.48	Z-117	3223.31	35.69
GRPT07N1	3259	CRP 01 - COTA	Z-71	3,229.79	29.21	Z-118	3223.43	35.57
Z-17	3244.03	14.97	Z-72	3,233.93	25.07	Z-119	3223.70	35.30
Z-19	3242.94	16.06	Z-73	3,229.64	29.36	Z-120	3224.03	34.97
Z-21	3241.62	17.38	Z-74	3,234.00	25.00	Z-121	3224.59	34.41
Z-23	3239.66	19.34	Z-75	3,229.57	29.43	Z-122	3224.00	35.00
Z-25	3238.89	20.11	Z-76	3,244.06	14.94	Z-123	3223.85	35.15
Z-27	3236.00	23.00	Z-77	3,230.26	28.74	Z-124	3224.00	35.00
Z-29	3235.16	23.84	Z-78	3,232.96	26.04	Z-125	3223.23	35.77
Z-31	3232.95	26.05	Z-79	3,229.00	30.00	Z-126	3220.93	38.07
Z-33	3233.48	25.52	Z-80	3,232.31	26.69	Z-127	3222.52	36.48
Z-35	3233.55	25.45	Z-81	3,228.70	30.30	Z-128	3220.51	38.49
Z-36	3241.37	17.63	Z-82	3,242.55	16.45	Z-129	3236.38	22.62
Z-37	3233.41	25.59	Z-83	3,229.00	30.00	Z-130	3223	36.00
Z-38	3238.63	20.37	Z-84	3,244.83	14.17			
Z-39	3232.18	26.82	Z-85	3,228.00	31.00	N° NODO	Elevation(m)	DESNIVEL
Z-40	3240.36	18.64	Z-86	3,246.34	12.66	RESERVOIR®	3310.00	CRP 01 - COTA
Z-41	3232.48	26.52	Z-87	3,228.05	30.95	Z-1	3305.38	4.62
Z-42	3249.16	9.84	Z-88	3,248.27	10.73	Z-2	3307.49	2.51
Z-43	3231.33	27.67	Z-89	3,223.25	35.75	Z-3	3300.67	9.33
Z-44	3249.74	9.26	Z-90	3,251.46	7.54	Z-4	3300.79	9.21
Z-45	3232.03	26.97	Z-91	3,224.45	34.55	Z-5	3301.00	9.00
Z-46	3255.03	3.97	Z-92	3,250.90	8.10	Z-6	3300.00	10.00
Z-47	3231.34	27.66	Z-93	3,228.83	30.17	Z-7	3301.00	9.00
Z-48	3254.93	4.07	Z-94	3,249.67	9.33	Z-8	3301.00	9.00
Z-49	3230.47	28.53	Z-95	3,229.35	29.65	Z-9	3298.39	11.61
Z-50	3253.73	5.27	Z-96	3,250.39	8.61	Z-10	3299.23	10.77
Z-51	3230.00	29.00	Z-97	3,228.05	30.95	Z-11	3297.49	12.51
Z-52	3254.64	4.36	Z-99	3,228.00	31.00	Z-12	3296.38	13.62
Z-53	3230.33	28.67	Z-100	3,225.09	33.91	Z-13	3293.15	16.85
Z-54	3250.30	8.70	Z-101	3,226.11	32.89	Z-14	3279.99	30.01
Z-55	3231.74	27.26	Z-102	3,224.21	34.79	Z-15	3274.27	35.73
Z-56	3246.38	12.62	Z-103	3,228.00	31.00	Z-16	3266.87	43.13
Z-57	3230.64	28.36	Z-104	3,224.77	34.23	Z-18	3288.57	21.43
Z-58	3238.41	20.59	Z-105	3,227.00	32.00	Z-20	3304.53	5.47
Z-59	3230.64	28.36	Z-106	3,224.05	34.95	Z-22	3309.87	0.13
Z-60	3234.59	24.41	Z-107	3,225.80	33.20	Z-24	3306.95	3.05
Z-61	3230.95	28.05	Z-108	3,224.29	34.71	Z-26	3306.18	3.82
Z-62	3243.66	15.34	Z-109	3,225.08	33.92	Z-28	3300.48	9.52
Z-63	3230.79	28.21	Z-110	3,224.65	34.35	Z-98	3266.43	43.57
Z-64	3247.04	11.96	Z-111	3,222.15	36.85			
Z-65	3231.00	28.00	Z-112	3,225.00	34.00	N° NODO	Elevation(m)	DESNIVEL
Z-66	3238.82	20.18	Z-113	3,221.52	37.48	GRPT07N1	3285	CRP 01 - COTA
Z-67	3231.00	28.00	Z-114	3,227.32	31.68	Z-30	3275.75	9.25
Z-68	3236.78	22.22	Z-115	3,221.54	37.46	Z-32	3280.00	5.00
Z-69	3230.71	28.29	Z-116	3,223.89	35.11	Z-34	3261.22	23.78

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.7.4. Elevación de Nodos MEJORAMIENTO:

elevaciones correspondientes de cada uno de los elementos existentes dentro del modelamiento hidráulico MEJORADO. (punto salida de UBS).

**Tabla N° 25: elevacion UBS- Mejoradas**

N° NODO	Elevation(m)	DESNIVEL	Z-70	3,234.52	24.48	Z-117	3,223.31	35.69
GRPT07N°1	3259	CRP 01 - COTA	Z-71	3,229.79	29.21	Z-118	3,223.43	35.57
Z-17	3,244.03	14.97	Z-72	3,233.93	25.07	Z-119	3,223.70	35.30
Z-19	3,242.94	16.06	Z-73	3,229.64	29.36	Z-120	3,224.03	34.97
Z-21	3,241.62	17.38	Z-74	3,234.00	25.00	Z-121	3,224.59	34.41
Z-23	3,239.66	19.34	Z-75	3,229.57	29.43	Z-122	3,224.00	35.00
Z-25	3,238.89	20.11	Z-76	3,244.06	14.94	Z-123	3,223.85	35.15
Z-27	3,236.00	23.00	Z-77	3,230.26	28.74	Z-124	3,224.00	35.00
Z-29	3,235.16	23.84	Z-78	3,232.96	26.04	Z-125	3,223.23	35.77
Z-31	3,232.95	26.05	Z-79	3,229.00	30.00	Z-126	3,220.93	38.07
Z-33	3,233.48	25.52	Z-80	3,232.31	26.69	Z-127	3,222.52	36.48
Z-35	3,233.55	25.45	Z-81	3,228.70	30.30	Z-128	3,220.51	38.49
Z-36	3,241.37	17.63	Z-82	3,242.55	16.45	Z-129	3,236.38	22.62
Z-37	3,233.41	25.59	Z-83	3,229.00	30.00	Z-130	3,223.00	36.00
Z-38	3,238.63	20.37	Z-84	3,244.83	14.17			
Z-39	3,232.18	26.82	Z-85	3,228.00	31.00	N° NODO	Elevation(m)	DESNIVEL
Z-40	3,240.36	18.64	Z-86	3,246.34	12.66	RESERVOIR®	3310.00	CRP 01 - COTA
Z-41	3,232.48	26.52	Z-87	3,228.05	30.95	Z-1	3,305.38	4.62
Z-42	3,249.16	9.84	Z-88	3,248.27	10.73	Z-2	3,306.49	3.51
Z-43	3,231.33	27.67	Z-89	3,223.25	35.75	Z-3	3,300.67	9.33
Z-44	3,249.74	9.26	Z-90	3,251.46	7.54	Z-4	3,300.79	9.21
Z-45	3,232.03	26.97	Z-91	3,224.45	34.55	Z-5	3,301.00	9.00
Z-46	3,252.03	6.97	Z-92	3,250.90	8.10	Z-6	3,300.00	10.00
Z-47	3,231.34	27.66	Z-93	3,228.83	30.17	Z-7	3,301.00	9.00
Z-48	3,251.93	7.07	Z-94	3,249.67	9.33	Z-8	3,301.00	9.00
Z-49	3,230.47	28.53	Z-95	3,229.35	29.65	Z-9	3,298.39	11.61
Z-50	3,252.43	6.57	Z-96	3,250.39	8.61	Z-10	3,299.23	10.77
Z-51	3,230.00	29.00	Z-97	3,228.05	30.95	Z-11	3,297.49	12.51
Z-52	3,252.64	6.36	Z-99	3,228.00	31.00	Z-12	3,296.38	13.62
Z-53	3,230.33	28.67	Z-100	3,225.09	33.91	Z-13	3,293.15	16.85
Z-54	3,250.30	8.70	Z-101	3,226.11	32.89	Z-14	3,279.99	30.01
Z-55	3,231.74	27.26	Z-102	3,224.21	34.79	Z-15	3,274.27	35.73
Z-56	3,246.38	12.62	Z-103	3,228.00	31.00	Z-16	3,266.87	43.13
Z-57	3,230.64	28.36	Z-104	3,224.77	34.23	Z-18	3,288.57	21.43
Z-58	3,238.41	20.59	Z-105	3,227.00	32.00	Z-20	3,304.33	5.67
Z-59	3,230.64	28.36	Z-106	3,224.05	34.95	Z-22	3,304.67	5.33
Z-60	3,234.59	24.41	Z-107	3,225.80	33.20	Z-24	3,304.75	5.25
Z-61	3,230.95	28.05	Z-108	3,224.29	34.71	Z-26	3,304.18	5.82
Z-62	3,243.66	15.34	Z-109	3,225.08	33.92	Z-28	3,300.48	9.52
Z-63	3,230.79	28.21	Z-110	3,224.65	34.35	Z-98	3,266.43	43.57
Z-64	3,247.04	11.96	Z-111	3,222.15	36.85			
Z-65	3,231.00	28.00	Z-112	3,225.00	34.00	N° NODO	Elevation(m)	DESNIVEL
Z-66	3,238.82	20.18	Z-113	3,221.52	37.48	GRPT07N°1	3285	CRP 01 - COTA
Z-67	3,231.00	28.00	Z-114	3,227.32	31.68	Z-30	3,275.75	9.25
Z-68	3,236.78	22.22	Z-115	3,221.54	37.46	Z-32	3,280.00	5.00
Z-69	3,230.71	28.29	Z-116	3,223.89	35.11	Z-34	3,261.22	23.78

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.7.5. Presiones en la red: simulación de red normada.

**Tabla N° 26: presión en UBS. Red Normada.**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (mH <sub>2</sub> O)	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (mH <sub>2</sub> O)
Z-1	3305.38	0.014	3311.476	6.10	Z-66	3238.82	0.014	3258.188	19.30
Z-2	3307.49	0.014	3311.473	4.00	Z-67	3231.00	0.014	3258.330	27.30
Z-3	3300.67	0.014	3311.278	10.60	Z-68	3236.78	0.014	3258.123	21.30
Z-4	3300.79	0.014	3311.271	10.50	Z-69	3230.71	0.014	3258.367	27.60
Z-5	3301.00	0.014	3311.364	10.30	Z-70	3234.52	0.014	3258.126	23.60
Z-6	3300.00	0.014	3311.267	11.20	Z-71	3229.79	0.014	3258.450	28.60
Z-7	3301.00	0.014	3311.224	10.20	Z-72	3233.93	0.014	3258.130	24.20
Z-8	3301.00	0.014	3311.251	10.20	Z-73	3229.64	0.014	3258.433	28.70
Z-9	3298.39	0.014	3311.057	12.60	Z-74	3234.00	0.014	3258.123	24.10
Z-10	3299.23	0.014	3311.006	11.80	Z-75	3229.57	0.014	3258.403	28.80
Z-11	3297.49	0.014	3311.013	13.50	Z-76	3244.06	0.014	3257.621	13.50
Z-12	3296.38	0.014	3311.007	14.60	Z-77	3230.26	0.014	3258.329	28.00
Z-13	3293.15	0.014	3311.019	17.80	Z-78	3232.96	0.014	3258.143	25.10
Z-14	3279.99	0.014	3311.143	31.10	Z-79	3229.00	0.014	3258.376	29.30
Z-15	3274.27	0.014	3309.181	34.80	Z-80	3232.31	0.014	3258.160	25.80
Z-16	3266.87	0.014	3309.177	42.20	Z-81	3228.70	0.014	3258.270	29.50
Z-17	3244.03	0.014	3258.899	14.80	Z-82	3242.55	0.014	3258.856	16.30
Z-18	3288.57	0.014	3309.927	21.30	Z-83	3229.00	0.014	3258.277	29.20
Z-19	3242.94	0.014	3258.810	15.80	Z-84	3244.83	0.014	3258.869	14.00
Z-20	3304.53	0.014	3309.856	5.30	Z-85	3228.00	0.014	3258.255	30.20
Z-21	3241.62	0.014	3258.850	17.20	Z-86	3246.34	0.014	3258.906	12.50
Z-22	3309.87	0.014	3309.857	0.00	Z-87	3228.05	0.014	3258.351	30.20
Z-23	3239.66	0.014	3258.824	19.10	Z-88	3248.27	0.014	3258.925	10.60
Z-24	3306.95	0.014	3309.865	2.90	Z-89	3223.25	0.014	3258.332	35.00
Z-25	3238.89	0.014	3258.767	19.80	Z-90	3251.46	0.014	3258.932	7.50
Z-26	3306.18	0.014	3309.884	3.70	Z-91	3224.45	0.014	3258.331	33.80
Z-27	3236.00	0.014	3258.706	22.70	Z-92	3250.90	0.014	3258.931	8.00
Z-28	3300.48	0.014	3309.892	9.40	Z-93	3228.83	0.014	3258.229	29.30
Z-29	3235.16	0.014	3258.587	23.40	Z-94	3249.67	0.014	3259.019	9.30
Z-30	3275.75	0.014	3285.182	9.40	Z-95	3229.35	0.014	3258.228	28.80
Z-31	3232.95	0.014	3258.546	25.50	Z-96	3250.39	0.014	3259.041	8.60
Z-32	3280.00	0.014	3285.157	5.10	Z-97	3228.05	0.014	3257.481	29.40
Z-33	3233.48	0.014	3258.679	25.20	Z-98	3266.43	0.014	3309.186	42.70
Z-34	3261.22	0.014	3285.144	23.90	Z-99	3228.00	0.014	3257.483	29.40
Z-35	3233.55	0.014	3258.181	24.60	Z-100	3225.09	0.014	3257.729	32.60
Z-36	3241.37	0.014	3257.347	15.90	Z-101	3226.11	0.014	3257.485	31.30
Z-37	3233.41	0.014	3258.182	24.70	Z-102	3224.21	0.014	3257.729	33.40
Z-38	3238.63	0.014	3257.349	18.70	Z-103	3228.00	0.014	3257.487	29.40
Z-39	3232.18	0.014	3258.189	26.00	Z-104	3224.77	0.014	3257.739	32.90
Z-40	3240.36	0.014	3257.352	17.00	Z-105	3227.00	0.014	3257.500	30.40
Z-41	3232.48	0.014	3258.185	25.70	Z-106	3224.05	0.014	3257.789	33.70
Z-42	3249.16	0.014	3257.421	8.20	Z-107	3225.80	0.014	3257.600	31.70
Z-43	3231.33	0.014	3258.618	27.20	Z-108	3224.29	0.014	3257.784	33.40
Z-44	3249.74	0.014	3257.407	7.70	Z-109	3225.08	0.014	3257.624	32.50
Z-45	3232.03	0.014	3258.645	26.60	Z-110	3224.65	0.014	3257.784	33.10
Z-46	3255.03	0.014	3257.420	2.40	Z-111	3222.15	0.014	3257.891	35.70
Z-47	3231.34	0.014	3258.634	27.20	Z-112	3225.00	0.014	3257.784	32.70
Z-48	3254.93	0.014	3257.421	2.50	Z-113	3221.52	0.014	3257.841	36.20
Z-49	3230.47	0.014	3258.615	28.10	Z-114	3227.32	0.014	3257.757	30.40
Z-50	3253.73	0.014	3257.601	3.90	Z-115	3221.54	0.014	3257.816	36.20
Z-51	3230.00	0.014	3258.553	28.50	Z-116	3223.89	0.014	3257.831	33.90
Z-52	3254.64	0.014	3257.624	3.00	Z-117	3223.31	0.014	3257.832	34.40
Z-53	3230.33	0.014	3258.463	28.10	Z-118	3223.43	0.014	3257.850	34.30
Z-54	3250.30	0.014	3257.548	7.20	Z-119	3223.70	0.014	3257.818	34.10
Z-55	3231.74	0.014	3258.200	26.40	Z-120	3224.03	0.014	3257.905	33.80
Z-56	3246.38	0.014	3257.500	11.10	Z-121	3224.59	0.014	3257.657	33.00
Z-57	3230.64	0.014	3258.218	27.50	Z-122	3224.00	0.014	3257.818	33.70
Z-58	3238.41	0.014	3257.582	19.10	Z-123	3223.85	0.014	3257.721	33.80
Z-59	3230.64	0.014	3258.242	27.50	Z-124	3224.00	0.014	3257.817	33.70
Z-60	3234.59	0.014	3257.591	23.00	Z-125	3223.23	0.014	3257.771	34.50
Z-61	3230.95	0.014	3258.246	27.20	Z-126	3220.93	0.014	3257.848	36.80
Z-62	3243.66	0.014	3257.610	13.90	Z-127	3222.52	0.014	3257.847	35.30
Z-63	3230.79	0.014	3258.242	27.40	Z-128	3220.51	0.014	3257.873	37.30
Z-64	3247.04	0.014	3257.747	10.70	Z-129	3236.38	0.014	3257.583	21.20
Z-65	3231.00	0.014	3258.323	27.30	Z-130	3223	0.014	3258.340	35.3

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.7.6. Presiones De Red- Calibrada.

**Tabla N° 27: presiones en UBS- red calibrada**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
Z-1	3,305.38	0.014	3,311.47	6.10	Z-66	3,238.82	0.014	3,258.06	19.20
Z-2	3,307.49	0.014	3,311.47	4.00	Z-67	3,230.79	0.014	3,258.13	27.30
Z-3	3,300.67	0.014	3,311.26	10.60	Z-68	3,236.78	0.014	3,258.00	21.20
Z-4	3,300.79	0.014	3,311.25	10.40	Z-69	3,230.71	0.014	3,258.26	27.50
Z-5	3,301.00	0.014	3,311.35	10.30	Z-70	3,234.52	0.014	3,258.00	23.40
Z-6	3,300.00	0.014	3,311.24	11.20	Z-71	3,229.79	0.014	3,258.35	28.50
Z-7	3,301.00	0.014	3,311.20	10.20	Z-72	3,233.93	0.014	3,258.00	24.00
Z-8	3,301.00	0.014	3,311.23	10.20	Z-73	3,229.64	0.014	3,258.33	28.60
Z-9	3,298.39	0.014	3,311.01	12.60	Z-74	3,234.00	0.014	3,258.00	23.90
Z-10	3,299.23	0.014	3,310.96	11.70	Z-75	3,229.57	0.014	3,258.30	28.70
Z-11	3,297.49	0.014	3,310.96	13.40	Z-76	3,244.06	0.014	3,257.43	13.30
Z-12	3,296.38	0.014	3,310.96	14.60	Z-77	3,230.26	0.014	3,258.22	27.90
Z-13	3,293.15	0.014	3,310.97	17.80	Z-78	3,232.96	0.014	3,258.02	25.00
Z-14	3,279.99	0.014	3,311.11	31.10	Z-79	3,229.00	0.014	3,258.27	29.20
Z-15	3,274.27	0.014	3,308.96	34.60	Z-80	3,232.31	0.014	3,258.04	25.70
Z-16	3,266.87	0.014	3,308.95	42.00	Z-81	3,228.70	0.014	3,258.16	29.40
Z-17	3,244.03	0.014	3,258.85	14.80	Z-82	3,242.55	0.014	3,258.80	16.20
Z-18	3,288.57	0.014	3,309.78	21.20	Z-83	3,229.00	0.014	3,258.16	29.10
Z-19	3,242.94	0.014	3,258.75	15.80	Z-84	3,244.83	0.014	3,258.81	14.00
Z-20	3,304.53	0.014	3,309.70	5.20	Z-85	3,228.00	0.014	3,258.14	30.10
Z-21	3,241.62	0.014	3,258.79	17.10	Z-86	3,246.34	0.014	3,258.85	12.50
Z-22	3,309.87	0.014	3,309.70	-0.20	Z-87	3,228.05	0.014	3,258.24	30.10
Z-23	3,239.66	0.014	3,258.76	19.10	Z-88	3,248.27	0.014	3,258.87	10.60
Z-24	3,306.95	0.014	3,309.71	2.80	Z-89	3,223.25	0.014	3,258.22	34.90
Z-25	3,238.89	0.014	3,258.70	19.80	Z-90	3,251.46	0.014	3,258.88	7.40
Z-26	3,306.18	0.014	3,309.73	3.50	Z-91	3,224.45	0.014	3,258.22	33.70
Z-27	3,236.00	0.014	3,258.64	22.60	Z-92	3,250.90	0.014	3,258.88	8.00
Z-28	3,300.48	0.014	3,309.74	9.20	Z-93	3,228.83	0.014	3,258.11	29.20
Z-29	3,235.16	0.014	3,258.50	23.30	Z-94	3,249.67	0.014	3,258.98	9.30
Z-30	3,275.75	0.014	3,285.18	9.40	Z-95	3,229.35	0.014	3,258.11	28.70
Z-31	3,232.95	0.014	3,258.46	25.50	Z-96	3,250.39	0.014	3,259.00	8.60
Z-32	3,280.00	0.014	3,285.15	5.10	Z-97	3,228.05	0.014	3,257.29	29.20
Z-33	3,233.48	0.014	3,258.60	25.10	Z-98	3,266.43	0.014	3,308.96	42.40
Z-34	3,261.22	0.014	3,285.14	23.90	Z-99	3,228.00	0.014	3,257.30	29.20
Z-35	3,233.55	0.014	3,258.06	24.50	Z-100	3,225.09	0.014	3,257.56	32.40
Z-36	3,241.37	0.014	3,257.12	15.70	Z-101	3,226.11	0.014	3,257.30	31.10
Z-37	3,233.41	0.014	3,258.06	24.60	Z-102	3,224.21	0.014	3,257.56	33.30
Z-38	3,238.63	0.014	3,257.12	18.50	Z-103	3,228.00	0.014	3,257.30	29.20
Z-39	3,232.18	0.014	3,258.07	25.80	Z-104	3,224.77	0.014	3,257.57	32.70
Z-40	3,240.36	0.014	3,257.13	16.70	Z-105	3,227.00	0.014	3,257.31	30.30
Z-41	3,232.48	0.014	3,258.06	25.50	Z-106	3,224.05	0.014	3,257.63	33.50
Z-42	3,249.16	0.014	3,257.21	8.00	Z-107	3,225.80	0.014	3,257.42	31.60
Z-43	3,231.33	0.014	3,258.54	27.10	Z-108	3,224.29	0.014	3,257.62	33.30
Z-44	3,249.74	0.014	3,257.19	7.40	Z-109	3,225.08	0.014	3,257.45	32.30
Z-45	3,232.03	0.014	3,258.57	26.50	Z-110	3,224.65	0.014	3,257.62	32.90
Z-46	3,255.03	0.014	3,257.20	2.20	Z-111	3,222.15	0.014	3,257.74	35.50
Z-47	3,231.34	0.014	3,258.55	27.20	Z-112	3,225.00	0.014	3,257.62	32.60
Z-48	3,254.93	0.014	3,257.21	2.30	Z-113	3,221.52	0.014	3,257.68	36.10
Z-49	3,230.47	0.014	3,258.53	28.00	Z-114	3,227.32	0.014	3,257.59	30.20
Z-50	3,253.73	0.014	3,257.40	3.70	Z-115	3,221.54	0.014	3,257.66	36.00
Z-51	3,230.00	0.014	3,258.47	28.40	Z-116	3,223.89	0.014	3,257.67	33.70
Z-52	3,254.64	0.014	3,257.43	2.80	Z-117	3,223.31	0.014	3,257.67	34.30
Z-53	3,230.33	0.014	3,258.37	28.00	Z-118	3,223.43	0.014	3,257.69	34.20
Z-54	3,250.30	0.014	3,257.35	7.00	Z-119	3,223.70	0.014	3,257.66	33.90
Z-55	3,231.74	0.014	3,258.08	26.30	Z-120	3,224.03	0.014	3,257.75	33.70
Z-56	3,246.38	0.014	3,257.29	10.90	Z-121	3,224.59	0.014	3,257.48	32.80
Z-57	3,230.64	0.014	3,258.10	27.40	Z-122	3,224.00	0.014	3,257.66	33.60
Z-58	3,238.41	0.014	3,257.38	18.90	Z-123	3,223.85	0.014	3,257.55	33.60
Z-59	3,230.64	0.014	3,258.13	27.40	Z-124	3,224.00	0.014	3,257.66	33.60
Z-60	3,234.59	0.014	3,257.39	22.80	Z-125	3,223.23	0.014	3,257.61	34.30
Z-61	3,230.95	0.014	3,258.13	27.10	Z-126	3,220.93	0.014	3,257.69	36.70
Z-62	3,243.66	0.014	3,257.41	13.70	Z-127	3,222.52	0.014	3,257.69	35.10
Z-63	3,231.00	0.014	3,258.22	27.20	Z-128	3,220.51	0.014	3,257.72	37.10
Z-64	3,247.04	0.014	3,257.57	10.50	Z-129	3,236.38	0.014	3,257.38	21.00
Z-65	3,231.00	0.014	3,258.21	27.20	Z-130	3,223.00	0.014	3,258.22	35.20

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.7.7. Simulación de red en Darwin Designer en waterCAD

**Tabla N° 28: Darwin Designer- ajuste de la red de tuberías.**

Design Event	Element	Required Minimum Pressure (m H2O)	Required Maximum Pressure (m H2O)	Simulated Pressure (m H2O)	Violation (m H2O)	Design Event	Element	Required Minimum Pressure (m H2O)	Required Maximum Pressure (m H2O)	Simulated Pressure (m H2O)	Violation (m H2O)
DISEÑO NORMADO	Z-1	5.00	60.00	6.10	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-66	5.00	60.00	20.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-2	5.00	60.00	4.00	1.00	DISEÑO NORMADO	Z-67	5.00	60.00	28.00	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-3	5.00	60.00	10.80	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-68	5.00	60.00	22.00	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-4	5.00	60.00	10.70	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-69	5.00	60.00	28.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-5	5.00	60.00	10.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-70	5.00	60.00	24.30	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-6	5.00	60.00	11.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-71	5.00	60.00	29.00	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-7	5.00	60.00	10.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-72	5.00	60.00	24.90	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-8	5.00	60.00	10.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-73	5.00	60.00	29.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-9	5.00	60.00	13.10	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-74	5.00	60.00	24.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-10	5.00	60.00	12.20	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-75	5.00	60.00	29.20	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-11	5.00	60.00	14.00	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-76	5.00	60.00	14.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-12	5.00	60.00	15.10	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-77	5.00	60.00	28.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-13	5.00	60.00	18.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-78	5.00	60.00	25.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-14	5.00	60.00	31.40	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-79	5.00	60.00	29.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-15	5.00	60.00	35.00	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-80	5.00	60.00	26.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-16	5.00	60.00	42.40	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-81	5.00	60.00	30.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-17	5.00	60.00	14.90	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-82	5.00	60.00	16.40	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-18	5.00	60.00	21.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-83	5.00	60.00	29.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-19	5.00	60.00	16.00	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-84	5.00	60.00	14.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-20	5.00	60.00	5.60	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-85	5.00	60.00	30.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-21	5.00	60.00	17.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-86	5.00	60.00	12.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-22	5.00	60.00	0.20	4.80	DISEÑO NORMADO	Z-87	5.00	60.00	30.70	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-23	5.00	60.00	19.20	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-88	5.00	60.00	10.70	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-24	5.00	60.00	3.20	1.80	DISEÑO NORMADO	Z-89	5.00	60.00	35.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-25	5.00	60.00	20.00	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-90	5.00	60.00	7.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-26	5.00	60.00	3.90	1.10	DISEÑO NORMADO	Z-91	5.00	60.00	34.30	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-27	5.00	60.00	22.90	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-92	5.00	60.00	8.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-28	5.00	60.00	9.60	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-93	5.00	60.00	30.00	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-29	5.00	60.00	23.70	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-94	5.00	60.00	9.40	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-30	5.00	60.00	9.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-95	5.00	60.00	29.40	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-31	5.00	60.00	25.80	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-96	5.00	60.00	8.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-32	5.00	60.00	5.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-97	5.00	60.00	30.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-33	5.00	60.00	25.40	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-98	5.00	60.00	42.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-34	5.00	60.00	24.00	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-99	5.00	60.00	30.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-35	5.00	60.00	25.20	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-100	5.00	60.00	33.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-36	5.00	60.00	17.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-101	5.00	60.00	32.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-37	5.00	60.00	25.40	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-102	5.00	60.00	34.40	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-38	5.00	60.00	20.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-103	5.00	60.00	30.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-39	5.00	60.00	26.60	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-104	5.00	60.00	33.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-40	5.00	60.00	18.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-105	5.00	60.00	31.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-41	5.00	60.00	26.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-106	5.00	60.00	34.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-42	5.00	60.00	9.70	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-107	5.00	60.00	32.80	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-43	5.00	60.00	27.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-108	5.00	60.00	34.30	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-44	5.00	60.00	9.20	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-109	5.00	60.00	33.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-45	5.00	60.00	26.80	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-110	5.00	60.00	33.90	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-46	5.00	60.00	3.90	1.10	DISEÑO NORMADO	Z-111	5.00	60.00	36.40	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-47	5.00	60.00	27.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-112	5.00	60.00	33.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-48	5.00	60.00	4.00	1.00	DISEÑO NORMADO	Z-113	5.00	60.00	37.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-49	5.00	60.00	28.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-114	5.00	60.00	31.30	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-50	5.00	60.00	5.20	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-115	5.00	60.00	37.00	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-51	5.00	60.00	28.80	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-116	5.00	60.00	34.70	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-52	5.00	60.00	4.30	0.70	DISEÑO NORMADO	Z-117	5.00	60.00	35.30	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-53	5.00	60.00	28.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-118	5.00	60.00	35.20	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-54	5.00	60.00	8.60	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-119	5.00	60.00	34.90	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-55	5.00	60.00	27.00	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-120	5.00	60.00	34.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-56	5.00	60.00	12.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-121	5.00	60.00	34.00	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-57	5.00	60.00	28.10	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-122	5.00	60.00	34.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-58	5.00	60.00	20.50	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-123	5.00	60.00	34.70	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-59	5.00	60.00	28.20	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-124	5.00	60.00	34.60	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-60	5.00	60.00	24.30	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-125	5.00	60.00	35.40	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-61	5.00	60.00	27.80	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-126	5.00	60.00	37.70	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-62	5.00	60.00	15.20	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-127	5.00	60.00	36.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-63	5.00	60.00	27.80	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-128	5.00	60.00	38.10	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-64	5.00	60.00	11.90	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-129	5.00	60.00	22.50	0.00
DISEÑO NORMADO	Z-65	5.00	60.00	27.80	0.00	DISEÑO NORMADO	Z-130	5.00	60.00	35.80	0.00

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.5.7.8. Presiones de red– simulación de mejoramiento de la red.

**Tabla N° 29: presiones en UBS- con mejora.**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H <sub>2</sub> O)	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H <sub>2</sub> O)
Z-1	3,305.38	0.014	3,311.48	6.10	Z-66	3,238.82	0.014	3,258.18	19.30
Z-2	3,306.49	0.014	3,311.47	5.00	Z-67	3,231.00	0.014	3,258.33	27.30
Z-3	3,300.67	0.014	3,311.28	10.60	Z-68	3,236.78	0.014	3,258.12	21.30
Z-4	3,300.79	0.014	3,311.27	10.50	Z-69	3,230.71	0.014	3,258.37	27.60
Z-5	3,301.00	0.014	3,311.36	10.30	Z-70	3,234.52	0.014	3,258.12	23.60
Z-6	3,300.00	0.014	3,311.27	11.20	Z-71	3,229.79	0.014	3,258.45	28.60
Z-7	3,301.00	0.014	3,311.22	10.20	Z-72	3,233.93	0.014	3,258.13	24.10
Z-8	3,301.00	0.014	3,311.25	10.20	Z-73	3,229.64	0.014	3,258.43	28.70
Z-9	3,298.39	0.014	3,311.06	12.60	Z-74	3,234.00	0.014	3,258.12	24.10
Z-10	3,299.23	0.014	3,311.01	11.80	Z-75	3,229.57	0.014	3,258.40	28.80
Z-11	3,297.49	0.014	3,311.01	13.50	Z-76	3,244.06	0.014	3,257.61	13.50
Z-12	3,296.38	0.014	3,311.01	14.60	Z-77	3,230.26	0.014	3,258.33	28.00
Z-13	3,293.15	0.014	3,311.02	17.80	Z-78	3,232.96	0.014	3,258.14	25.10
Z-14	3,279.99	0.014	3,311.14	31.10	Z-79	3,229.00	0.014	3,258.38	29.30
Z-15	3,274.27	0.014	3,309.19	34.80	Z-80	3,232.31	0.014	3,258.16	25.80
Z-16	3,266.87	0.014	3,309.18	42.20	Z-81	3,228.70	0.014	3,258.27	29.50
Z-17	3,244.03	0.014	3,258.90	14.80	Z-82	3,242.55	0.014	3,258.85	16.30
Z-18	3,288.57	0.014	3,309.93	21.30	Z-83	3,229.00	0.014	3,258.27	29.20
Z-19	3,242.94	0.014	3,258.81	15.80	Z-84	3,244.83	0.014	3,258.87	14.00
Z-20	3,304.33	0.014	3,309.85	5.50	Z-85	3,228.00	0.014	3,258.25	30.20
Z-21	3,241.62	0.014	3,258.85	17.20	Z-86	3,246.34	0.014	3,258.90	12.50
Z-22	3,304.67	0.014	3,309.85	5.20	Z-87	3,228.05	0.014	3,258.35	30.20
Z-23	3,239.66	0.014	3,258.82	19.10	Z-88	3,248.27	0.014	3,258.92	10.60
Z-24	3,304.75	0.014	3,309.85	5.10	Z-89	3,223.25	0.014	3,258.33	35.00
Z-25	3,238.89	0.014	3,258.77	19.80	Z-90	3,251.46	0.014	3,258.93	7.50
Z-26	3,304.18	0.014	3,309.89	5.70	Z-91	3,224.45	0.014	3,258.33	33.80
Z-27	3,236.00	0.014	3,258.71	22.70	Z-92	3,250.90	0.014	3,258.93	8.00
Z-28	3,300.48	0.014	3,309.89	9.40	Z-93	3,228.83	0.014	3,258.23	29.30
Z-29	3,235.16	0.014	3,258.59	23.40	Z-94	3,249.67	0.014	3,259.02	9.30
Z-30	3,275.75	0.014	3,285.18	9.40	Z-95	3,229.35	0.014	3,258.23	28.80
Z-31	3,232.95	0.014	3,258.55	25.50	Z-96	3,250.39	0.014	3,259.04	8.60
Z-32	3,280.00	0.014	3,285.16	5.10	Z-97	3,228.05	0.014	3,257.49	29.40
Z-33	3,233.48	0.014	3,258.68	25.20	Z-98	3,266.43	0.014	3,309.19	42.70
Z-34	3,261.22	0.014	3,285.14	23.90	Z-99	3,228.00	0.014	3,257.49	29.40
Z-35	3,233.55	0.014	3,258.18	24.60	Z-100	3,225.09	0.014	3,257.73	32.60
Z-36	3,241.37	0.014	3,257.33	15.90	Z-101	3,226.11	0.014	3,257.49	31.30
Z-37	3,233.41	0.014	3,258.18	24.70	Z-102	3,224.21	0.014	3,257.74	33.50
Z-38	3,238.63	0.014	3,257.33	18.70	Z-103	3,228.00	0.014	3,257.50	29.40
Z-39	3,232.18	0.014	3,258.19	26.00	Z-104	3,224.77	0.014	3,257.75	32.90
Z-40	3,240.36	0.014	3,257.34	16.90	Z-105	3,227.00	0.014	3,257.51	30.40
Z-41	3,232.48	0.014	3,258.18	25.70	Z-106	3,224.05	0.014	3,257.80	33.70
Z-42	3,249.16	0.014	3,257.41	8.20	Z-107	3,225.80	0.014	3,257.61	31.70
Z-43	3,231.33	0.014	3,258.62	27.20	Z-108	3,224.29	0.014	3,257.79	33.40
Z-44	3,249.74	0.014	3,257.39	7.60	Z-109	3,225.08	0.014	3,257.63	32.50
Z-45	3,232.03	0.014	3,258.64	26.60	Z-110	3,224.65	0.014	3,257.79	33.10
Z-46	3,252.03	0.014	3,257.41	5.40	Z-111	3,222.15	0.014	3,257.90	35.70
Z-47	3,231.34	0.014	3,258.63	27.20	Z-112	3,225.00	0.014	3,257.79	32.70
Z-48	3,251.93	0.014	3,257.41	5.50	Z-113	3,221.52	0.014	3,257.85	36.30
Z-49	3,230.47	0.014	3,258.61	28.10	Z-114	3,227.32	0.014	3,257.76	30.40
Z-50	3,252.43	0.014	3,257.59	5.20	Z-115	3,221.54	0.014	3,257.82	36.20
Z-51	3,230.00	0.014	3,258.55	28.50	Z-116	3,223.89	0.014	3,257.84	33.90
Z-52	3,252.64	0.014	3,257.61	5.00	Z-117	3,223.31	0.014	3,257.84	34.50
Z-53	3,230.33	0.014	3,258.46	28.10	Z-118	3,223.43	0.014	3,257.86	34.40
Z-54	3,250.30	0.014	3,257.53	7.20	Z-119	3,223.70	0.014	3,257.82	34.10
Z-55	3,231.74	0.014	3,258.20	26.40	Z-120	3,224.03	0.014	3,257.91	33.80
Z-56	3,246.38	0.014	3,257.49	11.10	Z-121	3,224.59	0.014	3,257.66	33.00
Z-57	3,230.64	0.014	3,258.22	27.50	Z-122	3,224.00	0.014	3,257.82	33.80
Z-58	3,238.41	0.014	3,257.57	19.10	Z-123	3,223.85	0.014	3,257.72	33.80
Z-59	3,230.64	0.014	3,258.24	27.50	Z-124	3,224.00	0.014	3,257.82	33.80
Z-60	3,234.59	0.014	3,257.58	22.90	Z-125	3,223.23	0.014	3,257.78	34.50
Z-61	3,230.95	0.014	3,258.24	27.20	Z-126	3,220.93	0.014	3,257.85	36.80
Z-62	3,243.66	0.014	3,257.60	13.90	Z-127	3,222.52	0.014	3,257.85	35.30
Z-63	3,230.79	0.014	3,258.24	27.40	Z-128	3,220.51	0.014	3,257.88	37.30
Z-64	3,247.04	0.014	3,257.74	10.70	Z-129	3,236.38	0.014	3,257.57	21.10
Z-65	3,231.00	0.014	3,258.32	27.30	Z-130	3,223.00	0.014	3,258.34	35.30

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.7.9. Influencia del coeficiente de rugosidad en las perdidas de cargas.

**Tabla N° 30: coeficiente de rugosidad- normado vs calibrado.**

USUARIO	COEFICIENTE RUGOSIDAD		PRESIONES		diferencia	USUARIO	COEFICIENTE RUGOSIDAD		PRESIONES		diferencia
	NORMADO	CALBRADA	NORMADO	CALBRADA			NORMADO	CALBRADA			
Z-1	150.00	142.50	6.10	6.10	0.00	Z-66	150.00	142.50	19.30	19.20	0.10
Z-2	150.00	142.50	4.00	4.00	0.00	Z-67	150.00	142.50	27.30	27.30	0.00
Z-3	150.00	142.50	10.60	10.60	0.00	Z-68	150.00	142.50	21.30	21.20	0.10
Z-4	150.00	142.50	10.50	10.40	0.10	Z-69	150.00	142.50	27.60	27.50	0.10
Z-5	150.00	142.50	10.30	10.30	0.00	Z-70	150.00	142.50	23.60	23.40	0.20
Z-6	150.00	142.50	11.20	11.20	0.00	Z-71	150.00	142.50	28.60	28.50	0.10
Z-7	150.00	142.50	10.20	10.20	0.00	Z-72	150.00	142.50	24.20	24.00	0.20
Z-8	150.00	142.50	10.20	10.20	0.00	Z-73	150.00	142.50	28.70	28.60	0.10
Z-9	150.00	142.50	12.60	12.60	0.00	Z-74	150.00	142.50	24.10	23.90	0.20
Z-10	150.00	142.50	11.80	11.70	0.10	Z-75	150.00	142.50	28.80	28.70	0.10
Z-11	150.00	142.50	13.50	13.40	0.10	Z-76	150.00	142.50	13.50	13.30	0.20
Z-12	150.00	142.50	14.60	14.60	0.00	Z-77	150.00	142.50	28.00	27.90	0.10
Z-13	150.00	142.50	17.80	17.80	0.00	Z-78	150.00	142.50	25.10	25.00	0.10
Z-14	150.00	142.50	31.10	31.10	0.00	Z-79	150.00	142.50	29.30	29.20	0.10
Z-15	150.00	142.50	34.80	34.60	0.20	Z-80	150.00	142.50	25.80	25.70	0.10
Z-16	150.00	142.50	42.20	42.00	0.20	Z-81	150.00	142.50	29.50	29.40	0.10
Z-17	150.00	142.50	14.80	14.80	0.00	Z-82	150.00	142.50	16.30	16.20	0.10
Z-18	150.00	142.50	21.30	21.20	0.10	Z-83	150.00	142.50	29.20	29.10	0.10
Z-19	150.00	142.50	15.80	15.80	0.00	Z-84	150.00	142.50	14.00	14.00	0.00
Z-20	150.00	142.50	5.30	5.20	0.10	Z-85	150.00	142.50	30.20	30.10	0.10
Z-21	150.00	142.50	17.20	17.10	0.10	Z-86	150.00	142.50	12.50	12.50	0.00
Z-22	150.00	142.50	0.00	-0.20	0.20	Z-87	150.00	142.50	30.20	30.10	0.10
Z-23	150.00	142.50	19.10	19.10	0.00	Z-88	150.00	142.50	10.60	10.60	0.00
Z-24	150.00	142.50	2.90	2.80	0.10	Z-89	150.00	142.50	35.00	34.90	0.10
Z-25	150.00	142.50	19.80	19.80	0.00	Z-90	150.00	142.50	7.50	7.40	0.10
Z-26	150.00	142.50	3.70	3.50	0.20	Z-91	150.00	142.50	33.80	33.70	0.10
Z-27	150.00	142.50	22.70	22.60	0.10	Z-92	150.00	142.50	8.00	8.00	0.00
Z-28	150.00	142.50	9.40	9.20	0.20	Z-93	150.00	142.50	29.30	29.20	0.10
Z-29	150.00	142.50	23.40	23.30	0.10	Z-94	150.00	142.50	9.30	9.30	0.00
Z-30	150.00	142.50	9.40	9.40	0.00	Z-95	150.00	142.50	28.80	28.70	0.10
Z-31	150.00	142.50	25.50	25.50	0.00	Z-96	150.00	142.50	8.60	8.60	0.00
Z-32	150.00	142.50	5.10	5.10	0.00	Z-97	150.00	142.50	29.40	29.20	0.20
Z-33	150.00	142.50	25.20	25.10	0.10	Z-98	150.00	142.50	42.70	42.40	0.30
Z-34	150.00	142.50	23.90	23.90	0.00	Z-99	150.00	142.50	29.40	29.20	0.20
Z-35	150.00	142.50	24.60	24.50	0.10	Z-100	150.00	142.50	32.60	32.40	0.20
Z-36	150.00	142.50	15.90	15.70	0.20	Z-101	150.00	142.50	31.30	31.10	0.20
Z-37	150.00	142.50	24.70	24.60	0.10	Z-102	150.00	142.50	33.40	33.30	0.10
Z-38	150.00	142.50	18.70	18.50	0.20	Z-103	150.00	142.50	29.40	29.20	0.20
Z-39	150.00	142.50	26.00	25.80	0.20	Z-104	150.00	142.50	32.90	32.70	0.20
Z-40	150.00	142.50	17.00	16.70	0.30	Z-105	150.00	142.50	30.40	30.30	0.10
Z-41	150.00	142.50	25.70	25.50	0.20	Z-106	150.00	142.50	33.70	33.50	0.20
Z-42	150.00	142.50	8.20	8.00	0.20	Z-107	150.00	142.50	31.70	31.60	0.10
Z-43	150.00	142.50	27.20	27.10	0.10	Z-108	150.00	142.50	33.40	33.30	0.10
Z-44	150.00	142.50	7.70	7.40	0.30	Z-109	150.00	142.50	32.50	32.30	0.20
Z-45	150.00	142.50	26.60	26.50	0.10	Z-110	150.00	142.50	33.10	32.90	0.20
Z-46	150.00	142.50	2.40	2.20	0.20	Z-111	150.00	142.50	35.70	35.50	0.20
Z-47	150.00	142.50	27.20	27.20	0.00	Z-112	150.00	142.50	32.70	32.60	0.10
Z-48	150.00	142.50	2.50	2.30	0.20	Z-113	150.00	142.50	36.20	36.10	0.10
Z-49	150.00	142.50	28.10	28.00	0.10	Z-114	150.00	142.50	30.40	30.20	0.20
Z-50	150.00	142.50	3.90	3.70	0.20	Z-115	150.00	142.50	36.20	36.00	0.20
Z-51	150.00	142.50	28.50	28.40	0.10	Z-116	150.00	142.50	33.90	33.70	0.20
Z-52	150.00	142.50	3.00	2.80	0.20	Z-117	150.00	142.50	34.40	34.30	0.10
Z-53	150.00	142.50	28.10	28.00	0.10	Z-118	150.00	142.50	34.30	34.20	0.10
Z-54	150.00	142.50	7.20	7.00	0.20	Z-119	150.00	142.50	34.10	33.90	0.20
Z-55	150.00	142.50	26.40	26.30	0.10	Z-120	150.00	142.50	33.80	33.70	0.10
Z-56	150.00	142.50	11.10	10.90	0.20	Z-121	150.00	142.50	33.00	32.80	0.20
Z-57	150.00	142.50	27.50	27.40	0.10	Z-122	150.00	142.50	33.70	33.60	0.10
Z-58	150.00	142.50	19.10	18.90	0.20	Z-123	150.00	142.50	33.80	33.60	0.20
Z-59	150.00	142.50	27.50	27.40	0.10	Z-124	150.00	142.50	33.70	33.60	0.10
Z-60	150.00	142.50	23.00	22.80	0.20	Z-125	150.00	142.50	34.50	34.30	0.20
Z-61	150.00	142.50	27.20	27.10	0.10	Z-126	150.00	142.50	36.80	36.70	0.10
Z-62	150.00	142.50	13.90	13.70	0.20	Z-127	150.00	142.50	35.30	35.10	0.20
Z-63	150.00	142.50	27.40	27.20	0.20	Z-128	150.00	142.50	37.30	37.10	0.20
Z-64	150.00	142.50	10.70	10.50	0.20	Z-129	150.00	142.50	21.20	21.00	0.20
Z-65	150.00	142.50	27.30	27.20	0.10	Z-130	150.00	142.50	35.30	35.20	0.10

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO 4 Presentación de resultados

### 4.1. Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1.1. Resultados de calibración del coeficiente de rugosidad de tuberías de la red

**Tabla N° 31: resultados de calibración.**

CALIBRATION GROUPS	TUBERIA	DIAMETRO (MM)	Original Roughness	Adjusted Roughness
CALIBRACION	TUBERIA DE PVC 1/2"	21	150	142.5
CALIBRACION	TUBERIA DE PVC 3/4"	26.5	150	142.5
CALIBRACION	TUBERIA DE PVC 1"	33	150	142.5
CALIBRACION	TUBERIA DE PVC 1 1/2"	48	150	142.5
CALIBRACION	TUBERIA DE PVC 2"	60	150	142.5

**Fuente: Elaboración propia.**

Diámetros de tuberías utilizados en la RDAP. coeficiente de rugosidad norma vs coeficiente de rugosidad calibrados.

#### 4.1.2. Relación de carga hidráulica medida en campo y calibrada.

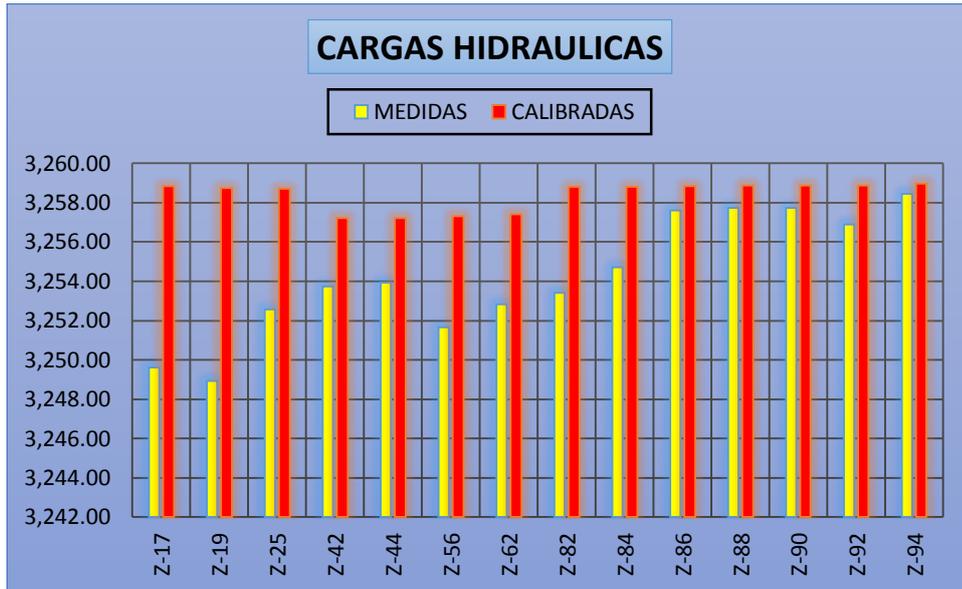
**Tabla N° 32: comparación de cargas hidráulicas - 14 muestras**

NODO(UBS)	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	Difference (m)	ERROR %
Z-17	3,249.62	3,258.85	9.23	0.284
Z-19	3,248.93	3,258.75	9.82	0.302
Z-25	3,252.56	3,258.70	6.14	0.189
Z-42	3,253.76	3,257.22	3.47	0.107
Z-44	3,253.93	3,257.21	3.28	0.101
Z-56	3,251.67	3,257.31	5.64	0.173
Z-62	3,252.84	3,257.43	4.59	0.141
Z-82	3,253.43	3,258.80	5.37	0.165
Z-84	3,254.71	3,258.81	4.11	0.126
Z-86	3,257.61	3,258.85	1.24	0.038
Z-88	3,257.75	3,258.87	1.12	0.034
Z-90	3,257.75	3,258.88	1.13	0.035
Z-92	3,256.89	3,258.88	2.00	0.061
Z-94	3,258.45	3,258.98	0.53	0.016

Solution	Fitness
Solution 1	268.273

**Fuente: Elaboración propia.**

**Grafica N° 1: comparación cargas hidráulicas- medidas vs calibradas**



**Fuente: Elaboración propia**

En la **Tabla N° 1**: calibración con 14(n° de muestras) mediciones, notamos que el fitness es de 268.273, debido a la gran diferencia entre las cargas hidráulicas en los nodos z-17, z-19 y z-25. El nodo que presenta la mayor diferencia de carga hidráulica es Z-19 con un valor de 9.82 m y error porcentual de 30.2%. Siendo el nodo que presenta menor diferencia de carga hidráulica es Z-94 con un valor de 0.53 m y error porcentual de 1.6%.

**Tabla N° 33: comparación de cargas hidráulicas - 11 muestras**

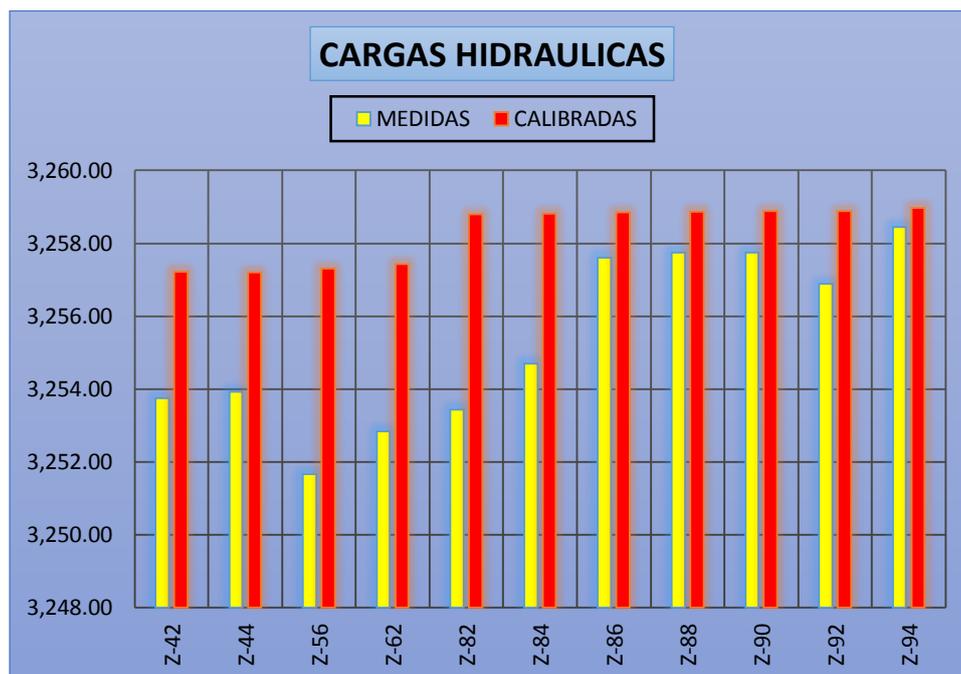
Junction	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	Difference (m)	ERROR %
Z-42	3,253.76	3,257.22	3.47	0.10651078
Z-44	3,253.93	3,257.21	3.28	0.10068751
Z-56	3,251.67	3,257.31	5.64	0.1734587
Z-62	3,252.84	3,257.43	4.59	0.14102135
Z-82	3,253.43	3,258.80	5.37	0.16504124
Z-84	3,254.71	3,258.81	4.11	0.12618036
Z-86	3,257.61	3,258.85	1.24	0.03805546
Z-88	3,257.75	3,258.87	1.12	0.03449312
Z-90	3,257.75	3,258.88	1.13	0.03472948
Z-92	3,256.89	3,258.88	2.00	0.06128861
Z-94	3,258.45	3,258.98	0.53	0.01615184

Solution	Fitness
Solution 1	126.854

**Fuente: Elaboración propia.**

**Grafica N° 2: comparación cargas hidráulicas- medidas vs calibradas**



**Fuente: Elaboración propia**

En la **Tabla N° 33**: observamos la diferencia entre las cargas hidráulicas observadas en campo y de las cargas hidráulicas de la 2da calibración donde se hizo una reducción a 11 mediciones. Se logró reducir en aproximadamente un 50% el fitness inicial de 268.73 (14 mediciones) a 128.854. El nodo que presenta la mayor diferencia de carga hidráulica es Z-56 con un valor de 5.64 m y error porcentual de 17.34%. Siendo el nodo que presenta menor diferencia de carga hidráulica es Z-94 con un valor de 0.53 m y error porcentual de 1.6%.

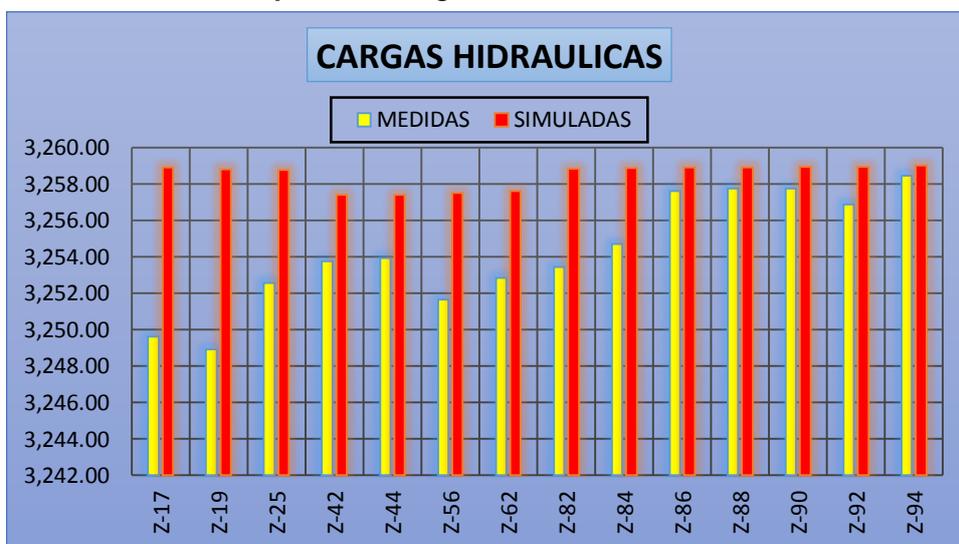
### 4.1.3. Comparación de cargas

**Tabla N° 34: comparación de cargas hidráulicas- medidas vs simuladas**

NODO(UBS )	Observed Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	DIFERENCIA	ERROR %
Z-17	3,249.62	3258.90	9.280	0.286
Z-19	3,248.93	3258.81	9.882	0.304
Z-25	3,252.56	3258.77	6.207	0.191
Z-42	3,253.76	3257.42	3.666	0.113
Z-44	3,253.93	3257.41	3.478	0.107
Z-56	3,251.67	3257.50	5.833	0.179
Z-62	3,252.84	3257.61	4.769	0.147
Z-82	3,253.43	3258.86	5.427	0.167
Z-84	3,254.71	3258.87	4.163	0.128
Z-86	3,257.61	3258.91	1.292	0.040
Z-88	3,257.75	3258.93	1.174	0.036
Z-90	3,257.75	3258.93	1.181	0.036
Z-92	3,256.89	3258.93	2.046	0.063
Z-94	3,258.45	3259.02	0.567	0.017

*Fuente: Elaboración propia.*

**Grafica N° 3: comparación cargas hidráulicas- medidas vs simuladas**



*Fuente: elaboración propia.*

en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se muestra las cargas de presión observadas en campo y las simuladas con el coeficiente de rugosidad normado de 150, donde ya notamos una gran diferencia entre ambas cargas, siendo la máxima diferencia 9.882 m.

#### 4.1.4. Comparación de mediciones de campo

**Tabla N° 35: comparación de presiones**

VIVIENDA	24 DE OCTUBRE		25 DE OCTUBRE		diferencia Mca
	JUEVES 8:00-9:00 AM		VIERNES 8:00-9:00 AM		
	PRESION		PRESION		
	Psi	Mca	Psi	Mca	
Z-17	8.00	5.63	8.50	5.98	0.35
Z-19	8.50	5.98	9.50	6.69	0.70
Z-25	19.50	13.73	18.50	13.02	0.70
Z-42	6.50	4.58	7.00	4.93	0.35
Z-44	6.00	4.22	7.00	4.93	0.70
Z-56	7.50	5.28	9.00	6.34	1.06
Z-62	13.00	9.15	12.00	8.45	0.70
Z-82	15.50	10.91	13.50	9.50	1.41
Z-84	14.00	9.86	12.50	8.80	1.06
Z-86	16.00	11.26	15.00	10.56	0.70
Z-88	13.50	9.50	13.00	9.15	0.35
Z-90	9.00	6.34	9.00	6.34	0.00
Z-92	8.50	5.98	9.00	6.34	0.35
Z-94	12.50	8.80	12.00	8.45	0.35
			<b>promedio</b>		<b>0.63</b>
					mca

*Fuente: elaboración propia.*

En la **Tabla N° 35**: Nos muestra la presiones medidas en campo los días jueves 24 y viernes 25 de octubre del 2019.

- La diferencia promedio de presiones tomadas en campo es de 0.63 Mca
- La diferencia máxima entre presiones en los mismos puntos de la UBS. Z-82 con 1.41 Mca.

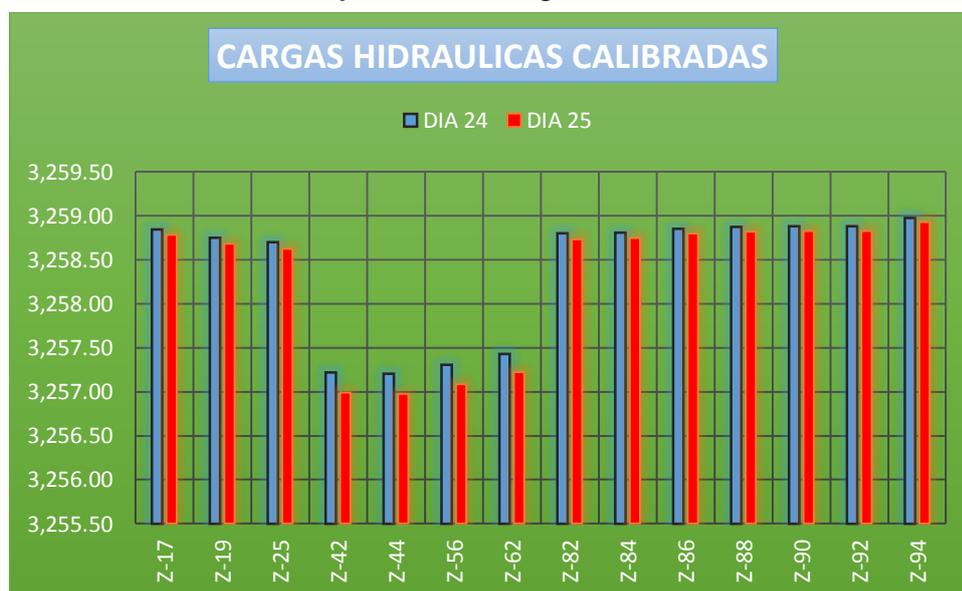
#### 4.1.5. Validación de presiones de campo

**Tabla N° 36: comparación de cargas hidráulicas calibradas**

Field Data Snapshot	Junction	calibracion día 24-10-19	calibracion día 25-10-29	Diferencia
		Simulated Hydraulic Grade (m)	Simulated Hydraulic Grade (m)	
VALIDACION DE RED	Z-17	3,258.85	3,258.79	0.06
VALIDACION DE RED	Z-19	3,258.75	3,258.68	0.07
VALIDACION DE RED	Z-25	3,258.70	3,258.63	0.07
VALIDACION DE RED	Z-42	3,257.22	3,256.99	0.23
VALIDACION DE RED	Z-44	3,257.21	3,256.98	0.23
VALIDACION DE RED	Z-56	3,257.31	3,257.09	0.22
VALIDACION DE RED	Z-62	3,257.43	3,257.22	0.21
VALIDACION DE RED	Z-82	3,258.80	3,258.73	0.06
VALIDACION DE RED	Z-84	3,258.81	3,258.75	0.06
VALIDACION DE RED	Z-86	3,258.85	3,258.80	0.06
VALIDACION DE RED	Z-88	3,258.87	3,258.82	0.06
VALIDACION DE RED	Z-90	3,258.88	3,258.83	0.06
VALIDACION DE RED	Z-92	3,258.88	3,258.83	0.06
VALIDACION DE RED	Z-94	3,258.98	3,258.93	0.05

*Fuente: elaboración propia.*

**Grafica N° 4: comparación de cargas hidráulicas calibradas**



*Fuente: elaboración propia.*

En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. nos permite observar la calibracion realizada en el Darwin Calibrator (waterCAD) con los datos tomados en campo los días 24 y 25 de octubre del 2019 en el Caserío Sanjapampa, en el horario de 8.00 AM-9.00 AM. Donde la diferencia de estas

dos calibraciones nos muestra la capacidad de reflejar con buena confiabilidad en la simulación hidráulica.

#### 4.1.6. Presiones máximas y mínimas red normada.

##### A. Presiones mínimas- simulación red normada

**Tabla N° 37: presiones mínimas en UBS.**

N° DE NODOS	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1	Z-2	3307.49	0.014	3311.473	4.00
2	Z-22	3309.87	0.014	3309.857	0.00
3	Z-24	3306.95	0.014	3309.865	2.90
4	Z-26	3306.18	0.014	3309.884	3.70
5	Z-46	3255.03	0.014	3257.420	2.40
6	Z-48	3254.93	0.014	3257.421	2.50
7	Z-50	3253.73	0.014	3257.601	3.90
8	Z-52	3254.64	0.014	3257.624	3.00

*Fuente: elaboración propia*

En la **Tabla N° 38** se observa 8 puntos de salida de presión (UBS) que no cumplen con la presión mínima (OS.0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano. MVCS., 2018). Presión mínima 5mca.

##### B. Presiones máximas- simulación red normada

**Tabla N° 38: Presiones máximas en UBS**

N° DE NODOS	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1	Z-98	3266.43	0.014	3309.186	42.70
2	Z-16	3266.87	0.014	3309.177	42.20
3	Z-130	3223.00	0.014	3258.336	35.30
4	Z-128	3220.51	0.014	3257.873	37.30
5	Z-126	3220.93	0.014	3257.848	36.80
6	Z-115	3221.54	0.014	3257.816	36.20

*Fuente: elaboración propia.*

En la **Tabla N° 38** se observa las presiones máximas de la red normada, ninguna de estas presiones sobrepasa la presión máxima establecida por (OS.0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano. MVCS., 2018). Presión máxima estática 60mca.

#### 4.1.7. Parámetro de presiones en la red.

**Tabla N° 39: Darwin Designer-**

Design Event	Element	Required Minimum Pressure (m H2O)	Required Maximum Pressure (m H2O)	Simulated Pressure (m H2O)	Violation (m H2O)
DISEÑO NORMADO	Z-2	5.00	60.00	4.00	1.00
DISEÑO NORMADO	Z-22	5.00	60.00	0.20	4.80
DISEÑO NORMADO	Z-24	5.00	60.00	3.20	1.80
DISEÑO NORMADO	Z-26	5.00	60.00	3.90	1.10
DISEÑO NORMADO	Z-46	5.00	60.00	3.90	1.10
DISEÑO NORMADO	Z-48	5.00	60.00	4.00	1.00
DISEÑO NORMADO	Z-52	5.00	60.00	4.30	0.70

*Fuente: elaboración propia.*

**Tabla N° 39:** Para un diseño optimizado cumpliendo los parámetros de presión mínima y máxima se realizó una simulación con el Darwin Designer a fin de corroborar si los diámetros iniciales del diseño eran los causantes de las presiones inferiores a 5mca.

#### 4.1.8. Presiones máximas y mínimas- propuestas

##### A. Presiones mínimas- Propuestas

**Tabla N° 40: presión mínima- red propuesta.**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
Z-2	3,306.49	0.014	3,311.47	5.00
Z-52	3,252.64	0.014	3,257.61	5.00
Z-24	3,304.75	0.014	3,309.85	5.10
Z-32	3,280.00	0.014	3,285.16	5.10
Z-22	3,304.67	0.014	3,309.85	5.20
Z-50	3,252.43	0.014	3,257.59	5.20

*Fuente: elaboración propia*

- En la **Tabla N° 38** se observa las presión mínima de la simulación de mejoramiento de la red, todas estas cumplen con la (OS.0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano. MVCS., 2018). Presión mínima 5mca.

## B. Presiones máximas- Propuestas

**Tabla N° 41: presión máxima- red propuesta**

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H <sub>2</sub> O)
Z-115	3,221.54	0.014	3,257.82	36.20
Z-113	3,221.52	0.014	3,257.85	36.30
Z-126	3,220.93	0.014	3,257.85	36.80
Z-128	3,220.51	0.014	3,257.88	37.30
Z-16	3,266.87	0.014	3,309.18	42.20
Z-98	3,266.43	0.014	3,309.19	42.70

*Fuente: Elaboración Propia.*

- En la **Tabla N° 38** se observa las presiones máximas de la simulación del mejoramiento de la red, estas presiones no sobrepasa la presión máxima propuesta por (OS.0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano. MVCS., 2018). Presión máxima estática 60mca

### 4.2. Docimasia de hipótesis.

***“El coeficiente de fricción se incrementó en un 20%, afectando la presión en la red de agua potable del caserío de Sanjapampa-Huamachuco.”***

El coeficiente de rugosidad cambio de 150 a 142.5 que sería el 5% de variación, por lo cual este factor calibrado no sería el principal motivo de la perdida de presión en la cual se ve afectada la red de distribución de agua potable.

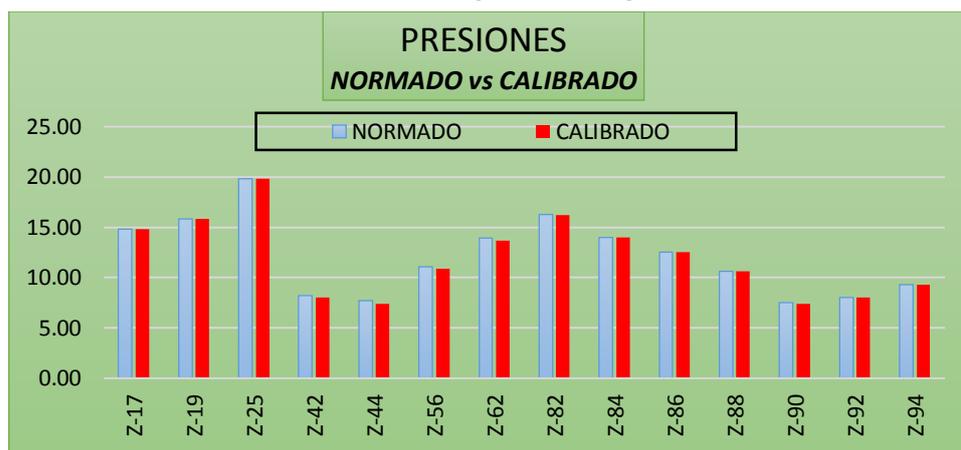
## CAPITULO 5 Discusión de resultados

**Tabla N° 42: Diferencias de pérdida de presión- normada vs calibrada.**

USUARIO	COEFICIENTE RUGOSIDAD		PRESIONES		diferencia
	NORMADO	CALIBRADA	NORMADO	CALIBRADA	
Z-17	150.00	142.50	14.80	14.80	0.00
Z-19	150.00	142.50	15.80	15.80	0.00
Z-25	150.00	142.50	19.80	19.80	0.00
Z-42	150.00	142.50	8.20	8.00	0.20
Z-44	150.00	142.50	7.70	7.40	0.30
Z-56	150.00	142.50	11.10	10.90	0.20
Z-62	150.00	142.50	13.90	13.70	0.20
Z-82	150.00	142.50	16.30	16.20	0.10
Z-84	150.00	142.50	14.00	14.00	0.00
Z-86	150.00	142.50	12.50	12.50	0.00
Z-88	150.00	142.50	10.60	10.60	0.00
Z-90	150.00	142.50	7.50	7.40	0.10
Z-92	150.00	142.50	8.00	8.00	0.00
Z-94	150.00	142.50	9.30	9.30	0.00

*Fuente: elaboración propia*

**Grafica N° 5: diferencia de pérdida de presiones**



*Fuente: elaboración propia*

En la **Tabla N° 42** : observamos la influencia en la presión del coeficiente de rugosidad calibrado, donde las pérdidas de presión entre la simulación normada y calibrada, está en un rango de 0-0.3 mca. Siendo valores muy bajos, para considerar como el factor principal en la incidencia de pérdida de presión de la red. Una observación adicional sería que la gran mayoría de las mediciones tomadas cumplen con el parámetro de presión mínimo de 5mca, siendo los únicos nodos Z-42 Y Z-44 con presiones de 4.58 mca y 4.22 mca, respectivamente los que no cumplían, pero muy cercano a la presión mínima.

## Conclusiones

- Influencia del coeficiente de rugosidad en la pérdida de presión de la red de distribución de agua potable en el Caserío de sanjapampa-huamachuco estuvo basado en un estudio de campo y modelos hidráulicos con la finalidad de poder conocer el comportamiento real de las presiones para poder proponer mejoras que cumplan con los parámetros establecidos en el RNE, y que beneficien a los usuarios.
- Se realizó un levantamiento topográfico en la zona de estudio con el fin verificar la ubicación y cota de cada punto de salida de las presiones referenciándose con los planos expediente. Notándose una ligera diferencia de cotas, siendo estas el factor más influyente en las presiones de una red de agua potable.
- Se verificó que el catastro de la RDAP del Caserío Sanjapampa no sufrieron notorios cambios que puedan generar un cambio drástico alguna respecto al planteamiento del expediente técnico. El reservorio, Las cámaras rompe presión, válvulas sus ubicación y cota no sufrieron cambios.
- Las presiones tomadas in situ fueron los días jueves 24 y viernes 25 de octubre del 2019, considerando que los consumos entre semana son similares a diferencia de un fin de semana. La validación de los datos tomados en campo nos muestra una diferencia promedio de 0.63mca, siendo la máxima diferencia entre presiones de 1.41 mca(Tabla N° 35). Teniendo un grado de confiabilidad aceptable.
- El programa WaterCAD V8i por medio de la herramienta de calibración Darwin Calibrator, nos permite agilizar el proceso de calibración del coeficiente de rugosidad, al aprovechar el poder de los algoritmos genéticos, donde se genera miles de iteraciones, esto permite tener una calibración de un modelo de forma rápida y sencilla a un nivel de precisión muy alta, sin embargo, el nivel de confianza de los resultados depende directamente de calidad de los datos registrados en campo (presiones).
- Para la Red de distribución de agua potable estudiada, se obtuvo un coeficiente de rugosidad calibrado de 142.5. que representa el 95% del valor establecido por norma.

- El coeficiente de rugosidad virio en un 5%, por lo tanto, la pérdida de presión máxima que se generaría es de 0.30 mca Siendo valores muy bajos, para considerar como el factor principal en la incidencia de pérdida de presión de la red.
- El comportamiento de la red de agua potable existente simulada y calibrados tiene 8 presiones menores a la mínima que permite la norma OS 0.50 que es de 5mca lo cual está incumpliendo la norma. Mientras que la presión máxima es de 42.7mca no supera los 60mca Establecidos por la misma norma, cumpliendo con este aspecto.
- El Darwin Designer (waterCAD). Nos permite verificar el diseño existente colocando parámetros de presión máxima y mínima de 60 mca y 5mca respectivamente (RNE), buscando tener un diseño optimizado basado en diámetros de las tuberías. Las presiones inferiores a las mínimas por norma no eran influenciadas por el diámetro de las tuberías, sino que depende de las cotas donde se encuentran localizadas las UBS.
- Una de las posibles mejoras planteadas es la reubicación de las unidades básicas de saneamiento (UBS) colocándolo en una cota con una diferencia mínima de 5m respecto al reservorio. Se cuenta con la disponibilidad de espacio para dichas reubicaciones, teniendo en cuenta como prioridad el factor económico.
- Con la mejora planteada se lograría que todos los usuarios cumplan con los parámetros de presión mínima y máxima establecidos en la norma.

## Recomendaciones

- Para la toma de datos de presiones realizadas en campo se deberían tener en cuenta el uso de un buen instrumento de medición, que ofrezca una buena sensibilidad y precisión.
- Debería tomarse de manera simultánea la obtención de presiones en cada una de las UBS tomadas como muestra, con la finalidad de conocer su comportamiento de las presiones y así tener valores de calibración más precisos. se debería tener en cuenta que todas las valvulas de control estén abiertas en su totalidad, para asi tener datos reales, porque si están cerradas alterarían la información.
- El software WaterCAD, es una herramienta que nos permite conocer el comportamiento real de una red de distribución de agua, permitiéndonos simular redes nuevas como existentes. Siendo de vital importancia la veracidad y precisión de la información que se ingresara al software, para lograr una simulación real y que nos permita planear, diseñar, evaluar o mejorar una red.
- Esta investigación busca generar una iniciativa para que las entidades responsables de servicio de agua generen o actualicen sus modelos hidráulicos, esto con el fin de ver su estado de sus redes. Las presiones con el tiempo van variando por la influencia del coeficiente de rugosidad.
- Es muy recomendable realizar una simulación inicial bajo parámetros de norma y datos de expediente técnico del proyecto, con el fin de ubicar puntos estratégicos (zona críticas y favorables), en donde realizar las mediciones in situ, permitiéndonos conocer de forma preliminar esta información.
- Sería muy interesante poder realizar mediciones in situ de 2 semanas consecutivas, considerando mediciones de 3 a 4 días entre semana continuos, especificando los mismos días y hora de ambas semanas. Adicionalmente la medición de dos sábados o domingos consecutivos, donde el consumo será mayor, por la presencia de la totalidad de usuarios en casa. Con esta información se tendría muchos escenarios para analizar y conocer el comportamiento real de la red en estudio, para diferentes fines.

## Referencias bibliográficas.

- ADRIEN, N. (2004). *Computational Hydraulics and Hydrology. An Illustrated Dictionary.* Florida, EE.UU.
- AGÜERO, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales. Sistemas de Abastecimiento.* Lima, Perú.
- American Water Works Association Leak Detection and Water Accountability Committee (1996) "Water Accountability. " *Journal American Water Works Association.* (julio 1996). Vol. 88, No. 7, 108-111.
- AWWA. (Julio 2013). *Committee Report: Defining model calibration. Journal of American Water Works Association.*
- Boulos, P. (Febrero, 2011). *Managing leaks using flow step-testing, network modeling, and field measurement. En Journal of American Water Works Association (págs. No. 2, 90-97). Vol. 103,.*
- BOULOS, P., & ORMSBEE, L. (1991). "Explicit network calibration for multiple loading conditions." *Civil Engineering Systems. aylor & Francis, Vol. 8, No. 3.*
- Centre, W. A. (1989). *Network Analysis: A Code of Practice.*" *Water Research Centre.*
- CESARIO, A., & LEE, T. (Abril 1980). *A computer method for loading model network. En Journal of American Water Works Association (pág. No. 4). Vol. 72.*
- Committee, A. E. (1999). *Calibration Guidelines for Water Distribution System Modeling.*" *Proceeding of Informatic Management and Technology Conference. New Orleans.*
- EDWARDS, J., COLE, S., & BRANDT, M. (noviembre 2006). *Quantitative results of EPS model calibrations with a comparison to industry guidelines."* *Journal of American Water Works Association.*
- Gonzales, V. (2014). *Redes De Abastecimiento.* 1-131.
- HAZEN, A., & WILLIAMS, G. (1910). *Hydraulic Tables The Elements of gagings . Nueva York, EE.UU.*

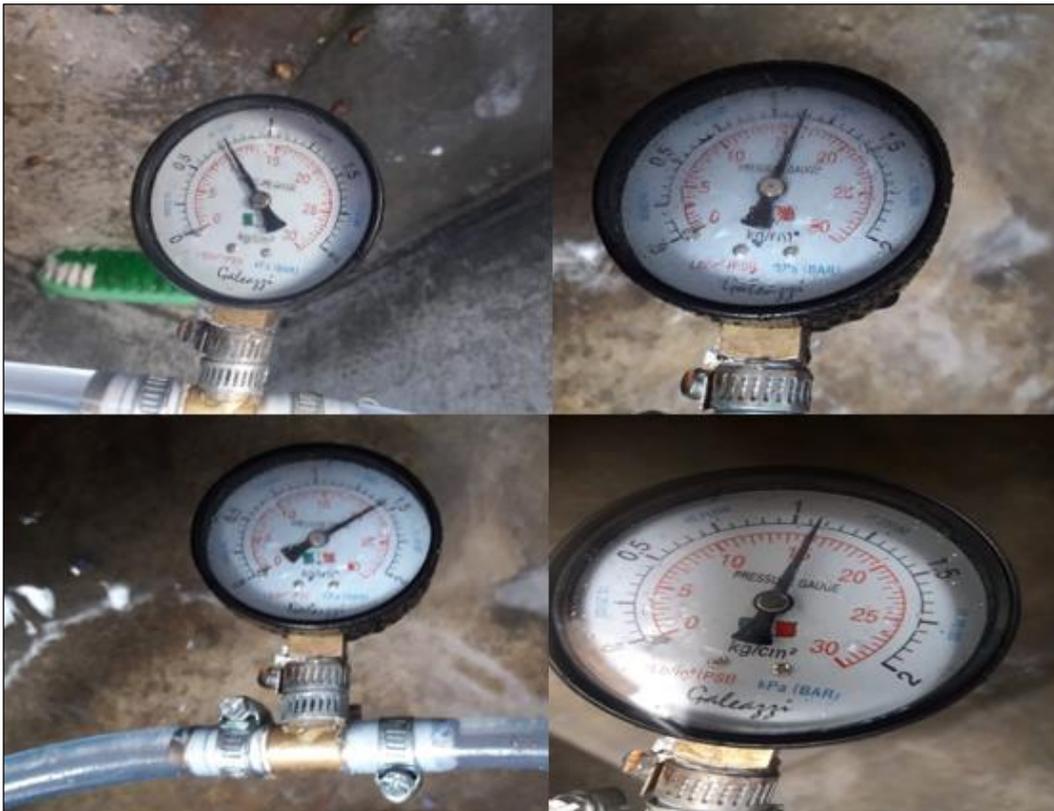
- LARADO, R. (2012). *Computer Modeling of Water Distribution Systems. Manual of Water Supply Practices M32. American Water Works Association. Tercera edición.*
- LÓPEZ, G., MARTINEZ, J., IGLESIAS, P., & IZQUIERDO, J. (2003). *Fundamentos de Hidraulica aplicada a los abastecimientos de agua. En el libro Ingenieria hidraulica en los abastecimeintos de agua. Valencia, España.*
- MAGNE, F. (2008). *ABASTECIMIENTO, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE . COCHABAMBA - BOLIVIA.*
- MARTINEZ SOLANO, F., IGLESIAS REY, P., IZQUIERDO SEBASTIÁN, J., & LÓPEZ PATIÑO, G. (s.f.).
- MOTT, R. (2006). *Mecánica de Fluidos . Naucalpan de Juárez, México: Sexta edición.*
- MVCS. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima.*
- ORMSBEE, L. (marzo 1989). *Implicit network calibration. En Journal of Water Resources Planning and Management. Vol. 115, No 2: ASCE.*
- Ormsbee, L., & Lingireddy, S. (1997). *Calibrating hydraulic network models. En Journal of the American Water Works Association (págs. Vol. 89, No. 2,42-50). AWWA.*
- RODRÍGUEZ, P. (2001). *ABASTECIMIENTO DE AGUA.*
- Roldan, E. (2016). *Estado del arte de la Calibración de Modelos Hidraulicos. Modelado de fugas con Epanet. sevilla .*
- SALDARRIAGA, J. (1998). *Hidráulica de Tuberías. . Bogota, Colombia.*
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidraulica de tuberias. Bogotá, Colombia: Alfaomega.*
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías. Bogotá, Colombia: Alfaomega.*
- Saldarriaga, J., & Jurado, C. (2008). *"Metodologia de la calibracion de resdes de distribucion de agua potable" XVIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrologia. sociedad Colombiana de ingenieros.*
- SHAMIR, U., & HOWARD, C. (1977). *Engineering analysis of water distribution systems. Journal of American Water Works Association. AWWA, Vol. 69-9, 510-514.*
- TERENCE, M. (1999). *Abastecimiento de agua y alcantarillado. Santa Fe de Bogota, D.C., Colombia: 6 Edicion.*

- *Trifunovic, N. (2006). Introduction to Urban Water Distribution.*
- *VIERENDEL. (1990). ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO.*
- *WALSKI, T. (1983). Technique for calibrating network models. Journal of Water Resources Planning and Management. ASCE, Vol. 109-4, octubre 1983.*
- *WALSKI, T. (Abril 1986). "Case study: Pipe model calibration issues." Journal of Water Resources Planning and Management. ASCE Vol. 112.*
- *Walski, T. (Febrero 1983). Using water distribution system models. En J. o. Association.*
- *Walski, T. (Octubre 1983). Journal of Water Resources Planning and Management. En T. f. models. ASCE Vol. 109.*
- *Walski, T., Chase, D., Savic, D., Grayman, W., Beckwith, S., & Koelle, E. (2007). Advanced Water Distribution Modeling and Management. Bentley Institute Press. primera edicion.*
- *Water Authorities Association y Water Research Centre (1989) "Network Analysis: A Code of Practice." Water Research Centre. (1989).*
- *Ziegler, D., Sorg, P., Fallis, K., Hübschen, L., Happich, J., Baader, R., . . . Oertlé, P. (2011). Guía para la reducción de las pérdidas de agua.*

## Anexos 1

Fotografías tomadas en la toma de datos en campo.









## Anexos 2

PADRON DE BENEFICIARIOS LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASERIO SANJAPAMPA.

<i>N° USUARIOS</i>	<i>NOMBRE Y APELLIDO</i>	<i>CODIGO</i>
1	SALINAS ANTICONA ALBERTO	Z-1
2	ANTICONA GRAUS SANTOS	Z-2
3	MARTHA FLORES PALOMINO	Z-3
4	ANTICONA CRUZ	Z-4
5	ANTICONA CRUZ MANUEL	Z-5
6	IGLESIA "LA HERMOSA"	Z-6
7	ANTICONA PEREZ SANTOS EUSEBIA	NZ-7
8	ANTICONA REYES LAZARO	Z-8
9	FLORES ANTICONA SANTOS CIRILO	Z-9
10	RODRIGUEZ VALERA ANTONIO	Z-10
11	RODRIGUES FLORES IRENE	Z-11
12	RODRIGUEZ FLORES GABRIEL	Z-12
13	FLORES GRAUS TEODORO	Z-13
14	FERNANDEZ YUPANQUI MANUEL	Z-14
15	FLORES ANTICONA JUAN PABLO	Z-15
16	FLORES REYES MIRIAN	Z-16
17	FERNANDEZ OTINIANO PORFIDIO	Z-17
18	FLORES RIOS MARINA	Z-18
19	FLORES OTINIANO GREGORIO	Z-19
20	VILLARREAL BRICEÑO MANUEL	Z-20
21	RUIZ POLO SANTOS CRESPIAN	Z-21
22	VILLARREAL CAIPO JUSTO	Z-22
23	ROJAS VICTORIO WILMER	Z-23
24	VILLARREAL BRICEÑO ROSMERY	NZ-24

25	BARTOLO VICTORIO SELSO	Z-25
26	VILLARREAL CAIPO SANTOS	NZ-26
27	OTINIANO VILLARREAL ELI	Z-27
28	CAIPO CRUZ ESTEBAN	NZ-28
29	FLORES OTIANIANO JUSTO	Z-29
30	CEMENTERIO "SAN FELIPE"	NZ-30
31	RUIZ POLO LORENZO	Z-31
32	RUIZ CRUZ SANTOS	Z-32
33	FLORES POLO TEODORO SAMUEL	Z-33
34	REYES POLO ROSA ADRIANA	NZ-34
35	PEÑA MUDARRA RONAL	NZ-35
36	ANTICONA VILLANUEVA JUAN CARLOS	NZ-36
37	FLORES ANTICONA NARCISO	Z-37
38	AGREDA SANDOVAL MANUEL	Z-38
39	FLORES ANTICONA MOISES	NZ-39
40	COLQUI VICTORIO JUAN	NZ-40
41	FLORES JULCA JOAQUIN	Z-41
42	FLORES RIOS EUSEBIO	Z-42
43	FLORES POLO VALENTIN	Z-43
44	FLORES GONZALES PABLO	Z-44
45	CASTILO CRUZ CLEMENTE	NZ-45
46	GAMBOA OTINIANO SANTOS	NZ-46
47	VASQUEZ PIZAN MARIA	Z-47
48	GAMBOA OTIANIANO JESUS	NZ-48
49	FLORES JULCA GEORGINA	Z-49
50	GAMBOA OTIANIANO PAULA LORENZA	NZ-50
51	FLORES CRUZ NOE	Z-51
52	FLORES RIOS GERONIMO	Z-52
53	FLORES CRUZ ERICK	Z-53
54	GAMBOA CASTAÑEDA JUAN	Z-54
55	MAURICIO MUDARRA MARIANO	Z-55
56	FLORES ANTICONA GENARO	Z-56
57	MENDOZA VICTORIO VIRGILIO	NZ-57
58	VICTORIO PALOMINO MARTIN	Z-58
59	ANTICONA MUDARRA ESPERANZA	NZ-59
60	VICTORIO OTINIANO SANTOS	NZ-60
61	RODRIGUES CRISOLOGO DOMINGO	Z-61
62	VICTORIO OTINIANO NATIVIDAD	Z-62
63	RODRIGUES MUDARRA GEINER	NZ-63
64	ANTICONA VILCA SANTOS	Z-64
65	MAURICIO ANTICONA SANTOS	Z-65
66	CRUZ ARCE SANTIAGO	Z-66
67	MENDOZA CUEVA ANGEL	NZ-67
68	OTINIANO FLORES MARIA REINA	NZ-68
69	ANTICONA JULCA SANTOS	Z-69
70	URIOL FLORES RUBEN	Z-70
71	MUDARRA FLORES AGUSTINA	Z-71
72	URIOL FLORES HEBERT	Z-72
73	MUDARRA FLORES SICILIA	Z-73
74	FLORES POLO MARIA LIDIA	Z-74
75	CENTRO EDUCATIVO N°80037	Z-75
76	VICTORIO OTINIANO BERTILDA	Z-76
77	ROMERO CRUZ AGUSTIN	Z-77
78	CAPILLA "CATOLICA"	NZ-78
79	FLORES OTINIANO JACINTA	NZ-79
80	CASA COMUNAL	Z-80
81	FLORES POLO JUNA RUPERTO	Z-81

82	POLO POLO CLEMENTE	Z-82
83	FLORES OTINIANO SANTOS JUSTO	Z-83
84	PUCLLIA POLO MANUEL	Z-84
85	FLORES OTINIANO NILDEL	NZ-85
86	POLO ACOSTA CESAR	NZ-86
87	ARCE SANDOVAL JUAN	Z-87
88	POLO ACOSTA FILOMENO	Z-88
89	ARCE CALDERON BACILIO	Z-89
90	POLO ARCE SIXTO	Z-90
91	POLO MENDOZA SANTOS	Z-91
92	RIOS GOMEZ GREGORIO	Z-92
93	CRUZ FLORES ROBERTO	Z-93
94	REYES POLO FELIPE	Z-94
95	CRUZ POLO ORLANDO	NZ-95
96	POLO ARCE SANTOS	NZ-96
97	ARCE FLORES MARTHA	NZ-97
98	FLORES REYES MARIO	NZ-98
99	BURGOS VARGAS VELERIO	Z-99
100	ANTICONA ROMERO JUSTO	Z-100
101	VARGAS GAMBOA HEINER	NZ-101
102	ANTICONA SIFUENTES MARLENI	NZ-102
103	JULCA ACICLIA PAULINO	Z-103
104	ANTICONA ROMERO DAVID	Z-104
105	ANTICONA BALLENA SIXTO	Z-105
106	ANTICONA BRICEÑO JUAN	Z-106
107	CRUZ YUPANQUI YOVANA	NZ-107
108	JULCA ANTICONA JACINTA	NZ-108
109	CRUZ YUPANQUI ELA	Z-109
110	JULCA ANTICONA MARIA	NZ-110
111	YUPANQUI NEIRA JUAN JORGE	Z-111
112	JULCA ANTICONA NESTOR	NZ-112
113	POLO CRUZ ANTONIO	Z-113
114	JULCA ACICLIA JOSE	Z-114
115	ALVARADO CARRION JHONY	NZ-115
116	CRUZ ANTICONA GERARDO	Z-116
117	IGLESIA "VOZ D ELA ESPERANZA"	Z-117
118	CRUZ ARCE NICOLASA	NZ-118
119	CRUZ ANTICONA ISSAC	Z-119
120	CRUZ ARCE VIRGILIO NATIVIDAD	NZ-120
121	CRUZ YUAPANQUI ELI	Z-121
122	POLO CRUZ GILMER	NZ-122
123	CRUZ ARCE JAIME	NZ-123
124	CRUZ YUPANQUI NOEMI	Z-124
125	CRUZ ARCE SANTOS	Z-125
126	CRUZ QUISPE FRANCISCO	Z-126
127	FLORES JULCO JULIO	Z-127
128	REYES JIMENES PEDRO	Z-128
129	CRUZ ANTICONA AGUSTINA	Z-129
130	ARCE FLORES ADELMO	NZ-130

### **Anexo 3**

Fichas de Datos tomados en campo

### **Anexo 4**

Planos de la red de distribución de agua potable del Caserio Sanjapampa.

- ❖ PC-01 PLANO CLAVE-\_RDAP-SANJAPAMPA
- ❖ PR- PLANO RAMIFICADO-RDAP-SANJAPAMPA
- ❖ UBS\_SANAJAPAMPA-A2\_Arquitectura UBS



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Polo Acosta, Cesar

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-86 DNI: 71496082

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	11.26 Mca
2		25-10-19	10.21 Mca

OBSERVACIONES:

Polo Acosta  
FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Royes Polo, Felipe

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-94 DNI: 19542713

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	8.80 Mca
2		25-10-19	8.45 Mca

OBSERVACIONES:

Felipe R  
FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Flores Anticona Genaro

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 7-56 DNI: 19821742

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	5.28 Mca
2		25-10-19	6.34 Mca

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Genaro F

FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Polo Polo clemente

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-82 DNI: 19833094

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	10.91 Mca
2		25-10-19	9.50 Mca

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Clemente P

FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Polo Arce Sixto

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-90 DNI: 41008878

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	6.34 mca
2		25-10-19	6.34 Mca

OBSERVACIONES:

FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Flores Gonzales Pablo

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-44 DNI: 45818810

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	4.22 Mca
2		25-10-19	4.93 Mca

OBSERVACIONES:

FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TONA DE DATOS**

USUARIO : Bosco Victorio, Celso Leonardo

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-25 DNI: 42102177

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	13.73 Mcu
2		25-10-19	12.67 Mcu

OBSERVACIONES:

FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TONA DE DATOS**

USUARIO : Flores Obincano, Gregorio

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-19 DNI: 44942681

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	5.78 Mcu
2		25-10-19	6.69 Mcu

OBSERVACIONES:

FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Flores Rios Eusebio

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2.42 DNI: 19328482

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	4.58 Mca
2		25-10-19	4.93 Mca

OBSERVACIONES:

Eusebio Rios  
FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Pucira Polo, Manuel

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2.84 DNI: 42303795

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	9.86 Mca
2		25-10-19	8.10 Mca

OBSERVACIONES:

Manuel Polo  
FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

### TOMA DE DATOS

USUARIO : Fernandez Otiniano, Porfirio  
UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-17 DNI: 45177845

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	5.63 Mca
2		25-10-19	5.98 Mca

OBSERVACIONES:

Fernandez  
FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

### TOMA DE DATOS

USUARIO : Rios Gomez, Gregorio  
UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-92 DNI: \_\_\_\_\_

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24/10/19	5.98 Mca
2		25/10/19	6.34 Mca

OBSERVACIONES:

- No se encuentra al dueño de la vivienda, su hijo nos autoriza poder tomar datos de presión de sus obs.

\_\_\_\_\_  
FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Polo Acosta, Filomeno

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-88 DNI: 4622426

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	9.50 Mca
2		25-10-19	9.15 Mca

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

f. Acosta

FIRMA PROPIETARIO



Tesis: "INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN LA PERDIDA DE PRESION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL CASERIO DE SANJAPAMPA-HUAMACHUCO"

TESISTAS: BRICEÑO VEGA, Jhorden ; INFANTES CARRANZA, Daniel Alfredo

**TOMA DE DATOS**

USUARIO : Victorio Otaziano, Natyvedad

UBICACIÓN : Sanjapampa-Huamachuco Nro: 2-62 DNI: 46077424

Presión : INSTRUMENTO DE MEDIDA - Manometro.

n°	HORA	FECHA	LECTURA (PSI)
1	8:00am - 9:00am	24-10-19	9.15 Mca
2		25-10-19	7.39 Mca

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

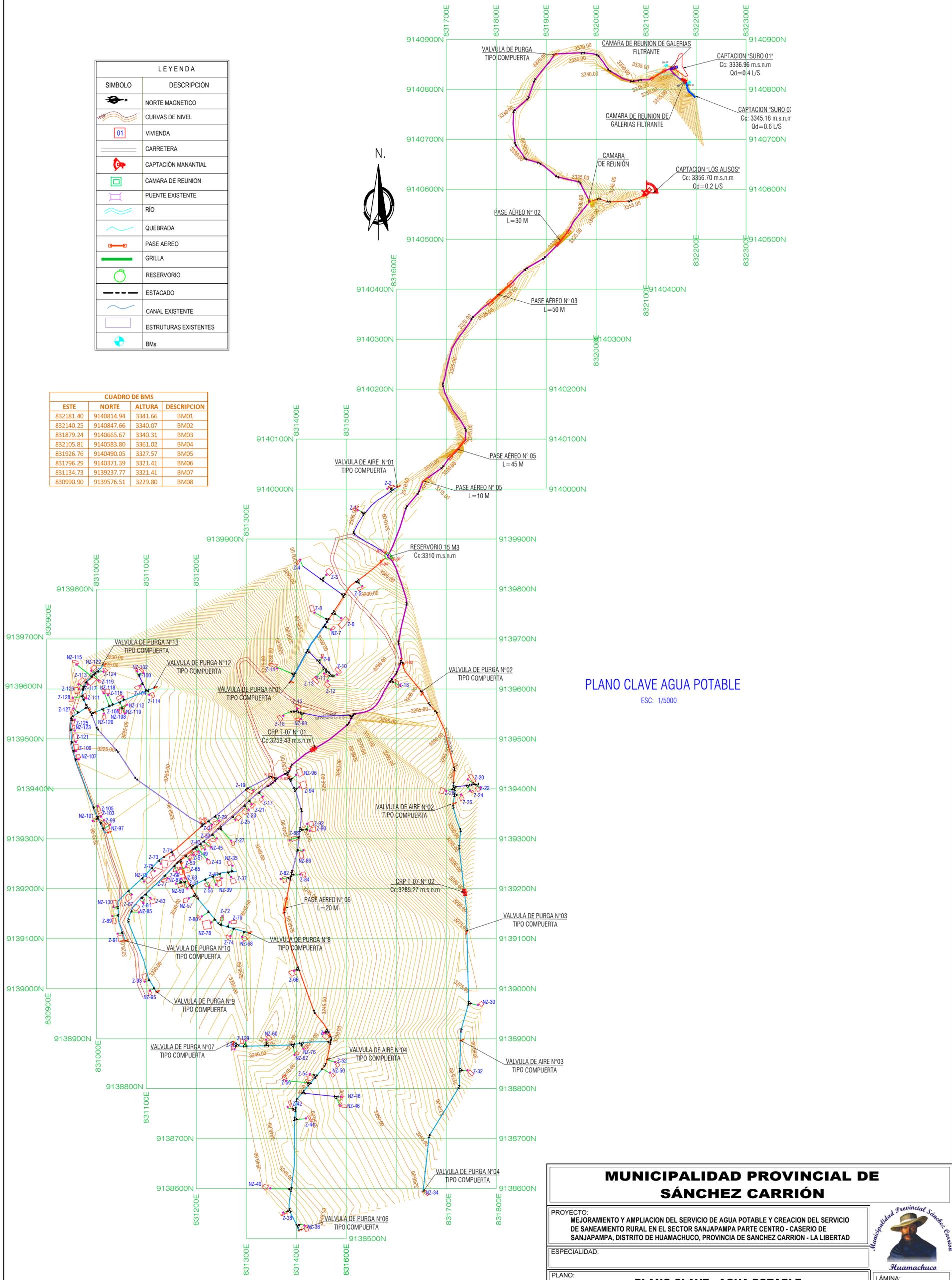
\_\_\_\_\_

N. Otaziano

FIRMA PROPIETARIO

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	NORTE MAGNETICO
	CURVAS DE NIVEL
	VIVIENDA
	CARRETERA
	CAPTACION MANANTIAL
	CAMARA DE REUNION
	PUENTE EXISTENTE
	RIO
	QUEBRADA
	PASE AEREO
	GRILLA
	RESERVORIO
	ESTACADO
	CANAL EXISTENTE
	ESTRUTURAS EXISTENTES
	BMs

CUADRO DE BMS			
ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCION
832181.40	9140814.94	3341.66	BM01
832140.25	9140847.66	3340.07	BM02
831879.24	9140665.67	3340.31	BM03
832105.81	9140583.80	3361.02	BM04
831926.76	9140490.05	3327.57	BM05
831796.29	9140371.39	3321.41	BM06
831134.73	9139237.77	3321.41	BM07
830990.90	9139576.51	3229.80	BM08



PLANO CLAVE AGUA POTABLE  
ESC: 1/5000

<b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SÁNCHEZ CARRIÓN</b>		
PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y CREACION DEL SERVICIO DE SANEAMIENTO RURAL EN EL SECTOR SANJAPAMPA PARTE CENTRO - CASERIO DE SANJAPAMPA, DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD</b>		
ESPECIALIDAD:		
PLANO: <b>PLANO CLAVE - AGUA POTABLE</b>		
UBICACIÓN: CASERIO : SANJAPAMPA DISTRITO : HUAMACHUCO PROVINCIA : SANCHEZ CARRIÓN DEPTO : LA LIBERTAD	PROYECTISTA: ING. LUIS C. ALVAREZ SORIANO JEFE DE AEYP - MPSC: ING. JULIO CARDOZA GARBOZO	FECHA: DICIEMBRE 2016 ESCALA: INDICADA
		 <b>PC-01</b> N° LÁMINA: <b>1 DE 1</b>



CAPTACION 'SURO 01'  
Cc: 3336.95 m.s.n.m  
Qd=0.4 L/S

CAPTACION 'SURO 02'  
Cc: 3345.18 m.s.n.m  
Qd=0.6 L/S

CAPTACION 'LOS ALSOS'  
Cc: 3356.70 m.s.n.m  
Qd=0.2 L/S

CAMARA DE REUNION

RESERVOIRIO 20 M3  
Cc:3310 m.s.n.m

ramal 06

ramal 04

ramal 05

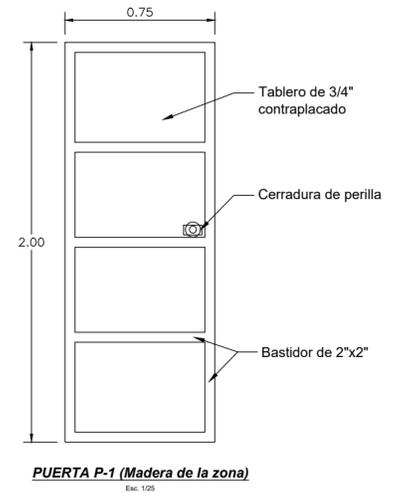
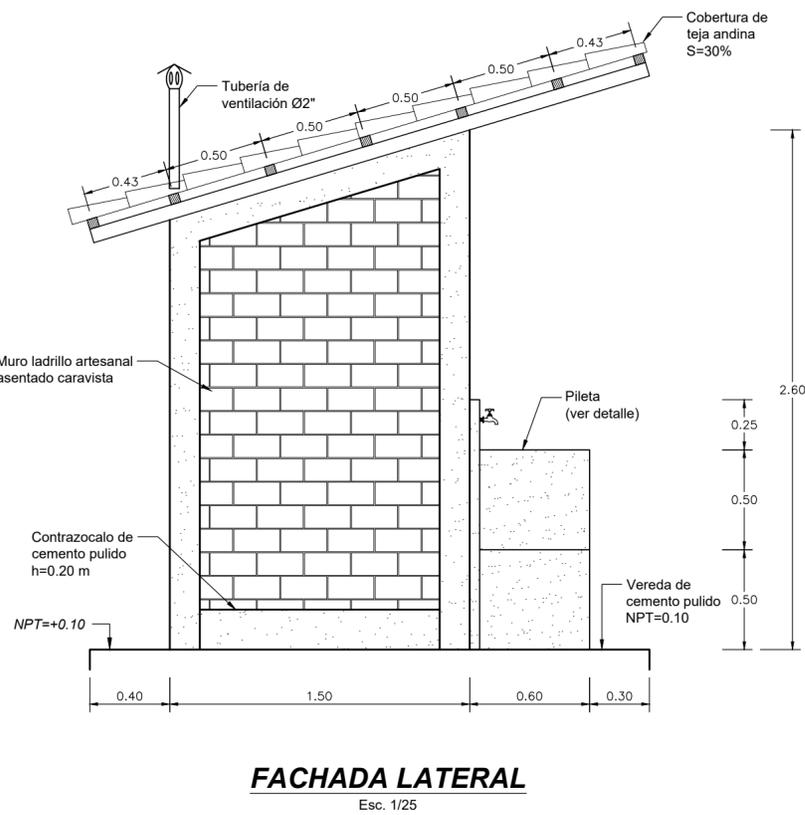
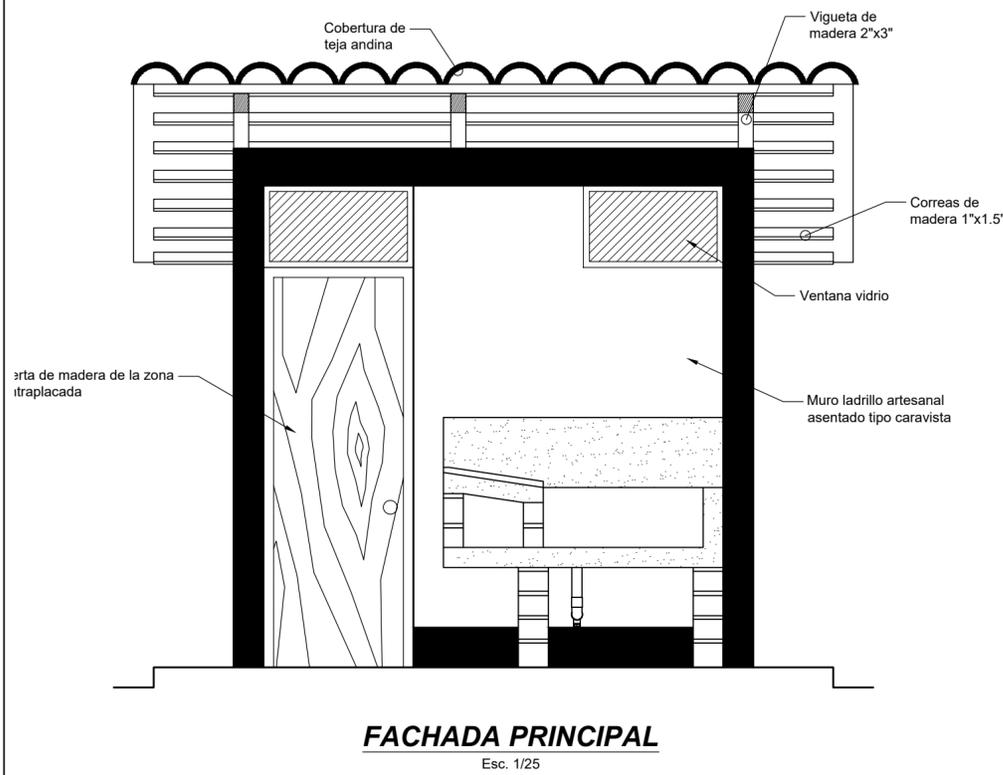
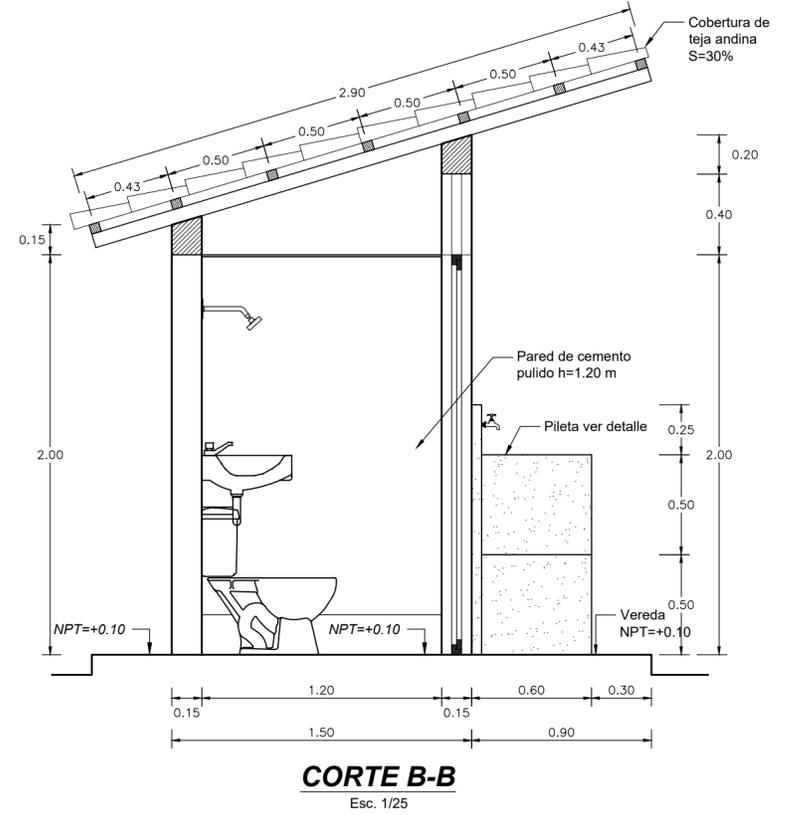
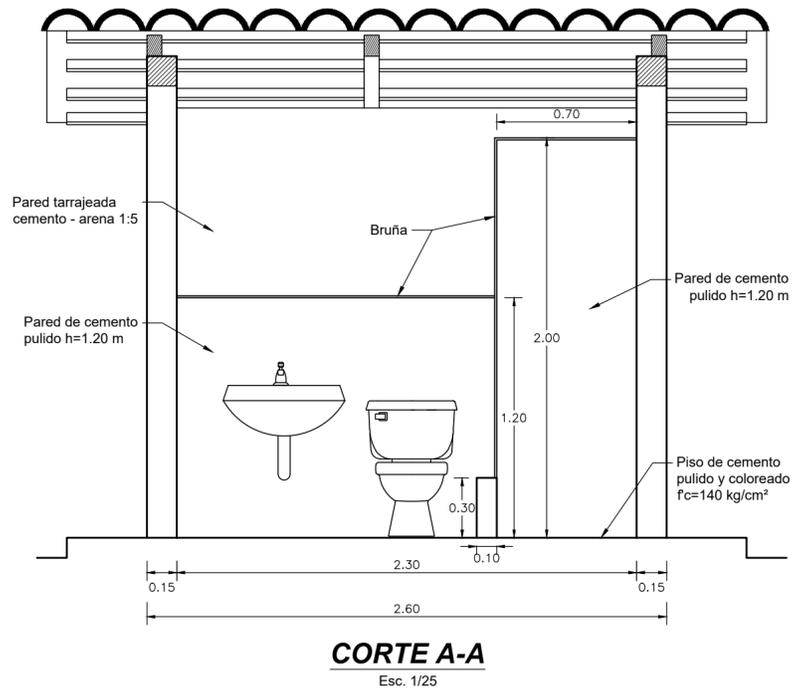
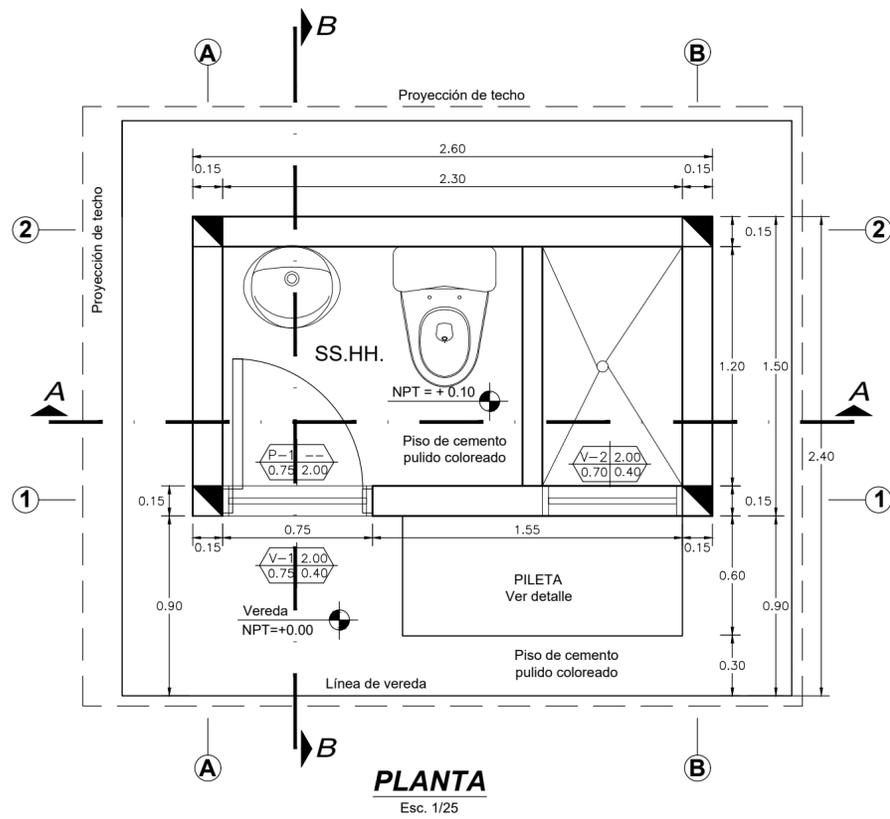
ramal 01

ramal 02

ramal 03

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	NORTE MAGNETICO
	CAMARA REPARTIDORA DE CAUDAL
	RESERVOIRIO APOYADO RECTANG. PROY.
	CAMARA ROMPE PRESION TIPO 7
	LINEAA DE CONDUCCION PVC U/F Ø 63mm (PROYECTADO)
	PVC Ø 1 1/2" (PROYECTADO)
	PVC Ø 1/2" (PROYECTADO)
	PVC Ø 3/4" (PROYECTADO)
	PVC Ø 1" (PROYECTADO)
	VALVULA DE PURGA Ø=VARIABLE
	VALVULA DE AIRE Ø=VARIABLE
	VALVULA DE CONTROL Ø=VARIABLE
	CURVAS DE NIVEL A SM DESNIVEL
	UNIDAD BASICA DE SANEAMIENTO (UBS)
	REDUCCION Ø= VARIABLE
	CASAS EXISTENTES
	CARRETERA EXISTENTE
	CANAL EXISTENTE
	QUEBRADAS
	BENCH MARK (BM)

<b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SÁNCHEZ CARRIÓN</b>			
PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y CREACION DEL SERVICIO DE SANEAMIENTO RURAL EN EL SECTOR SANJAPAMPA PARTE CENTRO - CASERIO DE SANJAPAMPA, DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD			
ESPECIALIDAD:			
PLANO: <b>RAMIFICACION DE TUBERIAS DE AGUA POTABLE</b>			
UBICACION: CASERIO : SANJAPAMPA DISTRITO : HUAMACHUCO PROVINCIA : SÁNCHEZ CARRIÓN DEPTO : LA LIBERTAD	PROYECTISTA: ING. LUIS C. ALVAREZ SORIANO JEFE DE AEPY - MPSC: ING. JULIO CARDOZA GARBOZO	FECHA: DICIEMBRE 2016 ESCALA: INDICADA	 LÁMINA: <b>R-01</b> N° LÁMINA: 1 DE 3



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SÁNCHEZ CARRIÓN**

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y CREACION DEL SERVICIO DE SANEAMIENTO RURAL EN EL SECTOR SANJAPAMPA PARTE CENTRO - CASERIO DE SANJAPAMPA, DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SANCHEZ CARRION - LA LIBERTAD

ESPECIALIDAD:

PLANO: **UBS-ARQUITECTURA**

UBICACIÓN: CASERIO : SANJAPAMPA, DISTRITO : HUAMACHUCO, PROVINCIA : SÁNCHEZ CARRIÓN, DEPTO : LA LIBERTAD

PROYECTISTA: ING. LUIS C. ALVAREZ SORIANO

FECHA: DICIEMBRE 2016

JEFE DE AEYP - MPSC: ING. JULIO CARDOZA GARBOZO

ESCALA: INDICADA

LAMINA: **UBS-01**

1 DE 4