

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**MODELAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED  
GENERAL DE AGUA Y EL RESERVORIO DEL C.P. SAN  
PEDRO DE CARABAYLLO-LIMA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**YURY CASTRO PALOMINO**

**Lima- Perú**

**2015**

Dedico este Informe de Suficiencia a mi Madre Victoria Palomino Najarro quien me da fuerza y fortalece cada día para ser una persona mejor y a mi padre que desde el cielo me sigue cuidando y fue un ejemplo a seguir.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	5
LISTA DE CUADROS .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	12
INTRODUCCIÓN .....	15
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>16</b>
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	16
1.2 CLIMA .....	17
1.3 ACCESO A LA ZONA .....	17
1.4 FUENTE PRINCIPAL DE AGUA .....	18
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	18
1.7 ESTUDIO DE SUELOS .....	20
1.7.1 Investigaciones realizadas .....	21
1.7.1.1 Excavación Geotécnica Directa (calicatas) .....	21
1.7.1.2 Ensayos de Laboratorio .....	21
1.7.2 Reconocimiento Petrográfico Macroscopico .....	22
1.7.3 Conformación del Sub-suelo .....	26
1.7.4 Tipo de Cimentación y profundidad de Cimentación .....	26
<b>CAPÍTULO II: CÁLCULOS PREVIOS</b> .....	<b>29</b>
2.1 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN Y LA CANTIDAD DE LOTES FUTUROS (2024 Y 2034) .....	29
2.2 CÁLCULO DE LA DOTACIÓN Y CONSUMO .....	35
2.2.1 Pérdida de agua .....	36
2.3 CÁLCULO DE LOS CAUDALES BASICOS PARA EL DISEÑO DEL RESERVORIO POR SECTORES: QM, QMD, QMH .....	37
2.4 CAUDALES PARA EL DISEÑO DE LA RED DE CONDUCCIÓN .....	37

2.5	CÁLCULO DE LOS CAUDALES BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE LAS RED DE ADUCCIÓN POR SECTORES: QM, QMD, QMH.....	38
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO HIDRÁULICO DEL RESERVORIO .....</b>		<b>42</b>
3.1	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DEL RESERVORIO RP1 .....	42
3.2	PRE DIMENSIONAMIENTO DEL RESERVORIO RP1 .....	43
3.3	DISEÑO DE LA TUBERÍA DE REBOSE .....	45
3.4	DISEÑO DE LA TUBERÍA DE DESAGÜE O LIMPIA. ....	46
3.5	DISEÑO DE LA TUBERÍA DE VENTILACIÓN .....	48
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA RED GENERAL DE AGUA.....</b>		<b>50</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO, SISTEMA DE ECUACIONES Y SOFTWARE DE APOYO.....	50
4.2	DISEÑO DE LA RED DE CONDUCCIÓN .....	52
4.2.1	Modelamiento de la red de Conducción con el software Watercad.....	54
4.2.2	Línea de gradiente hidráulica de la red de Conducción.....	57
4.3	DISEÑO DE LA RED DE ADUCCIÓN.....	60
4.3.1	Modelamiento de la red de Aducción con el software Watercad.....	62
4.3.1.1	<i>Modelamiento de la red de Aducción con diámetros iniciales en el software Watercad .....</i>	<i>63</i>
4.3.1.2	<i>Modelamiento de la red de Aducción con diámetros óptimos en el software Watercad .....</i>	<i>64</i>
4.3.2	Línea de gradiente hidráulica de la red de Aducción.....	67
<b>CAPÍTULO V: CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS, ACCESORIOS Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS LINEAS DE CONDUCCION Y ADUCCION.....</b>		<b>73</b>
5.1	CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS EN LAS REDES DE CONDUCCIÓN Y ADUCCIÓN.....	73
5.1.1	Tuberías y accesorios para conducción de agua potable para las líneas troncales de sector.....	73

5.1.2	Marcado de Tuberías .....	74
5.1.3	Uniones y sellos para tuberías de Hierro Dúctil.....	75
5.1.4	Accesorios para tuberías de Hierro Dúctil (HD) .....	75
5.1.5	Revestimientos para tuberías de Hierro Dúctil (HD).....	76
5.1.6	Funda de polietileno para protección contra la corrosión.....	77
5.2	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA INSTALACIÓN DE LA RED DE CONDUCCIÓN Y ADUCCIÓN .....	77
5.2.1	Excavaciones.....	77
5.2.2	Refine y Nivelación .....	78
5.2.3	Transporte y Manipulación.....	79
5.2.4	Instalación de la tubería y accesorios de Hierro Dúctil .....	80
5.2.5	Relleno Compactado.....	82
5.2.5.1	<i>Cama de apoyo</i> .....	82
5.2.5.2	<i>Primer relleno</i> .....	83
5.2.5.3	<i>Segundo Relleno</i> .....	83
5.2.5.4	<i>Relleno y compactación de Base y Sub-Base</i> .....	84
5.3	ENSAYOS, INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE LAS TUBERÍAS DE H.D. EN LA RED DE AGUA POTABLE.....	84
5.3.1	Pruebas y Ensayos en fábrica.....	84
5.3.2	Pruebas Hidráulicas de la tubería de H.D. en la línea de Conducción y Aducción.....	85
5.3.3	Desinfección de tuberías.....	87
5.3.4	Prueba de Compactación.....	89
<b>CAPITULO VI: EQUIPAMIENTO HIDRAULICO DEL CUARTO DE MAQUINAS DEL RESERVORIO, LAS CAMARAS DE DERIVACION A Y B, CAMARAS DE EMPALME 1 Y 1A.....</b>		<b>90</b>
6.1	EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DEL CUARTO DE MÁQUINAS DEL RESERVORIO .....	90

6.2	EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO DE LA CÁMARA DE DERIVACIÓN A ...	93
6.3	EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO DE LA CÁMARA DE DERIVACIÓN B ...	95
6.4	EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CÁMARAS DE EMPALME 1 Y 1A.....	96
<b>CAPÍTULO VII: DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS CÁMARAS DE AIRE, PURGA Y CÁMARAS DE SECTORIZACIÓN .....</b>		<b>98</b>
7.1	VÁLVULAS DE AIRE Y PURGA .....	98
7.1.1	Válvulas de Aire.....	98
7.1.2	Válvulas de Purga.....	99
7.1.3	Ubicación de las válvulas de Aire y Purga en la red de Conducción ....	99
7.1.4	Ubicación de las válvulas de aire y purga en la red de Aducción .....	100
7.1.5	Diseño del diámetro de la válvula de Aire .....	100
7.1.6	Diseño del diámetro de la válvula de Purga.....	101
7.2	SECTORIZACIÓN POR MEDIO DE CÁMARAS.....	102
7.3	EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO DE LA CÁMARA DE SECTORIZACIÓN 2 (CS-2).....	103
7.4	EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO DE LA CÁMARA DE SECTORIZACIÓN 1 Y 3 (CS-1 Y CS-3) .....	106
<b>CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>113</b>
8.1	CONCLUSIONES.....	113
8.2	RECOMENDACIONES .....	115
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>117</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>118</b>

## RESUMEN

Presento a consideración de los miembros del jurado el presente Informe de Suficiencia Modelamiento y Optimización de la red general de agua potable y el reservorio del Centro Poblado San Pedro de Carabaylo, situado en el distrito de Carabaylo, provincia y departamento Lima, para optar el título profesional de Ingeniería Civil que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería a nombre de la Nación, en tal sentido se ha elaborado un expediente técnico para suministrar el agua potable al 100% de esta población que asciende a 81,157 habitantes en un periodo de 20 años.

El Centro Poblado San Pedro de Carabaylo, no cuenta con servicios de agua potable, solo en algunos sectores se tienen pilones por unas horas en la mañana y el resto de población tiene que comprar su agua en camiones cisterna.

La zona de estudio se encuentra en 2 zonas, de acuerdo al Plano de catastro de habilitaciones proporcionadas por la entidad Sedapal y al avance de acuerdo a la información proporcionada por el Equipo de Intervención Social y de la Inspección de Campo. Ver anexo N° 1:

Zona Residencial Densidad Media.- Donde actualmente se ubican las habilitaciones involucradas en el presente informe.

Zona Agrícola.- Donde actualmente se ubican las zonas de expansión

Dentro de la zona de estudio se encuentran urbanizaciones que pertenecen a las inmobiliarias que cuentan con los servicios de agua potable y alcantarillado, que cuentan con 2 reservorios con agua que se abastecen de una línea de impulsión de 300mm que provienen de los pozos. Estos reservorios no formaran parte de la oferta del sistema de agua potable ya que tienen sus áreas de influencia definidas.

El presente proyecto permite dotar de agua potable por sectores al CP San Pedro de Carabaylo. Se ha nombrado a los sectores con códigos que los maneja Sedapal, en este estudio se nombró con los códigos 379, 381 y 382 a los sectores

a los cuales se quiere abastecer de agua, para ello se proyectan los 7 rubros siguientes:

- 1.- 2 empalmes de la línea de conducción de D=1000mm
- 2.- 2 Cámaras de Derivación (CD-A y CD-B)
- 3.- Línea de Conducción L= 1,111.28 m
- 4.- Línea de Aducción L= 2,814.30 m
- 5.- 1 Reservoirio (RP-01) con una capacidad de 3000 m<sup>3</sup>
- 6.- 3 Cámaras de Sectorización de agua CS-1, CS2, CS3 que abastecerán a los sectores 381,379 y 382 respectivamente con la demanda del caudal de cada sector.
- 7.- Cámaras de aire y purga en la red de conducción y aducción

**Las Características Principales del diseño son:**

Periodo de diseño red de agua: 20 años

Periodo de diseño Reservoirio: 10 años

Población Actual: 14,852 habitantes

Población futura en 10 años: 44,607 habitantes

Población futura en 20 años: 81,157 habitantes

Dotación:

- |             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| - Doméstico | 21.26 m <sup>3</sup> /conex/mes |
| - Comercial | 61.95 m <sup>3</sup> /conex/mes |
| - Estatal   | 44.68 m <sup>3</sup> /conex/mes |
| - Social    | 44.68 m <sup>3</sup> /conex/mes |

A nivel de proyecto ha sido elaborado buscando la optimización y la durabilidad, para ello se diseñara con materiales adecuados, se usara el módulo Darwin Designer del programa Watercad, el cual diseña el diámetro de las tuberías

buscando que cumpliendo las restricciones Hidráulicas (presiones y velocidad) sea lo más adecuado.

Se utilizó el software en el modelamiento de la red de Conducción y Aducción.

**Red de Conducción.**- se modelo de tal forma que los puntos de empalme se consideraron reservorios por ser la fuente de abastecimiento de agua y las cámaras de derivación A, B y el reservorio RP1 se consideraron como nodos que requieren cierto caudal de salida.

Los puntos de empalme llamados 1 y 1A abastecen a la red de conducción con caudales de 294.52 lps y 342.68 lps respectivamente los cuales se unen en el punto llamado 2, para luego conducir la suma de estos caudales hacia la cámara de derivación A, que es un nodo donde sale un caudal de 422.43 lps hacia el Esquema las Lomas de Carabayllo que no es objeto del proyecto, y conduce un caudal de 214.76 lps dentro de la red de conducción hacia la cámara de derivación B, de esta CDB considerada como nodo sale un caudal de 16.77 lps hacia el Esquema las Lomas de Carabayllo fuera de la red de conducción, y conduce un caudal de 197.99 lps hacia el reservorio RP1. Ver anexo N° 2.

**Red de Aducción.**- Se modelo de tal forma que la fuente de abastecimiento es el reservorio RP1 con un caudal de 435.45 lps y a las 3 cámaras de sectorización se les considera como nodos que requieren un determinado caudal. Ver plano N° 3:

- Cámara de Sectorización 1(CS1): requiere 145.78 lps
- Cámara de Sectorización 2(CS2): requiere 108.77 lps
- Cámara de sectorización 3(CS3): Requiere 180.90 lps

Del reservorio RP1 sale un caudal de 435.45 lps hasta el punto llamado A, del cual sale un caudal hacia la CS1 de 145.78 lps, el cual es el caudal requerido por el sector 381 que abastecerá esa cámara.

Luego del punto A hacia el punto B conduce un caudal de 298.67 lps, luego del punto B conduce un caudal de 108.77 lps hacia la CS2, el caudal conducido a la CS2 es el requerido por el sector 379.

Del punto B sale un caudal de 180.90 lps hacia la CS3, que es el caudal necesario para abastecer al sector 382.

Una vez efectuado el Modelamiento con el software y luego de verificarse que cumplan con los límites permitidos de velocidad y presión se llegó a obtener los diámetros y la clase de las tuberías. Se consideró que las tuberías deben ser de Hierro Dúctil por ser de gran importancia, durabilidad y resistencia ya que son redes principales, solo faltaba definir la clase de la tubería que dependerá de la presión.

Se obtuvieron los siguientes resultados de diámetros:

Red de Conducción.- El diámetro varía según el tramo:

- Del punto de empalme 1 al punto 2: Tubería HD clase k-9 D=300mm
- Del punto de empalme 1A al punto 2: Tubería HD clase k-9 D=300mm
- Del punto 2 a la CDA: Tubería HD clase k-9 D=600mm
- De la CDA al Esquema Lomas: Tubería HD clase k-9 D=600mm
- De la CDA a la CDB: Tubería HD clase k-9 D=450mm
- De la CDB al Esquema Lomas: Tubería HD clase k-9 D=250mm
- De la CDB al RP1: Tubería HD clase k-9 D=400mm

Red de Aducción.- El diámetro varía según el tramo:

- Del RP1 al punto A: Tubería HD clase k-7 D=500mm
- Del punto A a la CS1: Tubería HD clase k-7 D=400mm
- Del punto A al punto B: Tubería HD clase k-7 D=400mm

- Del punto B a la CS2: Tubería HD clase k-7 D=300mm
- Del punto B a la CS3: Tubería HD clase k-7 D=400mm

**Reservorio RP1.**- El volumen de almacenamiento del reservorio debe ser de 3000 m<sup>3</sup> según el volumen requerido, volumen de reserva y contra incendio. Es de forma cilíndrica con techo en forma de cúpula, sus medidas son:

D interior =21.90 m

Altura de tirante de agua: 8.00 m

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1:	Resumen de tasa de crecimiento por los 3 métodos .....	30
Cuadro 2.2:	Población por año por cada método en Carabaylo .....	31
Cuadro 2.3:	Porcentaje de habitabilidad por cada sector .....	31
Cuadro 2.4:	Numero de lotes habitados y no habitados por sector .....	32
Cuadro 2.5:	Numero de lotes habitados por categoria .....	32
Cuadro 2.6:	Población actual y futuro por expansión de cada sector .....	32
Cuadro 2.7:	Población y cantidad de viviendas proyectadas por año del sector 379 .....	33
Cuadro 2.8:	Población y cantidad de viviendas proyectadas por año del sector 381 .....	34
Cuadro 2.9:	Población y cantidad de viviendas proyectadas por año del sector 382 .....	34
Cuadro 2.10:	Consumo para el Estudio .....	35
Cuadro 2.11:	Demanda total para el diseño del reservorio .....	36
Cuadro 2.12:	Demanda total para el diseño de la red de Aducción .....	36
Cuadro 2.13:	Consumo, pérdidas y demanda por sectores .....	37
Cuadro 2.14:	Caudal por tramos en la red de Conducción .....	38
Cuadro 2.15:	Caudales básicos por sectores de la red de Aducción .....	39
Cuadro 2.16:	Caudales básicos que se requiere por año para todo el esquema San Pedro de Carabaylo .....	40
Cuadro 3.1:	Caudales básicos por sector para el diseño del Reservorio .....	42
Cuadro 3.2:	Coeficiente k para la profundidad en función del volumen .....	43
Cuadro 4.1:	Presiones máximas de operación permisible en bar de las tuberías de hierro dúctil .....	51
Cuadro 4.2:	Caudales requeridos y diámetros de la tubería por tramos en la red de Conducción .....	53

Cuadro 4.3:	Elevación de los puntos en la red de Conducción .....	54
Cuadro 4.4:	Resultados de Velocidad según el diámetro por tramos.....	56
Cuadro 4.5:	Resultados del Gradiente Hidráulico y Presiones del Watercad en la red de Conducción .....	57
Cuadro 4.6:	Resultados finales de la red de Conducción.....	57
Cuadro 4.7:	Pérdida de carga de la red de Conducción .....	59
Cuadro 4.8:	Datos de la red de Aducción .....	62
Cuadro 4.9:	Cotas de los puntos clave de la red de Aducción.....	62
Cuadro 4.10:	Diámetros asumidos inicialmente en la red de Aducción.....	63
Cuadro 4.11:	Diámetros óptimos de la red de Aducción .....	64
Cuadro 4.12:	Diámetros Finales por tramos en la red de Aducción .....	66
Cuadro 4.13:	Resultados del Gradiente Hidráulico y Presiones del Watercad en la red de Aducción .....	66
Cuadro 4.14:	Resultados definitivos en la red de Aducción .....	66
Cuadro 4.15:	Pérdida de carga de la red de Aducción.....	67
Cuadro 7.1:	Válvulas de Aire según diámetros de tubería .....	100
Cuadro 7.2:	Diámetro de la tubería de descarga de la Válvula de Purga según diámetro de la matriz.....	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Ubicación geográfica del área en estudio .....	17
Figura 1.2:	Esquema gráfico de la captación de agua.....	18
Figura 1.3:	Descripción gráfica del proyecto .....	20
Figura 1.4:	Exploraciones realizadas en el cerro donde se va a construir el RP-1 .....	23
Figura 1.5:	Calicata 23-terreno normal-Calicata 50 .....	25
Figura 1.6:	Calicata 12-terreno normal con desmonte-Calicata 14 .....	25
Figura 1.7:	Calicata 204-terreno tipo II rocoso .....	26
Figura 2.1:	Curva Población vs Método por año .....	31
Figura 2.2:	Curva Oferta vs Demanda de caudal en l/s por año .....	41
Figura 3.1:	Ubicación del reservorio proyectado RP-01 .....	45
Figura 3.2:	Tubería de Rebose y Limpia .....	48
Figura 3.3:	Niveles en el reservorio RP1.....	49
Figura 4.1:	Tubería Push-On de Hierro Dúctil .....	51
Figura 4.2:	Diagrama de la red de Conducción.....	53
Figura 4.3:	Modelamiento de la línea de Conducción en el Watercad.....	55
Figura 4.4:	Resultados por Nodos con el software Watercad en la red de Conducción.....	55
Figura 4.5:	Resultados por tramos con el software Watercad en la red de Aducción.....	56
Figura 4.6:	Línea de gradiente hidráulica de la red de Conducción.....	59
Figura 4.7:	Diagrama de la línea de conducción con diámetros definitivos....	60
Figura 4.8:	Diagrama de la red de Aducción .....	62
Figura 4.9:	Resultados del modelamiento por puntos con los diámetros iniciales en el Watercad .....	63

Figura 4.10:	Resultados del modelamiento por tramos con los diámetros iniciales en el Watercad .....	64
Figura 4.11:	Resultados del modelamiento por puntos con los diámetros óptimos en el Watercad.....	65
Figura 4.12:	Resultados del modelamiento por tramos con los diámetros óptimos en el Watercad.....	65
Figura 4.13:	Línea de Gradiente de los puntos RP1, A y CS1 del software Watercad.....	68
Figura 4.14:	Línea de Gradiente Hidráulica de la red de Aducción del tramo RP1 a la CS1 .....	69
Figura 4.15:	Línea de Gradiente de los puntos RP1, A, B y CS2 del software Watercad .....	69
Figura 4.16:	Línea de Gradiente Hidráulica de la red de aducción del tramo RP1 a la CS2 .....	70
Figura 4.17:	Línea de Gradiente de los puntos RP1, A, B y CS3 del software Watercad .....	71
Figura 4.18:	Línea de Gradiente Hidráulica de la red de Aduccion del tramo RP1 a la CS3 .....	72
Figura 4.19:	Diagrama final de la red de Aducción.....	72
Figura 5.1:	Accesorios de Hierro Dúctil.....	76
Figura 5.2:	Revestimiento de tuberías de Hierro Dúctil .....	77
Figura 5.3:	Funda de polietileno alrededor del tubo de Hierro Dúctil .....	77
Figura 5.4:	Excavación y manipulación de la tubería de Hierro Dúctil .....	79
Figura 5.5:	Tubería de hierro dúctil instalada .....	81
Figura 5.6:	Anclaje de Accesorios de Hierro Dúctil.....	82
Figura 5.7:	Relleno compactado por capas .....	84
Figura 5.8:	Prueba Hidráulica a Zanja Tapada.....	87
Figura 5.9:	Prueba de desinfección con clorinador.....	88
Figura 5.10:	Prueba de Compactación con Densímetro Nuclear.....	89

Figura 6.1:	Bypass del cuarto de la línea de Conducción y Aducción.....	90
Figura 6.2:	Válvula Reductora de presión y control Solenoide .....	91
Figura 6.3:	Ingreso de la línea de conducción al reservorio .....	92
Figura 6.4:	Medidor de caudal electrónico.....	93
Figura 6.5:	Cámara de derivación A (CD-A).....	95
Figura 6.6:	Cámara de Derivación B (CD – B) .....	96
Figura 6.7:	Cámara de empalme 1 y 1A.....	97
Figura 7.1:	Válvula de Aire triple acción.....	98
Figura 7.2:	Ubicación de Válvula de Aire y Purga en la línea de Conducción... .....	99
Figura 7.3:	Ubicación de la Válvula de Aire y Purga en la línea de Aducción. .....	100
Figura 7.4:	Corte vertical de la cámara de Aire .....	101
Figura 7.5:	Corte vertical de la cámara de Purga .....	102
Figura 7.6:	Vista en planta de la cámara de Sectorización 2.....	105
Figura 7.7:	Vista de corte vertical de la cámara de Sectorización 2.....	105
Figura 7.8:	Vista en planta de la cámara de Macro Medición.....	106
Figura 7.9:	Vista corte vertical de la cámara de Macro Medición.....	107
Figura 7.10:	Válvula reductora de Presión anular motorizada .....	108
Figura 7.11:	Vista en planta de la cámara de Control.....	108
Figura 7.12:	Vista en corte vertical de la cámara de Control.....	109
Figura 7.13:	Vista en planta de la cámara de válvula de Aire.....	109
Figura 7.14:	Vista en corte vertical de la cámara de válvula de Aire.....	110
Figura 7.15:	Union autportante 3 bridas.....	110
Figura 7.16:	Manómetro de presión de glicerina de 0 a 200 psi.....	111
Figura 7.17:	Transductor de presión electrónico .....	112

## INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Suficiencia trata sobre el diseño y optimización de la red general de agua potable, además de hacer el diseño hidráulico del reservorio y las cámaras de sectorización, derivación, aire y purga para que pueda abastecer los caudales que requieren los sectores del Centro Poblado San Pedro.

Se va a diseñar solo las redes generales de agua, desde el punto de captación hacia el reservorio (red de conducción), y desde el reservorio hasta las cámaras de sectorización (red de aducción).

Con la demanda de población futura, cantidad de lotes habitados y dotación se calculara el caudal que necesita cada cámara de sectorización, y sumando los caudales por sectores se podrá calcular el volumen del reservorio.

En este estudio no solo se captara el agua para el esquema San Pedro, también se dejara puntos de fuentes de agua controladas con cámaras de Derivación hacia el otro esquema que tiene por nombre Las Lomas de Carabaylo, que posteriormente el otro proyecto empalme hacia las salidas de agua que se les estaria dejando en las cámaras de Derivación A y B.

## CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

Este capítulo trata sobre la descripción del proyecto y la zona de estudio, además de dar a conocer sus características para comprender las necesidades y el porqué de la elaboración del proyecto; Modelamiento y Optimización de la red de agua potable y el Reservorio del C.P. San Pedro de Carabayllo-Lima y es parte del proyecto Ampliación y Mejoramiento de los sistemas de Agua potable y Alcantarillado para el esquema San Pedro de Carabayllo

### 1.1 Ubicación geográfica

El Proyecto se desarrolla al norte de la ciudad de Lima, en el departamento y provincia de Lima en el distrito de Carabayllo. Sus coordenadas son:

Geográficamente la zona en estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM:

Norte: 8'693,000 – 8'686,000

Este: 282,000 – 276,000

El Esquema San Pedro, tiene un área aproximada de 310 Ha, gran parte de dicha área aún corresponde a terrenos de cultivo. La topografía de la zona se desarrolla entre las cotas topográficas 330.00 y 200.00 m.s.n.m. La ubicación geográfica del proyecto es:

Por el Norte	Con las parcelas limítrofes correspondientes al fundo Pascal y Suche.
Por el Noreste	Con Urb. San Antonio de la Inmobiliaria Menorca
Por el Sur y Sureste	Con el Río Chillón

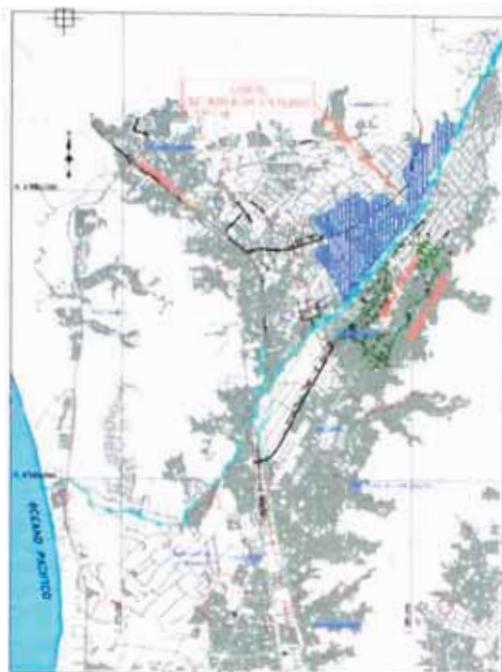


Figura 1 1 – Ubicación geográfica del área en estudio Ver anexo N° 1

## 1.2 Clima

Tiene clima semi-cálido y muy seco, este clima se presenta en la parte baja de la cuenca del río Chillón entre el nivel del mar y los 600 msnm, coincidente con la zona de estudio con un rango de temperatura entre 18 y 24 °C. En ella ocurre una escasa precipitación a lo largo de todo el año muy esporádicamente se presenta inviernos crudos con lloviznas durante dichos meses. Si bien, este ámbito está caracterizado como muy seco, en los meses de invierno la humedad relativa es bastante alta, lo que da una sensación de alta humedad atmosférica, lo que unido al colchón de nubes que se presenta sobre Lima, hace que dicho clima (en este periodo) no sea agradable.

## 1.3 Acceso a la zona

Del Bypass de puente piedra hacia el Este son 5 kilómetros, existe una Avenida que se llama Saco Rojas que esta asfaltada en una vía y que llega desde el Bypass de puente piedra hasta el centro del C.P. San Pedro de carabayllo. Ver plano N° 1.

## 1.4 Fuente Principal de agua

Las habilitaciones que conforman el Esquema San Pedro de Carabayllo no tienen servicio de agua potable (redes, conexiones) actualmente se abastecen mediante camiones cisternas. Ver plano N° 2

Existe instalada una red primaria de agua potable que viene del proyecto Chillón (Línea de Conducción 4A Huacoy – Ancón) y que forman parte de la fuente de abastecimiento para este Esquema, esta matriz pasa por la Av. José Saco Rojas hasta Puente Piedra.

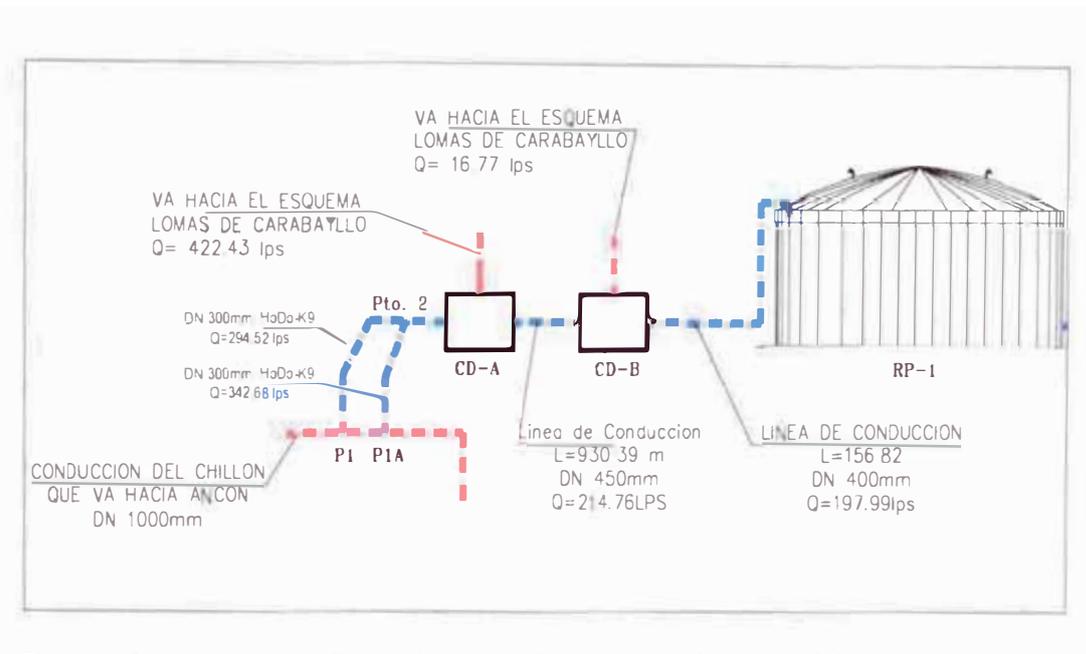


Figura 1.2 - Esquema gráfico de la captación de agua. Ver anexo N° 2.

Se observa del gráfico que se ha colocado diámetros a la tubería de conducción, estos diámetros son los del perfil lo cual verificaremos con cálculos.

## 1.5 Descripción del proyecto

De la Línea de conducción existente y proporcionada por la entidad Sedapal se hará 2 empalmes mediante tuberías de H.D. por intermedio de 2 cámaras, Empalme 1 (CT-1) y Empalme 1A (CT-2), las cuales conducirán por gravedad un caudal de 637.19 lps, en total, que es el caudal ofertado por Sedapal.

Este caudal será conducido mediante una línea de conducción hasta el ingreso a la Cámara de Derivación A (CD-A) donde se repartirá el caudal para el Esquema

Las Lomas de Carabaylo 422.43 lps y 214.76 lps hacia la cámara de Derivación B (CD-B), la cual conducirá un caudal de 16.77 lps para el Esquema Las Lomas de Carabaylo y 197.99 lps para el reservorio RP-1 que abastecerá a todo el Esquema San Pedro de Carabaylo 197.99 lps mediante una línea de conducción.

Sólo se dejara puntos de alimentación que serán controladas por medio de válvulas que estarán dentro de las cámaras de derivación para el esquema Lomas de Carabaylo ya que no está dentro de este estudio.

El reservorio RP-1 abastecerá de agua a 3 cámaras de sectorización mediante la red de Aducción de tuberías de Hierro Dúctil (H.D.), cada cámara de sectorización funcionara independiente una de la otra, es decir que se controlara el caudal en cada cámara por separado de las otras, siendo las 3 cámaras alimentadas por el reservorio RP-1.

Cada cámara de sectorización abastecerá a un sector de la población mediante redes secundarias a través de tuberías de PVC:

CS-1: Sector 381

CS-2: Sector 379

CS-3: Sector 382

El Reservorio que abastecerá sólo al Esquema San Pedro de Carabaylo deberá ser capaz de abastecer la demanda de toda la población y el volumen contra incendio. Se calculara la demanda en cada sector y se calculara el caudal para cada cámara de sectorización.

En este estudio se modelará las redes generales de agua potable mas no las redes secundarias que corresponden a otro estudio, para así poder diseñar las cámaras de Sectorización así como las cámaras de Derivación y las cámaras de empalme llamadas Tapping, y sus correspondientes cámaras de aire y purga donde sea necesario para que funcione correctamente el sistema.

Para el diseño y ubicación de las cámaras y el Reservorio se contará con la entrega de terreno de la entidad Sedapal y se hará un estudio previo para obtener

el CIRA (Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos) y así poder construir las estructuras y las líneas de agua, además en la etapa de ejecución se deberá contar con arqueólogos que estén permanentes en la obra y coordinarán con los Arqueólogos del ministerio de cultura.

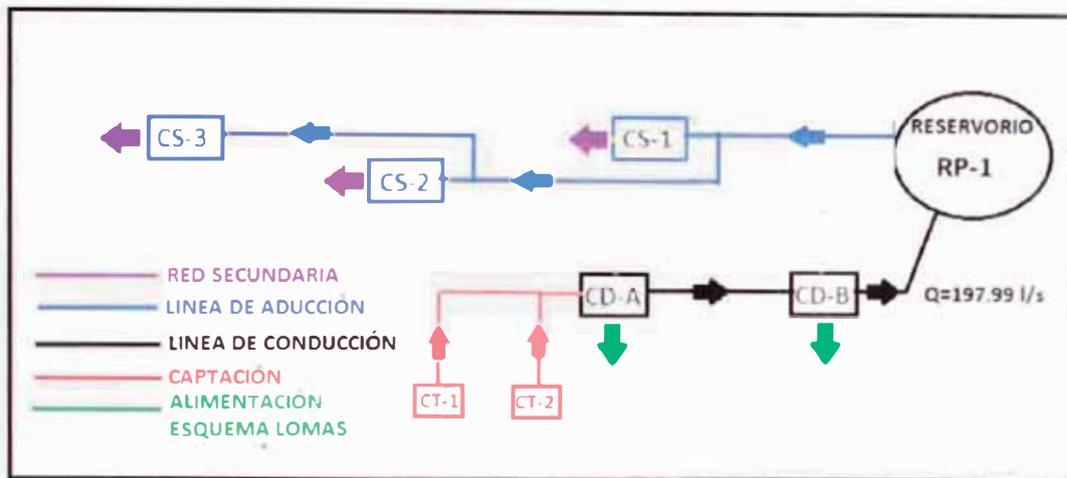


Figura 1.3 - Descripción gráfica del proyecto. Ver anexo N° 1.

## 1.6 Estudio de Suelos

Se hizo la verificación de las condiciones geológicas y geotécnicas del suelo de fundación, para las estructuras proyectadas siguientes: reservorio proyectado RP1, redes matrices y secundarias de agua potable y alcantarillado, y conexiones domiciliarias. Para ello se realizaron trabajos de laboratorio, campo y gabinete, que incluyeron la excavación de 210 calicatas obteniendo de ella muestras de suelo para ser analizadas en laboratorio y obtener las propiedades físico-químicas, conocer la estratigrafía y poder realizar las recomendaciones necesarias para la cimentación de las estructuras proyectadas.

Para el caso de las obras lineales, estos resultados permitirán definir las actividades del proceso constructivo dependiendo del tipo de suelo encontrado, (suelo normal, semi-rocoso o rocoso).

Para el caso de las obras no lineales como reservorio apoyado y cámaras se determinarán los parámetros de resistencia del suelo para el cálculo de la

capacidad portante admisible del terreno para absorber las diferentes sollicitaciones de carga.

## **1.7.1 Investigaciones realizadas**

### **1.7.1.1 Excavación Geotécnica Directa (calicatas)**

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se ejecutaron 221 calicatas a cielo abierto, asignándole desde C-1 a C-221 los cuales fueron ubicados convenientemente en todas las zonas que conforman las habilitaciones en ampliación.

### **1.7.1.2 Ensayos de Laboratorio**

#### **Ensayos Estándar**

Con las muestras alteradas obtenidas de las calicatas, se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos y de propiedades físicas consistentes en:

- Granulometría por Tamizado
- Límites de Consistencia
- Clasificación Unificada de Suelos SUCS
- Contenido de Humedad

Estos ensayos permitieron la elaboración del perfil estratigráfico y su posterior Sectorización.

#### **Ensayos Químicos**

Para determinar la agresividad del suelo a la cimentación, se efectuaron ensayos químicos tales como:

Contenido de Sales Solubles Totales

Contenido de Cloruros solubles

Contenido de Sulfatos

PH

Los ensayos químico de sales agresivas al concreto fue realizada en el Laboratorio de Análisis de Agua y Suelo de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la

Universidad Agraria La Molina, bajo las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM).

### **Ensayos especiales**

Para obtener los parámetros que permitan evaluar la resistencia del manto rocoso se obtuvo muestras de roca, para realizar los ensayos de carga puntual y compresión simple, asimismo para obtener los parámetros que permitan calcular la capacidad portante del suelo de fundación de las cámaras a construir, se obtuvieron muestras inalteradas para realizar ensayos de corte directo.

Los ensayos mencionados fueron realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Agraria de La Molina

### **En rocas**

Compresión Simple

Carga Puntual

### **En suelo**

Corte Directo

## **1.7.2 Reconocimiento Petrográfico Macroscópico**

En las zonas altas en las que se proyecta construir los reservorios y cercos se realizó un reconocimiento del terreno y de la conformación de la roca que subyace, observándose lo siguiente:

### **Reservorio RP-1 y Cerco Perimétrico:**

Dichas estructuras se ejecutarán sobre un terreno rocoso conformado por roca sedimentaria del tipo caliza.

Dicho terreno tiene una primera capa está conformada por la roca meteorizada superficialmente generando una matriz arcillosa y gravosa firme, siendo el espesor promedio de 1.70 m, luego del cual se encuentra la roca más resistente.

Para clasificar la roca subyacente nos valemos de las siguientes características:

Clivaje: Perfecto; El cristal se rompe en cualquier lugar por direcciones determinadas, formando superficies planas.  
Dureza: Blandos; se rayan fácil con navaja  
Efervescencia: Al contacto con ácido clorhídrico  
Tipo de roca: Roca sedimentaria  
Nombre: Caliza



Figura 1.4 – Exploraciones realizadas en el cerro donde se va a construir el RP1

### 1.7.3 CONFORMACION DEL SUBSUELO

De acuerdo a la descripción del perfil estratigráfico y al análisis efectuado se ha realizado una sectorización del área del proyecto, teniendo en consideración las características físicas de los suelos encontrados.

Tomando como referencia el capítulo III Excavaciones de las ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA EJECUCION DE OBRAS DE SEDAPAL, en el numeral 7 CLASIFICACION DE TERRENOS se indica:

Para los efectos de la ejecución de las obras de saneamiento para le Empresa, se consideran los siguientes tipos de terrenos básicos:

a) Terreno normal: Son los que pueden ser excavados sin dificultad a pulso y/o con equipo mecánico pueden ser:

a.1. Terreno normal deleznable suelto: Conformado por materiales sueltos tales como: arena, limo, arena limosa, gravillas, etc. que no pueden mantener un talud estable superior de 5:1.

a.2 Terreno normal consolidado o Compacto: Conformado por terrenos consolidados tales como: hormigón compacto, afirmado o mezcla de ellos, etc, los cuales pueden ser excavados sin dificultad a pulso y/o con equipo mecánico.

b) Terreno semi-rocoso: El constituido por terreno normal, mezclado con bolonería de diámetros de 200 mm hasta (\*) y/o con roca fragmentada de volúmenes 4 dm<sup>3</sup> hasta (\*\*) y, que para su extracción no se requiera el empleo de equipos de rotura y/o explosivos.

c) Terreno de Roca descompuesta: Conformado por roca fracturada, empleándose para su extracción medios mecánicos y en que no es necesario utilizar explosivos.

d) Terreno de Roca Fija: Compuesto por roca ígnea o sana, y/o bolonería mayores de (\*) diámetro, en que necesariamente se requiere para su extracción de explosivos o procedimientos especiales de excavación.

e) Terreno Saturado: Es aquel cuyo drenaje exige un bombeo ininterrumpido con caudal superior a un litro por segundo (1 lt/seg) por 10 ml de zanja o por veinte 20 m<sup>2</sup> de superficie.

(\*) 500 mm = Cuando la extracción se realiza a pulso

750 mm = Cuando la extracción se realiza con cargador frontal o equipo similar

(\*\*) 66 dm<sup>3</sup> = Cuando la extracción se realiza a pulso

230 dm<sup>3</sup> = Cuando la extracción se realiza con cargador frontal o equipo similar.

Para el estudio se ha encontrado los siguientes tipos de terreno:

TERRENO TIPO I: (Normal)

Este tipo de terreno se encuentra en toda la zona de trabajo a excepción de la parte del cerro.

Este terreno se logró delimitar en base a las exploraciones realizadas en campo. Estos tipos de terreno se encuentran hasta una profundidad promedio de 2m a 2.5m. El terreno está conformado por suelos con arcillas, gravas con limos, gravas mal gradadas, arena limosa, arena con limo, ligeramente húmedo, de compacidad firme.

De acuerdo a la geología de la zona y en base a las calicatas efectuadas subyacen por debajo de los 2m de profundidad en promedio, depósitos aluviales reciente.

Dentro del terreno tipo I, se ha encontrado ciertas aéreas que involucran existencia de desmontes provenientes de rellenos, basura o restos de ladrillos.



Figura 1.5 – Calicata 23 - Terreno Normal - Calicata 50



Figura 1.6 – Calicata 12 - Terreno Normal con desmonte - Calicata 14

## TERRENO TIPO II: (Rocoso)

Este sector corresponde a las calicatas realizadas en el reservorio RP1.

En el cerro que se proyectará la ejecución del reservorio RP-1, se observa un terreno conformado por roca sedimentaria del tipo Caliza, superficialmente meteorizada que genera una matriz de arcilla y grava arenosa firme, y a partir de una profundidad promedio de 1.70 m. se tiene la misma roca más compacta.



Figura 1.7 – Calicata 204 - Terreno tipo II Rocoso

### Descripción de la conformación del subsuelo para cada estructura

Reservorio RP-01: Esta estructura se encuentra sobre un terreno eminentemente rocoso, con una roca clasificada como sedimentaria del tipo Caliza, superficialmente meteorizada hasta una profundidad promedio de 1.70 m.

**Línea de Conducción:** Estas estructura se encuentran sobre un terreno normal, con presencia de arcilla y arena

#### 1.7.4 Tipo de Cimentación y Profundidad de Cimentación

Basado en los trabajos de campo y perfiles estratigráficos y característica de la estructura a construir, se recomienda cimentar:

Terreno tipo I (Normal)

Líneas, Redes de Agua y Alcantarillado: Se recomienda cimentar sobre el suelo natural de arcillas, gravas sub angulosas arenosas, a la profundidad mínima de 1.20 m.

### Terreno tipo II (Rocoso)

Reservorio Proyecto RP-1, El reservorio RP-01 se recomienda cimentar sobre la roca sedimentaria del tipo Caliza a la profundidad de cimentación mínima de:  $D_f = 1.70\text{m}$ , con respecto a la cota del terreno obtenida luego del cortar el cerro para obtener una superficie plana, con una cimentación superficial del tipo losa armada de forma circular.

Para las obras menores, tales como son caseta y cerco perimétrico, se recomienda cimentar a la profundidad de cimentación mínima de:  $D_f = 1.00\text{m}$ , con respecto a la cota natural, utilizando una cimentación superficial del tipo zapata corrida.

Los parámetros de capacidad portante de la roca se han obtenido luego de haberse realizado los ensayos de carga puntual y compresión simple, y considerando el estado de meteorización de la roca, fracturamiento, diaclasamiento, espesor de juntas, relleno de juntas, RQD de la roca, resistencia a la compresión uniaxial, peso volumétrico, etc. Según la clasificación de Biewnaski, la roca andesita tiene un RMR igual a 62, correspondiéndole una clasificación de roca de clase III (de I a V), que para fines de cimentación es una roca de regular resistencia.

Por lo tanto la capacidad portante admisible de la roca efectuando criterios conservadores se ha adoptado para los dos reservorios el valor de:  **$Q_{adm} = 4.00 \text{ kg/cm}^2$** . Este valor se podrá utilizar para el diseño de las estructuras como los reservorios RP-1 y Cerco Perimétrico. De lo expuesto podemos concluir lo siguiente:

En el caso de la cimentación del reservorio RP-01 y el cerco perimétrico se recomienda considerar una profundidad de cimentación de 1.00 m. mínimo por debajo del nivel del terreno natural, hasta llegar al macizo rocoso. La estructura de cimentación del RP-01 se recomienda una platea de cimentación y en el caso del cerco perimétrico una cimentación corrida.

Los parámetros para el cálculo de la capacidad portante del suelo en que se construirán las demás obras como cámaras de Sectorización, cámaras de

empalme Tapping, cámaras de derivación, cámara de aire y purga han sido obtenidas luego del ensayo de corte directo a dos muestras a 2.40 m y 3.00 m.

Los valores de la capacidad portante, resultan en: Para la cámara de sectorización (3.71 kg/cm<sup>2</sup>), para la cámara de derivación (4.25 kg/cm<sup>2</sup>), para la cámara tapping (4.45 kg/cm<sup>2</sup>), para las cámaras de Aire y purga (0.72 a 0.83 kg/cm<sup>2</sup>), para las líneas de Conducción y Aducción (2.47 kg/cm<sup>2</sup>), siendo los asentamientos calculados menores a 0.026 cm, lo que no infiere problema alguno a las estructuras.

## CAPÍTULO II. CÁLCULOS PREVIOS

En este capítulo debemos realizar los cálculos necesarios para poder diseñar el reservorio, la línea de rebose, las líneas principales de agua potable, los caudales necesarios por sectores. Son cálculos que en los diseños posteriores se tomara como datos.

### 2.1 Calculo de la población y la cantidad de lotes futuros (2024 y 2034)

De acuerdo a los resultados de la encuesta socio-económico del Perfil (SNIP 45691) denominado “Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Esquema de San Pedro de Carabaylo” aplicada a la población, se estimó una densidad actual de 4.73 habitantes por vivienda, la cual ha sido considerada en el presente estudio.

Para determinar la tasa de crecimiento se realizó en función de los últimos 4 censos del INEI en el Distrito de Carabaylo, dicha información fue proporcionada por dicha institución en la Etapa del Perfil (SNIP 45691) y revisada por el Grupo SNIP de SEDAPAL y la OPI – FONAFE.

Censo Año 1972	27,847 habitantes
Censo Año 1981	52,800 habitantes
Censo Año 1993	106,543 habitantes
Censo Año 2007	213,386 habitantes

Se procederá hacer la evaluación con los datos estadísticos y los métodos; aritmético, interés simple y geométrico:

M. Aritmético  $P_f = P_o * (1 + r*t)$

M. Interés simple  $P_f = P_o + r*t$

M. Geométrico  $P_f = P_o * (1 + r)^t$

Tomando como datos:

1. Población en los años 1972 (27,847 hab.) y 1981 (52,800 hab.)

Resolviendo por los 3 métodos mencionados anteriormente nos dan las siguientes tasas de crecimiento:

- M. Aritmético  $r_1 = 0.100$  anual
- M. Interés simple  $r_1 = 2772.556$  anual
- M. Geométrico  $r_1 = 0.074$  anual

2. Población en los años 1981 (52,800 hab.) y 1993 (106,543 hab)

Resolviendo por los 3 métodos mencionados anteriormente nos dan las siguientes tasas de crecimiento:

- M. Aritmético  $r_2 = 0.085$  anual
- M. Interés simple  $r_2 = 4478.583$  anual
- M. Geométrico  $r_2 = 0.060$  anual

3. Población en el año 1993 (106,543 hab.) y 2007 (213,386 hab.)

Resolviendo por los 3 métodos mencionados anteriormente nos dan las siguientes tasas de crecimiento:

- M. Aritmético  $r_3 = 0.072$  anual
- M. Interés simple  $r_3 = 7631.643$  anual
- M. Geométrico  $r_3 = 0.051$  anual

Tomando los promedios de las tasas de crecimiento para cada método obtenemos el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.1 - Resumen de tasa de crecimiento por los 3 métodos**

METODO	r (anual)
Aritmético	0.085
Interés simple	4,960.927
Geométrico	0.062

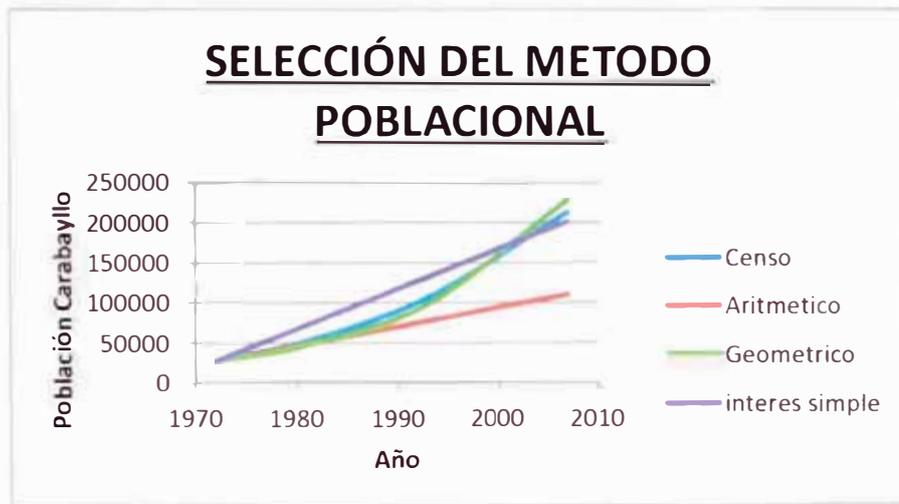
Fuente: Elaboración propia

Calculando las poblaciones con el promedio de las tasas de crecimiento para cada método:

**Cuadro 2.2 - Población por año por cada método en Carabayllo:**

Año	POBLACIÓN			
	Censo	Aritmético	Interés simple	Geométrico
1972	27,847	27,847	27,847	27,847
1981	52,800	49,150	72,495	47,852
1993	106,543	77,554	132,026	98,490
2007	213,386	110,692	201,479	228,632

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.1 - Curva Población vs Método por año**

De la figura 2.1 se observa que el método que más se acerca a la población del censo es el método Geométrico, por lo que se toma como referencia este método,  $r = 0.062$  para hallar la población futura para dentro de 10 y 20 años.

Proyecciones de la población:

La población se determinará en función de la habitabilidad, siendo para el presente estudio:

**Cuadro 2.3 – Porcentaje de habitabilidad por cada sector**

SECTOR	HABITABILIDAD (%)
379	58.68
381	49.19
382	51.80

Fuente: Sedapal

Las zonas que se abastecerá están denominadas por sectores llamados 379, 381 y 382 que serán abastecidos por 1 cámara de sectorización para cada sector.

Para el desarrollo del estudio se está determinando la población para cada uno de los sectores, con el % de habitabilidad y las áreas de expansión que se presume se realizaran en 5 años determinadas en el perfil. Es decir que una vez realizado el proyecto se terminará de poblar la zona de estudio dentro 5 años.

La cantidad de lotes por sectores se muestra en el cuadro 2.4:

**Cuadro 2.4 – Numero de lotes habitados y no habitados por sector**

SECTOR	Nº de Lotes	% HABITABILIDAD	Nº lotes habitados	Nº lotes No habitados
379	1,436	58.68	843	593
381	1,989	49.19	978	1,011
382	2,546	51.80	1319	1,227

Fuente: Sedapal

**Cuadro 2.5 – Numero de lotes habitados por Categoría**

SECTOR	Nº de lotes Habitados por Categoría			
	Domestico	Comercial	Estatal	Social
379	843	7	3	3
381	978	3	1	3
382	1319	3	1	3

Fuente: Sedapal

La población actual año 2014 la hallaremos con la cantidad de lotes habitados y la población por expansión que se asume será dentro de 5 años se realizara con los lotes no habitados y la densidad poblacional (4.73 hab/lote).

**Cuadro 2.6 - Población actual y futuro por expansión de cada sector:**

SECTOR	Nº de Lotes	Nº lotes habitados	Nº lotes No habitados	Densidad (hab/viv.)	Población actual 2014 (lotes habitados)	Población /expansión año 5 (lotes no habitados)
379	1,436	843	593	4.73	3,987	2804.89
381	1,989	978	1,011	4.73	4,626	4782.03
382	2,546	1,319	1,227	4.73	6,239	5803.71

Fuente: Elaboración propia

Con la tasa de crecimiento calculada ( $r=0.062$ ) del método geométrico se calculará la población futura con lotes habitados para un periodo de diseño de 20 y 10 años (año 2034 y 2024) y con la población no habitada se calculará la población futura con año inicial dentro de 5 años (año 2019), ya que se espera que se habite esos lotes en 5 años. Para el cálculo de la población futura se utilizará la ecuación 1.2 para cada sector:

Sector 379  $P_f = P_o * (1 + 0.062)^t$

Sector 381  $P_f = P_o * (1 + 0.062)^t$

Sector 382  $P_f = P_o * (1 + 0.062)^t$

A continuación se muestran los cuadros de la población y viviendas futuras:

**Cuadro 2.7 - Población y cantidad de viviendas proyectadas por año del sector 379**

SECTOR 379						
Año	N°	Población por habitabilidad	Población por expansión	Población Total	Densidad poblacional	Cantidad de Viviendas
2014	0	3,987	0	3,987	4.73	843
2015	1	4,235	0	4,235	4.73	895
2016	2	4,497	0	4,497	4.73	951
2017	3	4,776	0	4,776	4.73	1,010
2018	4	5,072	0	5,072	4.73	1,072
2019	5	5,387	2,805	8,191	4.73	1,732
2020	6	5,721	2,979	8,699	4.73	1,839
2021	7	6,075	3,163	9,239	4.73	1,953
2022	8	6,452	3,360	9,811	4.73	2,074
2023	9	6,852	3,568	10,420	4.73	2,203
2024	10	7,277	3,789	11,066	4.73	2,339
2025	11	7,728	4,024	11,752	4.73	2,485
2026	12	8,207	4,274	12,481	4.73	2,639
2027	13	8,716	4,538	13,254	4.73	2,802
2028	14	9,256	4,820	14,076	4.73	2,976
2029	15	9,830	5,119	14,949	4.73	3,160
2030	16	10,440	5,436	15,876	4.73	3,356
2031	17	11,087	5,773	16,860	4.73	3,564
2032	18	11,774	6,131	17,905	4.73	3,785
2033	19	12,504	6,511	19,015	4.73	4,020
2034	20	13,279	6,915	20,194	4.73	4,269

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 2.8 - Población y cantidad de viviendas proyectadas por año del sector 381**

SECTOR 381						
Año	N°	Población por habitabilidad	Población por expansión	Población Total	Densidad poblacional	Cantidad de Viviendas
2014	0	4,626	0	4,626	4.73	978
2015	1	4,913	0	4,913	4.73	1,039
2016	2	5,217	0	5,217	4.73	1,103
2017	3	5,541	0	5,541	4.73	1,171
2018	4	5,884	0	5,884	4.73	1,244
2019	5	6,249	4,782	11,031	4.73	2,332
2020	6	6,637	5,079	11,715	4.73	2,477
2021	7	7,048	5,393	12,441	4.73	2,630
2022	8	7,485	5,728	13,213	4.73	2,793
2023	9	7,949	6,083	14,032	4.73	2,967
2024	10	8,442	6,460	14,902	4.73	3,151
2025	11	8,965	6,861	15,826	4.73	3,346
2026	12	9,521	7,286	16,807	4.73	3,553
2027	13	10,112	7,738	17,849	4.73	3,774
2028	14	10,738	8,217	18,956	4.73	4,008
2029	15	11,404	8,727	20,131	4.73	4,256
2030	16	12,111	9,268	21,379	4.73	4,520
2031	17	12,862	9,843	22,705	4.73	4,800
2032	18	13,660	10,453	24,112	4.73	5,098
2033	19	14,507	11,101	25,607	4.73	5,414
2034	20	15,406	11,789	27,195	4.73	5,749

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 2.9 - Población y cantidad de viviendas proyectadas por año del sector 382**

SECTOR 382						
Año	N°	Población por habitabilidad	Población por expansión	Población Total	Densidad poblacional	Cantidad de Viviendas
2014	0	6,239	0	6,239	4.73	1,319
2015	1	6,626	0	6,626	4.73	1,401
2016	2	7,036	0	7,036	4.73	1,488
2017	3	7,473	0	7,473	4.73	1,580
2018	4	7,936	0	7,936	4.73	1,678
2019	5	8,428	5,804	14,232	4.73	3,009
2020	6	8,951	5,746	14,696	4.73	3,107
2021	7	9,506	6,091	15,596	4.73	3,297
2022	8	10,095	6,456	16,551	4.73	3,499
2023	9	10,721	6,843	17,564	4.73	3,713

2024	10	11,385	7,254	18,639	4.73	3,941
2025	11	12,091	7,689	19,781	4.73	4,182
2026	12	12,841	8,151	20,992	4.73	4,438
2027	13	13,637	8,640	22,277	4.73	4,710
2028	14	14,483	9,158	23,641	4.73	4,998
2029	15	15,381	9,707	25,088	4.73	5,304
2030	16	16,334	10,290	26,624	4.73	5,629
2031	17	17,347	10,907	28,254	4.73	5,973
2032	18	18,422	11,562	29,984	4.73	6,339
2033	19	19,565	12,255	31,820	4.73	6,727
2034	20	20,778	12,991	33,768	4.73	7,139

Fuente: Elaboración propia

De los cuadros 2.7, 2.8 y 2.9 se puede apreciar la cantidad de viviendas para un periodo de 10 años que es el que se va a tomar para el diseño del reservorio y la cantidad de viviendas para 20 años que es para el diseño de las redes de agua. Ya que es el periodo útil y económico.

## 2.2 Cálculo de la Dotación y Consumo

A fin de respetar lo señalado en el Perfil (SNIP 45691) denominado "Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Esquema de San Pedro de Carabayllo" se determinó que los consumos para el presente estudio son:

**Cuadro 2.10 - Consumo para el estudio**

DATOS DE CONSUMO POR CONEXIÓN SEGÚN CATEGORÍA	
	(m <sup>3</sup> /mes/conex)
<b>1. DOMESTICO</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	21.26
<b>2. COMERCIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	61.95
<b>3. ESTATAL</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	44.68
<b>4. SOCIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	44.68

Fuente Sedapal

Estos datos de consumo son proporcionados por la entidad Sedapal que maneja sus dotaciones y oferta de agua potable. Los datos de cantidad de demanda comercial y estatal son los que actualmente se encuentran, con estos datos y con la demanda por categoría se puede calcular la demanda total por sector (en metros cúbicos por mes).

Como el diseño del reservorio es de 10 años se utiliza la cantidad de viviendas a proyectarse en 10 años y para la red de Aducción el periodo es de 20 años, se utiliza la cantidad de viviendas a proyectarse en 20 años como se puede apreciar en los cuadros 2.7, 2.8 y 2.9.

**Cuadro 2.11 - Demanda total para el diseño del Reservorio**

PERIODO DE 10 AÑOS PARA EL RESERVORIO											
SECTOR	Cant. de viviendas en 10 años	Cobertura	Doméstico		Comercial		Estatal		Social		Total consumo (m <sup>3</sup> /mes)
			Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	
			379	2 339	100%	2339	21 26	7	61 95	3	
381	3 151	100%	3151	21 26	3	61 95	1	44 68	3	44 68	67 354 83
382	3 941	100%	3941	21 26	3	61 95	1	44 68	3	44 68	84 150 23

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 2.12 - Demanda total para el diseño de la red de Aducción**

PERIODO DE 20 AÑOS PARA LA LINEA DE ADUCCIÓN											
SECTOR	Cant. de viviendas en 20 años	Cobertura	Doméstico		Comercial		Estatal		Social		Total consumo (m <sup>3</sup> /mes)
			Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	Cantidad	Consumo m <sup>3</sup> /conex. /mes	
			379	4 269	100%	4269	21 26	7	61 95	3	
381	5 749	100%	5749	21 26	3	61 95	1	44 68	3	44 68	122 588 31
382	7 139	100%	7139	21 26	3	61 95	1	44 68	3	44 68	152 139 71

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1 Pérdida de Agua:

Las pérdidas de agua se determinarán en base al volumen producido y volumen total facturado, estas pérdidas incluyen las físicas como las fugas en las redes de distribución, rebose en los reservorios y las no físicas como los desperdicios domiciliarios y otros.

A fin de respetar lo señalado en el Perfil (SNIP 45691) denominado "Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Esquema de San Pedro de Carabayllo", en el cálculo de la Demanda, el % pérdida de agua

potable será de 25% de pérdida desde el año 0 (Año 2014) en el cual se ejecutaran las obras generales y secundarias, hasta el final del horizonte de estudio.

### 2.3 Cálculo de los caudales básicos para el diseño del reservorio por sectores: Qm, Qmd, Qmh

Para el cálculo de estos caudales tomamos como dato el total de consumo en un mes por m<sup>3</sup> considerado para una proyección de 10 años que es el tiempo que se estima de vida útil para el reservorio.

- Total demanda (m<sup>3</sup>/mes) = Total consumo (m<sup>3</sup>/mes) + Perdida sistema

Para convertir la Total demanda en m<sup>3</sup>/año multiplicamos por 12 meses, luego:

- Qm (lps) = Total demanda (m<sup>3</sup>/año) x 1000 / (365 x 86400)

Para hallar Qmd y Qmh tomamos como coeficientes de variación de consumo:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1.3

- Máximo anual de la demanda horaria: 2.5

Entonces:

Qmd = Qm x 1.3

Qmh = Qm x 2.5

**Cuadro 2.13–Consumo, pérdidas y demandas por sectores**

CAUDALES BASICOS PARA UN PERIODO DE 10 AÑOS							
SECTOR	Total consumo (m <sup>3</sup> /mes)	Perdida del Sistema	Total Demanda		Caudal promedio Qm (lps)	Caudal Max. Diario Qmd (lps)	Caudal Max. Horario Qmd (lps)
			m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /año			
379	50,428.87	25%	63,036.09	756,433.05	23.99	31.18	59.97
381	67,354.83	25%	84,193.54	1,010,322.45	32.04	41.65	80.09
382	84,150.23	25%	105,187.79	1,262,253.45	40.03	52.03	100.06
TOTAL					96.05	124.86	240.12

Fuente: Elaboración propia

### 2.4 Caudales para el diseño de la red de Conducción

Para el diseño de la red de conducción se utilizara los datos proporcionados por la entidad Sedapal donde se da la oferta de caudal para estos sectores de tal

manera que no afecte a los demás sectores que se alimentan de esta fuente de agua.

Se verificará si estos caudales son suficientes para abastecer a estos sectores del Esquema San Pedro de Carabayllo, y de no ser suficiente se tendrá que buscar otra fuente de agua que complemente a la fuente que se tiene para poder abastecer a este Esquema.

**Cuadro 2.14 – Caudal por tramos en la red de Conducción**

Tubería	Longitud (m)	Caudal (L/s)
1-2	11.54	294.51
1A-2	8.51	342.67
2-CDA	4.05	637.19
CDA-CDB	930.39	214.76
CDB-RP1	156.79	197.99

Fuente: Elaboración propia

## 2.5 Cálculo de los caudales básicos para el diseño de la red de Aducción por sectores: $Q_m$ , $Q_{md}$ , $Q_{mh}$

Para el cálculo de estos caudales se necesita el total de consumo en  $m^3$  por mes para una proyección de 20 años que es lo que se estima sea la vida útil de esta línea.

- Total demanda ( $m^3/mes$ ) = Total consumo ( $m^3/mes$ ) + perdida sistema

Para convertir la Total demanda en  $m^3/año$  multiplicamos por 12 meses, luego:

-  $Q_m$  (lps) = Total demanda ( $m^3/año$ ) x 1000 / (365 x 86400)

Para hallar  $Q_{md}$  y  $Q_{mh}$  tomamos como coeficientes de variación de consumo:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1.3

- Máximo anual de la demanda horaria: 2.5

Entonces con las ecuaciones 2.3 y 2.4 se obtiene:

$$Q_{md} = Q_m \times 1.3$$

$$Q_{mh} = Q_m \times 2.5$$

**Cuadro 2.15 - Caudales básicos por sectores de la red de Aducción:**

CAUDALES BASICOS PARA UN PERIODO DE 20 AÑOS							
SECTOR	Total consumo (m <sup>3</sup> /mes)	Perdida del Sistema	Total Demanda		Caudal promedio Qm (lps)	Caudal Max. Diario Qmd (lps)	Caudal Max. Horario Qmd (lps)
			m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /año			
379	91,460.67	25%	114,325.84	1,371,910.05	43.50	56.55	108.76
381	122,588.31	25%	153,235.39	1,838,824.65	58.31	75.80	145.77
382	152,139.71	25%	190,174.64	2,282,095.65	72.36	94.07	180.91
TOTAL					174.18	226.43	435.44

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 2.15 se puede observar que el Caudal Max. Diario para un periodo de 20 años es 226.43 l/s mayor a la oferta de agua otorgada por Sedapal que es de 197.99 l/s. Eso quiere decir que para un periodo de 20 años el caudal ofrecido por Sedapal no es necesario para cubrir la demanda de la población, para lo cual se tendrá que aumentar la oferta de agua ya sea aumentando el caudal de la fuente que se está captando o a través de otra fuente que pueda aumentar el caudal de ingreso al reservorio.

En el siguiente cuadro se podrá observar la demanda de agua para los 3 sectores que se necesitara según el año, y así poder determinar hasta qué año se podrá abastecer a la población y a partir de ese año es necesario otra fuente de agua que aumente la oferta proporcionada actualmente por Sedapal.

**Cuadro 2.16 - Caudales básicos que se requiere por año para todo el esquema San Pedro de Carabayllo:**

<b>AÑO</b>	<b>Oferta de Caudal (lps)</b>	<b>Caudal promedio Qm (lps)</b>	<b>Caudal Max. Diario Qmd (lps)</b>	<b>Caudal Max. Horario Qmd (lps)</b>
0	197.99	32.43	42.16	81.08
1	197.99	34.40	44.73	86.01
2	197.99	36.50	47.45	91.25
3	197.99	38.71	50.33	96.78
4	197.99	41.07	53.39	102.67
5	197.99	72.20	93.87	180.51
6	197.99	75.74	98.47	189.36
7	197.99	80.37	104.47	200.91
8	197.99	85.28	110.86	213.20
9	197.99	90.51	117.66	226.27
<b>10</b>	<b>197.99</b>	<b>96.05</b>	<b>124.86</b>	<b>240.12</b>
11	197.99	101.93	132.51	254.84
12	197.99	108.17	140.63	270.43
13	197.99	114.81	149.25	287.02
14	197.99	121.85	158.40	304.61
15	197.99	129.31	168.10	323.27
16	197.99	137.25	178.42	343.12
17	197.99	145.66	189.36	364.15
18	197.99	154.61	200.99	386.52
19	197.99	164.10	213.34	410.26
<b>20</b>	<b>197.99</b>	<b>174.18</b>	<b>226.43</b>	<b>435.44</b>

Fuente: Elaboración propia

Con los datos del cuadro 2.16 se hará una gráfica con la oferta de caudal y el Caudal Máximo Diario para identificar hasta que año se podrá abastecer a toda la población del esquema San Pedro de Carabayllo.



Figura 2.2 - Curva Oferta vs Demanda de Caudal en l/s por año

De la figura 2.2 se puede apreciar que entre el año 4 y 5 hay un salto en la curva de Demanda ya que será en el año 5 donde se considera que se poblará los lotes no habitados y habrá un salto en el crecimiento de la población. También se aprecia que hasta el año 17 la oferta de agua puede atender el Caudal Max. Diario, pasando ese año se necesitara aumentar el caudal de oferta de agua.

Se presentó una oferta de caudal máximo diario de 197.99 lps la cual no abastece a la población para un periodo de 20 años. El caudal máximo diario óptimo de oferta debería ser de 226.43 lps para abastecer durante el periodo de diseño de 20 años.

## CAPÍTULO III: DISEÑO HIDRÁULICO DEL RESERVORIO

En este capítulo veremos todos los cálculos que corresponden al reservorio RP-1 como el volumen de almacenamiento, las dimensiones del mismo, diseño de la tubería de rebose, el caudal de salida a la tubería de aducción, etc.

### 3.1 Volumen de almacenamiento del Reservorio

Para el cálculo del volumen del reservorio necesitamos los datos  $Q_{md}$ ,  $Q_m$ , y  $Q_{mh}$  de los tres sectores. Los datos los obtenemos del cuadro 2.13:

**Cuadro 3.1 – Caudales básicos por sector para el diseño del Reservorio**

PERIODO 10 AÑOS			
SECTOR	Caudal promedio $Q_m$ (lps)	Caudal Max. Diario $Q_{md}$ (lps)	Caudal Max. Horario $Q_{mh}$ (lps)
379	23.99	31.18	59.97
381	32.04	41.65	80.09
382	40.03	52.03	100.06
TOTAL	96.05	124.86	240.12

Fuente: Elaboración propia

Entonces:

-Vol. de almac. = Vol. Regulación + Vol. Reserva + Vol. C.I.

- Vol. Regulación = 25% x  $Q_m$  (m<sup>3</sup>/s)

$Q_m = Q_m(S. 379) + Q_m(S. 381) + Q_m(S. 382)$

$Q_m$  (l/s) = 23.99 + 32.04 + 40.03, entonces  $Q_m = 96.05$  l/s

$Q_m$  (m<sup>3</sup>/s) = (96.05 x 86,400)/1000

$Q_m = 8298.72$  m<sup>3</sup>/día

Por lo tanto el **Vol. Regulación** = 0.25 x 8298.72 = **2,074.68 m<sup>3</sup>**

- Vol. Reserva = 7% x  $Q_{md}$  (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{md} = 31.18 + 41.65 + 52.03$ , entonces  $Q_{md} = 124.86$  l/s

$Q_{md}$  (m<sup>3</sup>/s) = (124.86 x 86,400)/1000

$$Q_{md} = 10,787.90 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por lo tanto el **Vol. Reserva** =  $0.07 \times 10,787.90 = 755.15 \text{ m}^3$

- Como la población futura para 10 años (vida útil del reservorio RP-1) de los sectores 379 (11,066 hab.), 381 (14,902 hab.) y 382 (18,639 hab.) según los cuadros 2.6, 2.7 y 2.8 respectivamente, la población total en 10 años será **44,607 hab.** y es mayor de 10,000 consideramos V.C.I. =100 m<sup>3</sup>

Entonces: **Vol. Almacenamiento** =  $2,074.68 + 755.15 + 100 = 2,929.83 \text{ m}^3$

Por lo tanto se considera el Volumen del Reservorio **RP-01 =3000 m<sup>3</sup>**

### 3.2 Pre dimensionamiento del reservorio RP-1

Para el pre dimensionamiento del Reservorio RP-1 utilizamos una forma económica que es la sección prismática:

Sección prismática:  $h = \frac{1}{3}V + k$

Dónde: h = profundidad (m)

V = Volumen (cientos de m<sup>3</sup>)

K = coeficiente que es función del volumen

**Cuadro 3.2 – Coeficiente k para la profundidad en función del volumen**

V (cientos de m <sup>3</sup> )	k
menos de 3	2.0
4-6	1.8
7-9	1.5
10-13	1.3
14-16	1.0
mas de 17	0.7

Fuente. Sedapal

Sección circular: D: 2 a 4 veces la profundidad (h)

Según las normas de Sedapal los reservorios serán diseñados para funcionamiento de cabecera. Tendrán por lo general sección circular (para

eliminar puntos muertos y/o cortocircuitos), con alturas máximas de tirante de agua que varían entre 2.50 a 8.00 m.

- Como el Volumen es de 3,000 m<sup>3</sup> = 30x100m<sup>3</sup>, entonces V= 30 cientos de m<sup>3</sup>
- como V es 30 y es mayor a 17 entonces **k = 0.7**

Entonces:  $h = 30/3 + 0.7$ ,  $h = 10.7$  m

Respetando las normas de Sedapal asumimos un tirante (h) de **8 m** y como el

$$\text{Volumen (3,000 m}^3\text{)} = \frac{\pi D^2}{4} \times h$$

Entonces **D=21.85 m**

La dimensión final del reservorio RP-1 será de un diámetro de 21.90m y una altura de tirante de 8.00m.

Debido a las condiciones de exposición en que se encontrarán estas estructuras de concreto armado en contacto con el agua se ha considerado un diseño por durabilidad, con tal finalidad la Norma ACI 350-06 indica las siguientes recomendaciones:

- Máxima relación A/C=0.45
- Resistencia mínima  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días
- Tamaño máximo del agregado grueso de 1" (ASTMC33)
- El recubrimiento del acero de refuerzo, para un concreto vaciado contra el suelo debe 7.5 cm. y para concreto vaciado contra encofrado o expuesto a líquido debe ser 5 cm.
- Los esfuerzos a la tracción en el acero deben ser mantenidos tan bajos como sea práctico.
- Para el diseño se introduce un factor de durabilidad ambiental "S" (1.30 para flexión y 1.65 para tracción), para reducir los esfuerzos en los refuerzos y los anchos de fisuras bajo condiciones de servicio.
- El espesor mínimo de muros de 3 m. o más de altura debe ser de 30 cm.

Tomando en cuenta estas recomendaciones, para el reservorio de 3,000 m<sup>3</sup> se ha asumido un espesor de muro de la cuba de 50 cm. ya que se trata de un muro de 8.0 m. de altura, la cual se corroborara en el cálculo estructural.

Para las otras estructuras que no estén expuestas a estas condiciones se ha considerado un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Ubicación del Reservorio RP-1.- La entidad Sedapal nos da la ubicación del reservorio y la disponibilidad de terreno que está situado en la Av. Saco Rojas en la ladera del cerro conocido como "Cerro partido". Debajo de la ubicación del reservorio se observa invasión de viviendas que serán desalojadas o reubicadas cuando comience la ejecución de la obra.

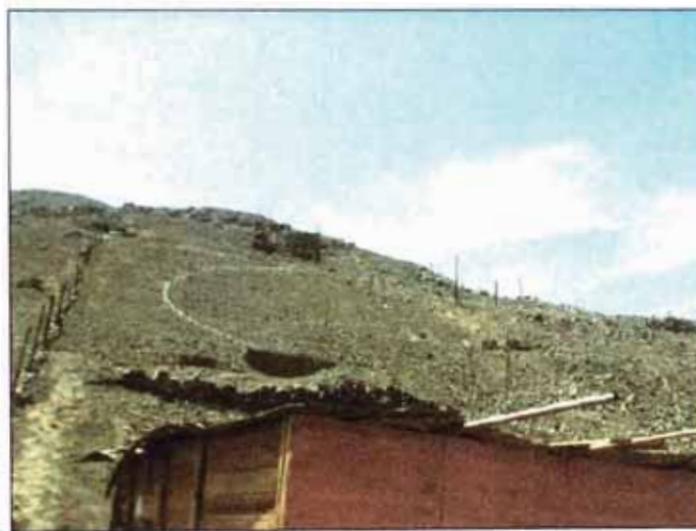


Figura 3 1 - Ubicación del reservorio proyectado RP-01 Ver anexo N° 1

### 3.3 Diseño de la tubería de Rebose

La tubería de rebose es aquella que evitará que, en caso de algún desperfecto el agua se rebose por la tapa del reservorio, lo que generaría una erosión gravísima en la base del reservorio. El diámetro de la tubería de rebose deberá tener capacidad superior al máximo caudal de entrada posible, es decir que el diámetro de la tubería de rebose debe ser mayor o igual al diámetro de ingreso de agua. Como el diámetro inicial de la tubería de entrada es de 400mm entonces escogemos la tubería de rebose de 400mm también.

Como la tubería de rebose debe estar embebido en el muro del reservorio y debe unirse con la tubería de limpia o desagüe del reservorio, la tubería de rebose será de acero SHC 40 bridada en el extremo exterior al reservorio. Ver anexo N° 10.

### 3.4 Diseño de la tubería de Desagüe o Limpia

La tubería de desagüe es aquella que se usa para vaciar el reservorio, esta se usa para su reparación y limpieza, su diseño es importante pues el vaciado se debe hacer en un tiempo límite para no interrumpir el funcionamiento del reservorio.

El diámetro de la tubería de desagüe deberá permitir el vaciado en un tiempo menor a 8 horas según normas de Sedapal.

Calculo del tiempo de vaciado:

De Torricelli:

$$T_v = \frac{S1}{S2} * \sqrt{\frac{2 * H}{g}}$$

Entonces:

$$T_v = \left(\frac{D1}{D2}\right)^2 * \sqrt{\frac{2 * H}{g}}$$

Dónde:

Tv: Tiempo de vaciado en segundos

H: Altura del agua en metros (en el deposito cuando está lleno)

S1: Sección transversal del depósito en m<sup>2</sup>

S2: Sección transversal del orificio de desagüe en m<sup>2</sup>

D1: Diámetro del reservorio en m

D2: diámetro del orificio de desagüe en m

g: Gravedad en m/s<sup>2</sup>

Datos:

$D1 = 21.90 \text{ m}$

$H = 8.00 \text{ m}$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$D2 = \text{A determinar}$

- 1ra Opción: Escogemos un  $D2 = 0.30 \text{ m}$ , reemplazando en la ecuación de Torricelli obtenemos  $T_v = 6,806 \text{ s} <> 1\text{h } 53 \text{ min. } 26 \text{ seg. } < 8 \text{ horas. } . \text{ Si cumple.}$

- 2da Opción: Escogemos un  $D2 = 0.40 \text{ m}$ , reemplazando en la ecuación de Torricelli, obtenemos  $T_v = 3,828 \text{ s} <> 1\text{h } 4 \text{ min. } < 8 \text{ horas... Si cumple}$

Las 2 opciones escogidas cumplen con el tiempo de vaciado, Como la tubería de rebose es de 400mm escogemos el mismo diámetro ya que se va a unir la tubería de rebose con la de desagüe o limpia.

Entonces la tubería de rebose y la de desagüe o limpia serán de 400mm y deberán ir a un buzón cercano al reservorio y conectar ese buzón a un colector de alcantarillado.

Como la tubería de rebose y la de limpia se unen estas deberán ser bridados y de acero SHC 40, se utilizarán codos bridados, tee bridada y uniones auto portante para su fácil montaje y mantenimiento posterior, que serán también de acero SCH 40, la tubería de limpia deberá ser controlada con una válvula mariposa que permanecerá cerrada hasta el momento que se quiera vaciar el reservorio.

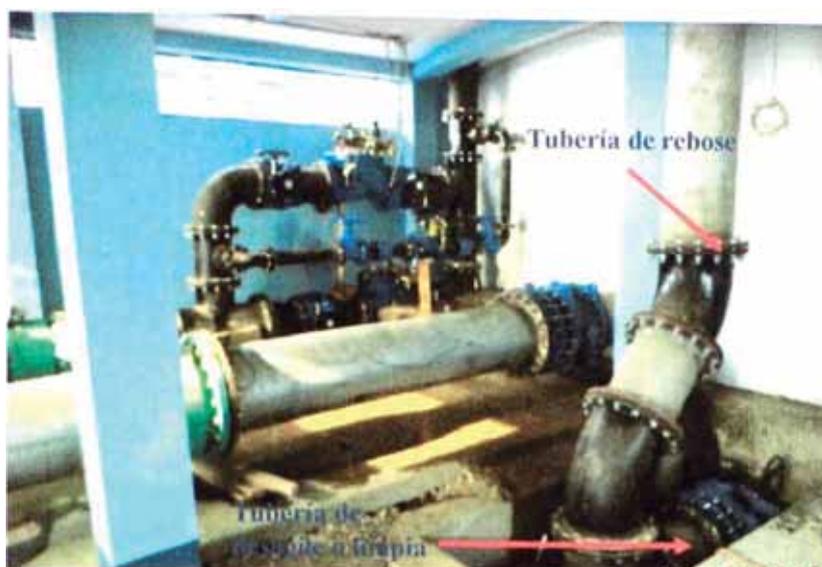


Figura 3 2 – Tubería de rebose y limpia. Ver anexo N° 10

### 3.5 Diseño de la tubería de ventilación

La tubería de ventilación tiene dos funciones: airear el agua dentro del reservorio, lo que eleva su calidad, y permitir un flujo sin alteraciones por las tuberías de aducción y desagüe, ya que el agua al salir del reservorio por estas tuberías crea un vacío, que de no ser llenado por el aire que entra por la tubería de ventilación, por efecto de succión, alteraría la salida del agua.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones el sistema de ventilación deberá permitir la circulación del aire en el reservorio con una capacidad mayor que el caudal máximo de entrada o salida de agua y estar provisto de los dispositivos que eviten el ingreso de partículas, insectos y luz directa del sol. Como la tubería de entrada y la de rebose son de 400mm, la suma de áreas de las tuberías de ventilación deberán ser mayor o igual al área de la tubería de 400mm. En este caso se optara por **4 tuberías de 200mm** que su área equivale a 1 de 400mm.

Las tuberías de ventilación deberán ir en la cúpula del reservorio y embebidas en el concreto, debido a ello deberán ser de acero SHC 40 y bridado en los codos ya que su abertura no debe apuntar hacia arriba para evitar el ingreso de polvo o alguna suciedad, además deberá tener una malla en la abertura para evitar el ingreso de insectos o roedores. Ver anexo N° 10.

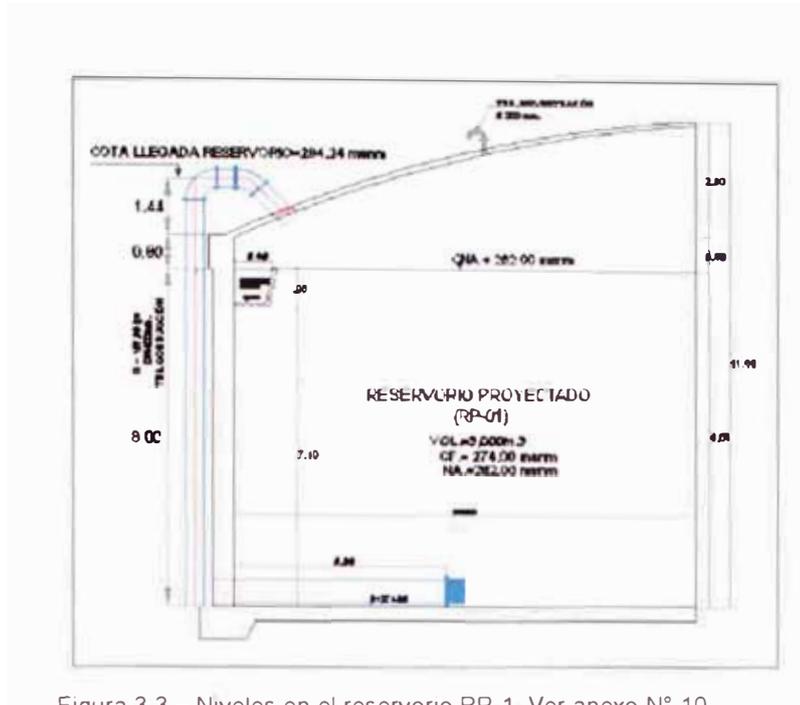


Figura 3.3 – Niveles en el reservorio RP-1. Ver anexo N° 10

La cota de fondo del Reservorio es de 274.00 msnm, el tirante de 8.00 m y la altura hasta el eje de ingreso de la tubería al reservorio es 2.24 m, entonces:

Cota Fondo: 274 msnm

Cota Nivel Agua: 282 msnm

Cota de llegada de Agua: 284.24 msnm

## CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA RED GENERAL DE AGUA.

### 4.1 Características de diseño, sistema de ecuaciones y software de apoyo

En esta parte veremos los parámetros y criterios utilizados para el diseño de las tuberías de conducción y de aducción para el Esquema San Pedro de Carabayllo. El desarrollo del presente estudio abarca los diseños de las líneas troncales a los sectores (líneas de aducción) del Reservorio Proyecto Apoyado RP-01, líneas de conducción de la fuente hacia el reservorio.

Se han desarrollado los cálculos para las condiciones críticas en el periodo óptimo de diseño (caudal máximo horario y niveles mínimos de funcionamiento en los reservorios), que en el caso de las líneas de Aducción y Conducción es de 20 años (año 2034).

Para el presente título se consideran diámetros nominales (DN) de las tuberías de hierro dúctil cuyos diámetros interiores son los diámetros nominales.

En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10m, la velocidad de flujo para las líneas de agua potable será en lo posible no menor de 0.60 m/s y no mayor a 3 m/s. En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5m/s.

Se ha utilizado el software WaterCad, que es un software reconocido nacional e internacionalmente como uno de los mejores software de diseño y verificación de redes de distribución de agua.

### Consideraciones de Simulación

Los cálculos realizados están basados en lo señalado en los términos de referencia, es decir se empezará a modelar con los caudales que oferta Sedapal y las tuberías serán de H.D. por su mayor duración, mayor resistencia a la presión y como son las redes principales ante un trabajo externo no se dañará fácilmente y su funcionamiento será continuo.

Se considera que las líneas de conducción y aducción serán de tuberías de Hierro dúctil, ya que son líneas principales y deben funcionar de manera continua, las tuberías de H.D. tienen mayor durabilidad y ante cualquier agente externo que pueda afectarlo tiene mayor resistencia que el PVC. Las tuberías de H.D. que utilizaremos para el diseño serán "Push-on", es decir de unión flexible con campana en un extremo, espiga en el otro extremo y un anillo intermedio que los une.

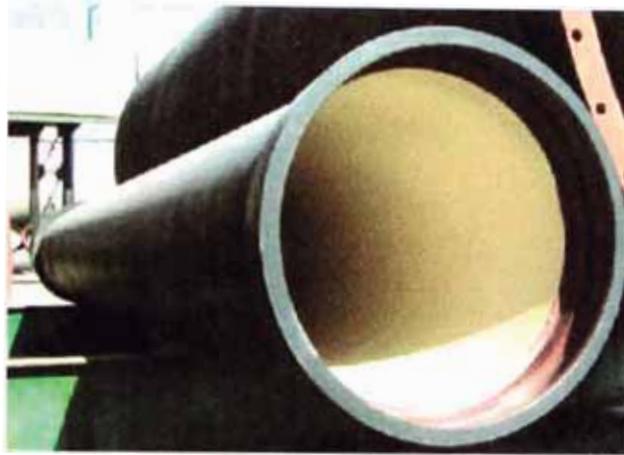


Figura 4.1 – Tubería Push-On de hierro dúctil

El espesor de la pared y las presiones admisibles dependerán de los diámetros y la clase de la tubería como se muestra en el cuadro 4.1:

**Cuadro 4.1 – Presiones máximas de operación permisible en bar de las tuberías de hierro dúctil**

TUBERIA DE HIERRO DUCTIL PRESION MAXIMA DE OPERACION PERMISIBLE (BAR)			
(mm)	PRESION DE OPERACION PERMISIBLE		
	K7	K8	K9
100	-	-	33
150	-	-	33
200	-	-	33
250	-	-	33
300	-	-	33
350	-	-	33
400	-	-	33
450	-	35	30
500	-	33	30
550	26	31	30
700	24	29	31
800	23	28	32
900	23	27	31
1000	22	26	30
1200	21	25	29
1400	20	24	28
1500	20	24	27
1600	20	24	27

Fuente: Acipco – Manual de tubería internacional

Los diámetros que no aparecen en el cuadro 4.1, se tomarán como datos el inmediato superior.

Las tuberías de hierro dúctil pueden ir enterradas directamente o envueltas en mangas de polietileno si el terreno es agresivo. Las clases de tuberías de H.D. a utilizarse en cada línea se verán en el cálculo de las presiones.

La fórmula de pérdida de carga que se utilizará en el software Watercad para el cálculo hidráulico es la de Hazen& Williams, siendo el coeficiente de fricción utilizado para las tuberías de Hierro Dúctil de 140.

$$hf = \frac{10.675 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.8704}}$$

Dónde:

- hf = Perdida de carga en (m)
- L = Longitud de la tubería en (m)
- Q = Caudal o flujo volumétrico en (m<sup>3</sup>/s).
- C = Coeficiente de rugosidad del tubo (140 para tubos de Hierro dúctil)
- D = Diámetro interior en (m)

#### 4.2 Diseño de la red de Conducción

Para el diseño de la red de conducción se llamará a los puntos de empalmes 1 y 1A que se unen en el punto 2, las cuales conducirán caudales de 294.52 lps y 342.68 lps respectivamente, luego del punto 2 se dirige un caudal de 637.2 lps hacia la cámara de Derivación A, la cual deriva un caudal de 422.43 lps hacia el Esquema Las Lomas y otro caudal de 214.76 lps que se dirige hacia la cámara de Derivación B, y esta cámara a su vez distribuirá un caudal de 16.77 lps hacia el esquema las Lomas y otro caudal de 197.99 lps hacia el reservorio RP-1, el cual abastecerá al esquema san Pedro de Carabayllo la cual es objeto del estudio. El esquema de la red de Conducción se podrá apreciar gráficamente en la figura 4.2.

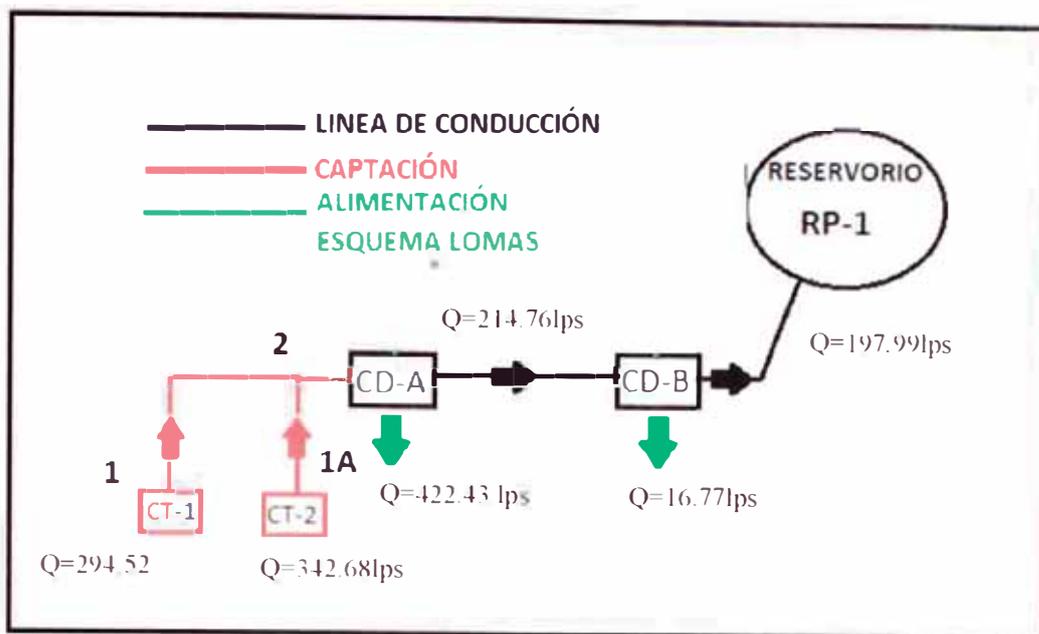


Figura 4.2 – Diagrama de la red de Conducción. Ver anexo N° 2

Los caudales para el diseño de las líneas de Conducción son los que a continuación se muestran. Se consideran diámetros iniciales que se corroborara en el modelamiento.

**Cuadro 4.2 - Caudales requeridos y diámetros de la tubería por tramos en la red de Conducción:**

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (L/s)
1-2	11.54	300	294.51
1A-2	8.51	300	342.67
2-CDA	4.05	600	637.19
CDA-CDB	930.39	450	214.76
CDB-RP1	156.79	400	197.99

Fuente: Elaboración propia

Los caudales de cada tramo son los ofertados por la empresa Sedapal, en la cual hay 2 salidas de caudal hacia otro esquema, por lo que disminuirá el caudal desde el empalme hacia el Reservorio. Para poder determinar si habrá la presión suficiente para llegar hasta la cota de ingreso del reservorio y que llegue con una presión considerable ante una posible disminución de este, se asumirá diámetros que se verificarán al hallar las pérdidas de energía, con los diámetros asumidos se calculará las velocidades con los caudales ofertados por cada tramo y debe de

cumplirse en lo posible que la velocidad de flujo sea mayor a 0.60 m/s y menor a 3 m/s. Las cotas de cada punto se tendrán del perfil del terreno que son datos que proporciona la Entidad Sedapal mediante el Perfil del Esquema San Pedro de Carabayllo.

**Cuadro 4.3 - Elevación de los puntos en la red de Conducción:**

PUNTOS	ELEVACION (m)
1	253.45
1A	253.45
2	253.45
CDA	254.96
CDB	254.27
RP-01	284.24

Fuente: Elaboración propia

Se realizará 2 empalmes (empalme "1" y "1A", CT:253.449 msnm y presión de 47 mca en los 2 puntos) en la línea de conducción (que va hacia Ancón) existente de DN 1000mm H.D. k-9 en la Av. José Saco Rojas a media cuadra del Pasaje Virgen del Carmen. Los cuales llegan al punto "2" (CT:253.45msnm) a una distancia de 11.54m y 8.51 m de los puntos "1" y "1A" respectivamente.

#### 4.2.1 Modelamiento de la red de Conducción con el Software Watercad

De acuerdo a los cálculos realizados (mediante sistemas de modelamiento, WaterCad V8i) se obtendrán las presiones en las condiciones críticas de operación del sistema:

Para el diseño de las tuberías de la línea de Conducción se modelará el sistema como si los puntos de empalme 1 y 1A fueran reservorios que alimentan a la red, donde la cota que se le ingresara es la cota del punto de empalme (253.45 msnm) sumada la presión en ese punto (47 mca) que es el gradiente hidráulico =  $253.45\text{m} + 47\text{m} = 300.45\text{ m}$ , se considerará al reservorio RP-1 como un nodo donde se requiere un caudal de 197.99 lps, además de ingresar los caudales que salen en los puntos CDA y CDB de 422.43 lps y 16.77 lps respectivamente, además se ingresarán los datos de longitud, demanda y cota que aparecen en el cuadro 4.3.

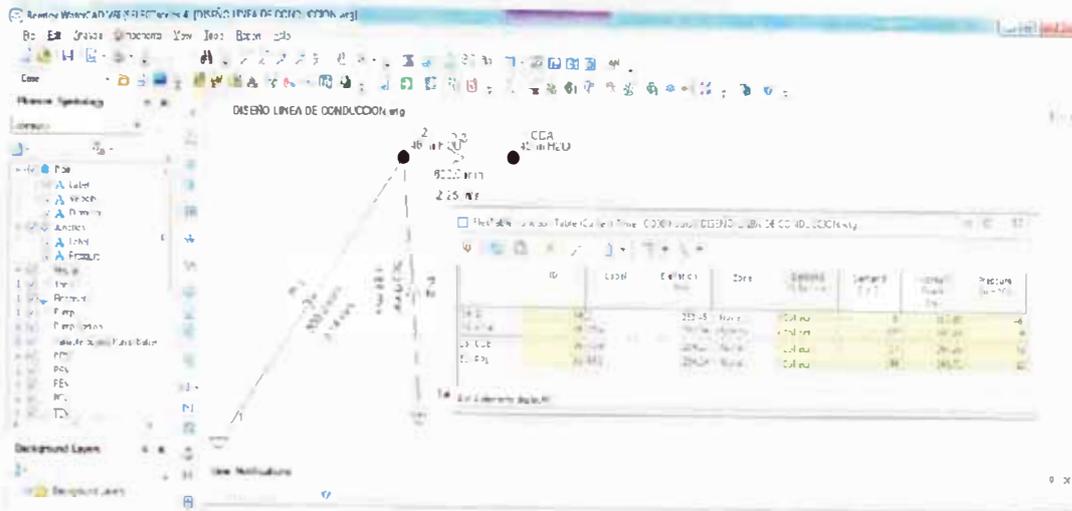


Figura 4.3 – Modelamiento de la línea de Conducción en el Watercad

De la figura 4.3 se podrá observar como es el modelamiento de la red de Conducción a través del software Watercad.

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
34: 2	2	253.45	0	300.03	-46.49
35: CDA	35 CDA	254.96	422	300.01	-44.96
36: CDB	3 CDB	254.27	17	297.39	-43.04
51: RP1	5 RP1	284.24	198	296.72	12.45

Figura 4.4 – Resultados por Nodos en el Watercad en la red de Conducción

De la figura 4.4 se obtiene que la presión en el reservorio es de 12.45 mca, con esa presión se asegurará que se mantenga el ingreso de agua ante una posible disminución de presión ya que la tubería que ingresará al reservorio para su llenado lo hace por encima de la cúpula del reservorio, además la presión en funcionamiento es decir la presión dinámica que aparece en todos los puntos serán mayores a 10 mca lo cual cumple con el reglamento de proyectos de Sedapal. También se podrá observar la gradiente hidráulica en cada punto y de esa forma con su elevación se puede hallar por diferencia la presión en cada punto.

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Velocity (m/s)
37: P-1	37 P-1	12	1	2	300.0	Ductile Iron	140.0	4.14
39: P-2	39 P-2	9	1A	2	300.0	Ductile Iron	140.0	4.88
40: P-3	40 P-3	4	2	CDA	600.0	Ductile Iron	140.0	2.25
43: P-5	43 P-5	931	CDA	CDB	450.0	Ductile Iron	140.0	1.35
52: P-13	52 P-13	157	CDB	RP1	400.0	Ductile Iron	140.0	1.58

Figura 4.5 – Resultados por tramos con el software Watercad en la red de Conducción

De la figura 4.5 se observa que las velocidades son mayores a 0.6 m/s y menores a 3 m/s, es decir cumple con las normas de diseño de Sedapal, entonces se respetaran los diámetros tomados inicialmente.

Por lo tanto la red de Conducción quedará con los diámetros, velocidades, como se muestran en los cuadros 4.4:

**Cuadro 4.4 – Resultados de Velocidades según el diámetro por tramos**

Tubería	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
1-2	300	4.14
1A-2	300	4.88
2-CDA	600	2.25
CDA-CDB	450	1.35
CDB-RP1	400	1.58

Fuente: Elaboración propia

Para hallar la presión en cada punto al Gradiente Hidráulico se le resta la pérdida de carga, en este caso el software nos dará las presiones en cada punto:

$$\text{Presión} = \text{Gradiente hidráulico} - h_f.$$

**Cuadro 4.5 – Resultados de Gradiente hidráulica y Presiones del Watercad en la red de Conducción**

Punto	Elevación (msnm)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (mca)
1	253.45	300.45	47.00
1A	253.45	300.45	47.00
2	253.45	300.03	46.49
CDA	254.96	300.01	44.96
CDB	254.27	297.39	43.04
RP1	284.24	296.72	12.45

Fuente: Elaboración propia

La red matriz existente de diámetro 1000mmes de tubería de hierro dúctil K-9, para la tubería de conducción tomamos la misma clase de tubería. La presión máxima es en el punto de empalme es de 47 mca y los diámetros nominales varían de 300 a 600 mm según la figura 4.3, la presión de operación máxima de funcionamiento de la tubería de HD K-9 es de 33 bar que equivale a 337.29 mca que está por encima de la presión de funcionamiento de 47 mca pero como la oferta es insuficiente para un periodo de 20 años se espera que se aumente la oferta de caudal y posiblemente la presión por ello mantenemos la misma clase de tubería de HD K-9. Por lo tanto la red de Conducción quedara como se muestra en el cuadro 4.7.

**Cuadro 4.6 – Resultados finales de la red de Conducción**

Tramo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Tipo de Tubería	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)
1-2	11.54	300	HD K-9	294.51	4.17
1A-2	8.51	300	HD K-9	342.67	4.85
2-CDA	4.05	600	HD K-9	637.19	2.25
CDA-CDB	930.39	450	HD K-9	214.76	1.35
CDB-RP1	156.79	400	HD K-9	197.99	1.58

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Línea de Gradiente Hidráulica de la Red de Conducción

Con la Línea de Gradiente se podrá obtener las presiones y pérdida de carga en cada punto gráficamente con solo tener la pendiente de esta recta, y la pendiente es el resultado de la división de la pérdida de carga entre la longitud del tramo.

Con los diámetros definidos, los caudales y cotas como datos se puede dibujar la línea de gradiente Hidráulica para la Red de Conducción. Con la Gradiente Hidráulica y la elevación de los puntos delos cuadro 4.5 y 4.6 se podrá hallar la pérdida de carga ( $h_f$ ) en cada punto, y la pendiente ( $S=h_f/L$ ) se podrá hallar con la perdida de carga y la longitud de cada tramo.

$$h_f (\text{Pérdida de carga}) = \text{Gradiente Hidráulica punto salida} - \text{Gradiente Hidráulica punto llegada}$$

$$S(\text{Pendiente}) = h_f / L$$

**Del punto 1 hacia el reservorio RP1.**- Del punto de empalme 1 llega hacia el punto 2, para luego seguir conduciendo el caudal hacia el reservorio RP1 pasando antes por la CDA.

Del punto 1 al punto 2:

-Gradiente Hidráulica del punto 1 = 300.45 m

-Gradiente Hidráulica del punto 2 = 300.03 m

Entonces  $h_f (1 - 2) = 300.45 - 300.03 = 0.42 \text{ m}$

Del punto 2 a la CD-A:

-Gradiente Hidráulica del punto 2 = 300.03 m

-Gradiente Hidráulica de la CD-A = 300.01 m

Entonces  $h_f (2\text{-CDA}) = 300.03 - 300.01 = 0.02 \text{ m}$

De la CD-A a la CD-B:

-Gradiente Hidráulica de la CD-A = 300.01 m

-Gradiente Hidráulica de la CD-B = 297.39 m

Entonces  $h_f (\text{CDA-CDB}) = 300.01 - 297.39 = 2.62 \text{ m}$

De la CD-B al RP1:

-Gradiente Hidráulica de la CD-B = 297.39 m

-Gradiente Hidráulica del RP1 = 296.72 m

Entonces  $h_f (\text{CDB-RP1}) = 297.39 - 296.72 = 0.67 \text{ m}$

$$h_f (1 - \text{RP1}) = h_f(1-2) + h_f(2\text{-CDA}) + h_f(\text{CDA-CDB}) + h_f (\text{CDB-RP1})$$

Entonces  $h_f (1-RP1) = 3.73 \text{ m}$

Presión  $RP1 = G.H. RP1 - \text{Cota Llegada } RP1$

Entonces Presión  $RP1 = 296.72 - 284.24 = 12.48 \text{ m}$

**Cuadro 4.7 – Perdida de carga de la red de Conducción**

Tramo	Caudal (lps)	Longitud (m)	Gradiente Hidráulica Salida (m)	Gradiente Hidráulica Llegada (m)	Pérdida de Carga (hf)
1-2	294.51	11.54	300.45	300.03	0.42
1A-2	342.67	8.51	300.45	300.03	0.42
2-CDA	637.19	4.05	300.03	300.01	0.02
CDA-CDB	214.76	930.39	300.01	297.39	2.62
CDB-RP1	197.99	156.79	297.39	296.72	0.67

Fuente: Elaboración propia

Con los cuadros 4.5 y 4.7 se podrán dibujar la línea de Gradiente Hidráulica

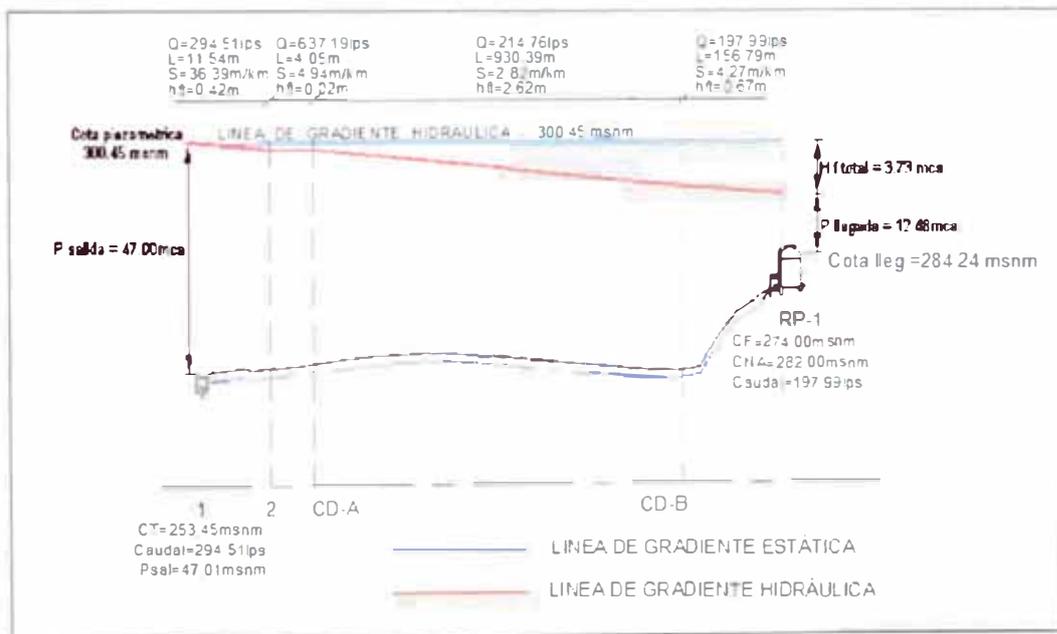


Figura 4.6 – Línea de Gradiente Hidráulica de la Red de Conducción Ver anexo N° 4

Finalmente la red de conducción quedará con los diámetros y caudales como se muestra en la figura 4.7.

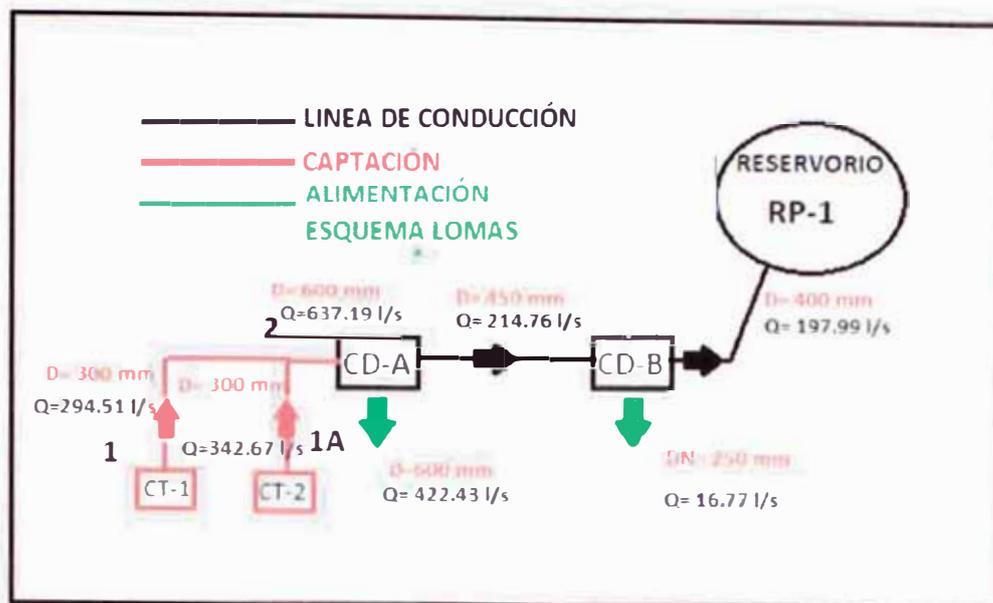


Figura 4.7 – Diagrama de la línea de conducción con diámetros definitivos

### 4.3 Diseño de la Red de Aducción

La Red de Aducción está dividida básicamente en 3 tramos que parte desde el reservorio RP-1 y llega hacia las 3 Cámaras de Sectorización. El caudal que sale del reservorio se va distribuyendo entre las cámaras de sectorización hasta llegar al punto más lejano que es la Cámara de Sectorización 3 (CS-3). Para el diseño, a los puntos donde se dividen los caudales se llamarán puntos A y B.

El cálculo de los diámetros de la tubería de Aducción se hará en base a los caudales requeridos en cada cámara de sectorización de acuerdo a la demanda de cada sector anteriormente calculada en el capítulo 2.5.

Caudales máximo horario requeridos por sectores o cámaras de sectorización:

Sector 381 (CS-1)	145.78 l/s
Sector 379 (CS-2)	108.77 l/s
Sector 382 (CS-3)	180.90 l/s

Para obtener el caudal que saldrá del reservorio se sumaran los caudales que se requiere en cada cámara de sectorización.

**Tramo RP1-A.**-Comienza con el tramo que va desde el reservorio proyectado RP-1 ( $V= 3000 \text{ m}^3$ ,  $NA=282.00\text{msnm}$  y  $CF= 274.0\text{msnm}$ ) hasta el punto "A" (Cota =  $255.5\text{msnm}$ ) ubicado en la Av. Saco Rojas a una cuadra del Pje. Virgen del Carmen, este tramo transportará un caudal  $Q_{mh} = 435.45\text{lps}$  que es la suma de los 3 caudales requeridos por los sectores 379, 381 y 382.

En el punto A habrá una derivación que llega hasta la Cámara de Sectorización CS1(Cota =  $255.45 \text{ msnm}$ ) y al punto "B"(Cota = $240.21 \text{ msnm}$ ).

**Tramo A-CS1.**- La tubería de longitud  $L= 41.00 \text{ m}$  conduce un caudal  $Q_{mh}= 145.78 \text{ lps}$  para abastecer al sector 381, a la Cámara de sectorización CS1.

**Tramo A-B.**- La tubería de longitud  $L= 1037.26 \text{ m}$  conduce un caudal  $Q_{mh}= 289.67 \text{ lps}$ , caudal destinado a abastecer los sectores 379 y 382, por la cual llega al punto "B", Cota= $240.21\text{m}$ , (ubicado en la Av Saco Rojas a media cuadra de la calle José Beltrán). El punto "B" en la tubería es una derivación hacia la CS2 (Cota=  $240.115$ ) y CS3 (Cota=  $230.259\text{m}$ ).

**Tramo B-CS2.**- De longitud  $39.00 \text{ m}$  conduce un caudal  $Q_{mh}= 108.77 \text{ lps}$ , destinado al abastecimiento del sector 379.

**Tramo B-CS3.**-De longitud  $599.67\text{m}$  conduce un caudal  $Q_{mh}= 180.90\text{lps}$ , destinado al abastecimiento del sector 382, ubicado en la Av José saco Rojas a media cuadra de la calle San Luis.

Para poder determinar si hay la presión suficiente se asumirá inicialmente diámetros que se verificaran al hallar las pérdidas de energía, con los diámetros asumidos se debe calcular las velocidades ya que tenemos los caudales por cada tramo y debe de cumplirse en lo posible que la velocidad de flujo que sea mayor a  $0.60 \text{ m/s}$  y menor a  $3 \text{ m/s}$ , también se debe cumplir que la presión dinámica en todos los puntos deben ser mayor a  $10 \text{ m}$ . Se volverá hallar las presiones y velocidades con otros diámetros hasta hallar uno óptimo. Los datos para el cálculo se muestran en el cuadro 4.8

**Cuadro 4.8 – Datos de la red de Aducción**

	Tubería	Longitud (m)	Caudal (L/s)
Lineas Troncales a Sector	RP1-A	1,097.30	435.45
	A-CS1	41.00	145.78
	A-B	1,037.30	289.67
	B-CS2	39.00	108.77
	B-CS3	599.70	180.90

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.9 - Cotas de los puntos clave de la red de Aducción:**

Unión	Elevación (m)
A	255.5
B	240.2
CS-1	255.4
CS-2	240.1
CS-3	230.3

Fuente: Sedapal

Se verificará si los diámetros asumidos inicialmente cumplen con las Normas Técnicas de Sedapal. El esquema de la red de Conducción, los puntos o nodos y la salida de caudales se apreciara en la figura 4.8.

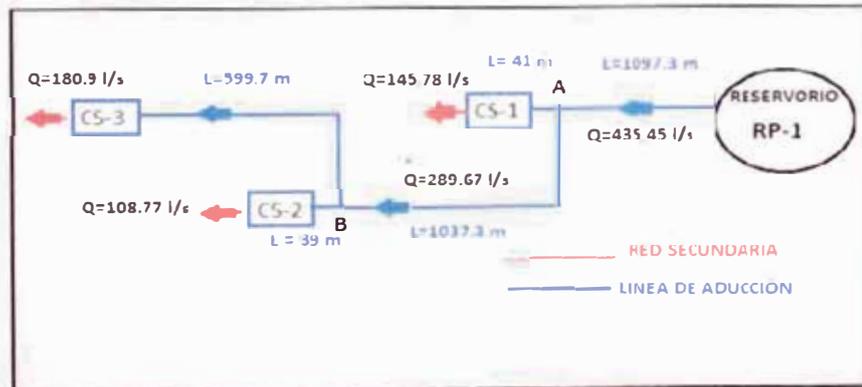


Figura 4.8 – Diagrama de la Red de Aducción Ver anexo N° 3

#### 4.3.1 Modelamiento de la red de Aducción con el Software Watercad

Se ingresaran los datos para cada punto y tramo de la red de Aducción como; demanda de caudal, elevación, longitud que aparece en los cuadros 4.8 y 4.9, además como se considera que el material de la tubería de la red de aducción es

de Hierro Dúctil y el software está utilizando la fórmula Hazen & Williams para el cálculo de la pérdida de carga, entonces el coeficiente de la tubería de Hierro dúctil es de 140 para tubos de Hierro Dúctil que se ingresara en cada tramo para el modelamiento con el software.

#### 4.3.1.1 Modelamiento de la red de Aducción con diámetros iniciales en el Software Watercad

Se asumen diámetros iniciales para correr el software y verificar si cumple con los rangos de velocidad y presión.

**Cuadro 4.10 – Diámetros Asumidos inicialmente en la red de Aducción:**

Tramo	Longitud (m)	Diámetro Nominal (mm)
RP1-A	1,097.30	450
A-CS1	41.00	300
A-B	1,037.30	350
B-CS2	39.00	250
B-CS3	599.7	300

Fuente: Elaboración propia

Los diámetros del cuadro 4.1 y los datos de los cuadros 4.8 y 4.9 se ingresan en el software y se corre el programa dando como resultado:

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31: A	a	255.500	0.00	268.991	13.464
32: B	B	240.200	0.00	249.330	9.112
33: CS3	33 CS3	230.300	180.90	239.259	8.941
34: CS2	34 CS2	240.100	108.77	248.710	8.592
35: CS1	35 CS1	255.400	145.78	268.529	13.103

Figura 4.9 - Resultados del Modelamiento por puntos con los diámetros iniciales en el Watercad

De la figura 4.9 se puede apreciar que la presión máxima es de 13 mca y la mínima es de 8.59 mca lo cual no cumple con la presión mínima de 10mca en el punto mas desfavorable.

ID	Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Minor Loss Coefficient (Local)	Velocity (m/s)	Length (User Defined) (m)
36: B a CS3	36 B a CS3	CS3	B	300.0	Ductile Iron	140.0	0.000	2.56	599.70
37: B a CS2	37 B a CS2	B	CS2	250.0	Ductile Iron	140.0	0.000	2.22	39.00
38: A a B	38 A a B	B	A	350.0	Ductile Iron	140.0	0.000	3.01	1,037.30
39: A a CS1	39 A a CS1	A	CS1	300.0	Ductile Iron	140.0	0.000	2.06	41.00
40: RP1 a A	40 RP1 a A	A	R-1	450.0	Ductile Iron	140.0	0.000	2.74	1,097.30

Figura 4 10 - Resultados del Modelamiento por tramos con los diámetros iniciales en el Watercad

De la figura 4.10 se puede apreciar que la velocidad en el tramo A-B es de 3.01 m/s > 3.00 m/s, el máximo permisible.

Como las presiones y velocidades no están en los rangos permisibles aumentamos los diámetros y volvemos a correr el software.

#### 4.3.1.2 Modelamiento de la red de Aducción con diámetros óptimos en el software Watercad

Luego de varias iteraciones con los diámetros de cada tramo se llega a uno económico que cumpla con los límites de presión y velocidad permisibles.

**Cuadro 4.11 – Diámetros Óptimos de la red de Aducción:**

Tramo	Longitud (m)	Diámetro Nominal (mm)
RP1-A	1,097.30	500
A-CS1	41.00	400
A-B	1,037.30	450
B-CS2	39.00	300
B-CS3	599.7	400

Fuente: Elaboración propia

Con los diámetros del cuadro 4.11 luego de correr el software se obtienen los siguientes resultados:

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31: A	31 A	255.500	0.00	274.213	18.675
32: B	32 B	240.200	0.00	268.433	28.176
33: CS3	33 CS3	230.300	180.90	265.953	35.581
34: CS2	34 CS2	240.100	108.77	268.177	28.021
35: CS1	35 CS1	255.400	145.78	274.099	18.662

Figura 4.11 - Resultados del Modelamiento por puntos con los diámetros óptimos en el Watercad

De la figura 4.11 se observa que la presión mínima en funcionamiento es en el punto A con 18.662 mca es mayor al mínimo permisible de 10 mca, en los nodos o puntos cumplen los diámetros iniciales.

ID	Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Velocity (m/s)	Length (User Defined) (m)
36: B a CS3	36 B a CS3	CS3	B	400.0	Ductile Iron	140.0	1.44	599.70
37: B a CS2	37 B a CS2	B	CS2	300.0	Ductile Iron	140.0	1.54	39.00
38: A a B	38 A a B	B	A	450.0	Ductile Iron	140.0	1.82	1,037.30
39: A a CS1	39 A a CS1	A	CS1	400.0	Ductile Iron	140.0	1.16	41.00
40: RP1 a A	40 RP1 a A	A	RP-1	500.0	Ductile Iron	140.0	2.22	1,097.30

Figura 4.12 - Resultados del Modelamiento por tramos con los diámetros óptimos en el Watercad

De los resultados obtenidos de la figura 4.12 se tendrá que las velocidades en todos los tramos son mayores a 0.6 m/s y menores a 3m/s, entonces se confirma los diámetros de las tuberías de Aducción por tramos. Ya que la tubería soporta una presión máxima de 36 mca bastara con poner tuberías de H.D. K-7, Debido a que esta clase de tuberías de H.D. de diámetro de 300 a 500 mm soportan presiones de hasta 26 bar equivalente a 265.74 mca según el cuadro 4.1, lo cual

será suficiente para la presión que tenemos en las tuberías. A continuación se muestra los diámetros finales y caudales por tramo:

**Cuadro 4.12 – Diámetros finales por tramos en la red de Aducción**

Tubería	Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
RP1-A	500	435.45	2.22
A-CS1	400	145.78	1.16
A-B	450	289.67	1.82
B-CS2	300	108.77	1.54
B-CS3	400	180.90	1.44

Fuente: Elaboración propia

Con las pérdidas de carga calculadas y las cotas como datos se puede dibujar la línea de gradiente Hidráulica con lo cual se puede observar gráficamente la pendiente de la pérdida de carga y con qué presión se llega a los puntos.

**Cuadro 4.13 – Resultados de Gradiente hidráulica y Presiones del software Watercad en la red de Aducción**

Punto	Elevación (msnm)	Gradiente hidráulico (m)	Presión (mca)
RP1	282.00	282.00	0.00
A	255.50	274.21	18.71
CS1	255.40	274.10	18.70
B	240.20	268.43	28.23
CS2	240.10	268.18	28.08
CS3	230.30	265.95	35.65

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.14 – Resultados definitivos de la Red de Aducción**

Tramo	Longitud (m)	Diámetro Nominal (mm)	Tipo de Tubería	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)
RP1-A	1,097.30	500	HD K-7	435.45	2.22
A-CS1	41.00	400	HD K-7	145.78	1.16
A-B	1,037.30	450	HD K-7	289.67	1.82
B-CS2	39.00	300	HD K-7	108.77	1.54
B-CS3	599.70	400	HD K-7	180.90	1.44

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2 Línea de gradiente hidráulica de la red de Aducción

Con la Línea de Gradiente se podrá obtener las pérdidas de carga en cada punto gráficamente con solo tener la pendiente de esta recta, ya que la pendiente es el resultado de la división de la pérdida de carga entre la longitud del tramo.

Con la Gradiente Hidráulica de los puntos del cuadro 4.13 y la longitud por tramo del cuadro 4.14 se podrá hallar la pérdida de carga (hf) en cada tramo, y la pendiente ( $S=hf/L$ ) se hallará con la pérdida de carga y la longitud de cada tramo.

$$hf \text{ (Pérdida de carga)} = \text{Gradiente Hidráulica punto salida} - \text{Gradiente Hidráulica punto llegada}$$

$$S \text{ (Pendiente)} = hf / L$$

La línea de gradiente Hidráulica de la red de Aducción se divide en tres tramos, uno para cada cámara de sectorización y parten cada una del reservorio RP-1 de cota de nivel de agua (CNA RP1) es 282.00 m.

**Cuadro 4.15 – Pérdida de carga de la red de Aducción**

Tramo	Caudal (lps)	Longitud (m)	Gradiente Hidráulica Salida (m)	Gradiente Hidráulica Llegada (m)	Pérdida de Carga (hf en m)
RP1-A	435.45	1,097.30	282.00	274.22	7.79
A-CS1	145.78	41.00	274.21	274.10	0.11
A-B	289.67	1,037.30	274.21	268.43	5.79
B-CS2	108.77	39.00	268.43	268.18	0.25
B-CS3	180.90	599.70	268.43	265.95	2.48

Fuente: Elaboración propia

**-Del RP-1 hacia la CS-1.** -Del Reservorio RP1 para llegar a la CS-1 se pasa antes por el punto A. del nivel de agua del reservorio es 282.00 m, la presión en el nivel de agua del reservorio es cero, la presión en la línea de aducción ira aumentando mientras haya mayor diferencia de cotas entre el reservorio y la línea de conducción, también mientras mayor sea la longitud de la tubería habrá mayor pérdida de carga. El software Watercad grafica la línea de gradiente hidráulica para los puntos RP1, A, B y CS1.

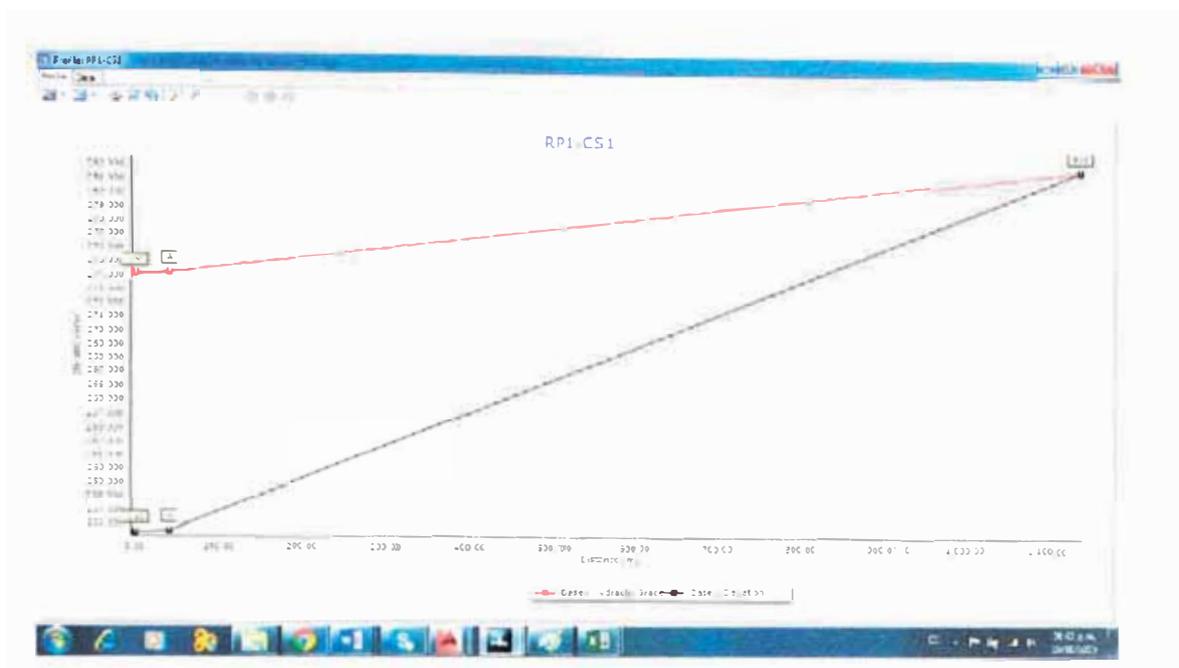


Figura 4.13– Línea de Gradiente de los puntos RP1, A y CS1 del software Watercad

La figura 4.13 muestra la línea de gradiente hidráulica y la cota del RP1, punto A y CS1 en el software Watercad. Los tramos se dividen de la siguiente manera:

Pérdida de carga del RP1 al Punto A:

-Gradiente Hidráulica RP1 = 282.00 m

-Gradiente Hidráulica del punto A = 274.21 m

Entonces:  $hf(RP1-A) = 282.00 - 274.21 = 7.79$  m

Pérdida de carga del punto A a la CS-1:

-Gradiente Hidráulica del punto A = 274.21 m

-Gradiente Hidráulica de la CS-1 = 274.10 m

Entonces:  $hf(A-CS1) = 274.21 - 274.10 = 0.11$  m

$hf(RP1-CS1) = hf(RP1-A) + hf(A-CS1)$

Entonces:  $hf(RP1-CS1) = 7.79 + 0.11 = 7.9$  m

Con el perfil del terreno, la gradiente hidráulica y los datos del cuadro 4.13 se puede hacer un grafico donde se aprecie mejor como va aumentando la perdida de carga y como varia la presion en cada punto. Ver figura 4.14.

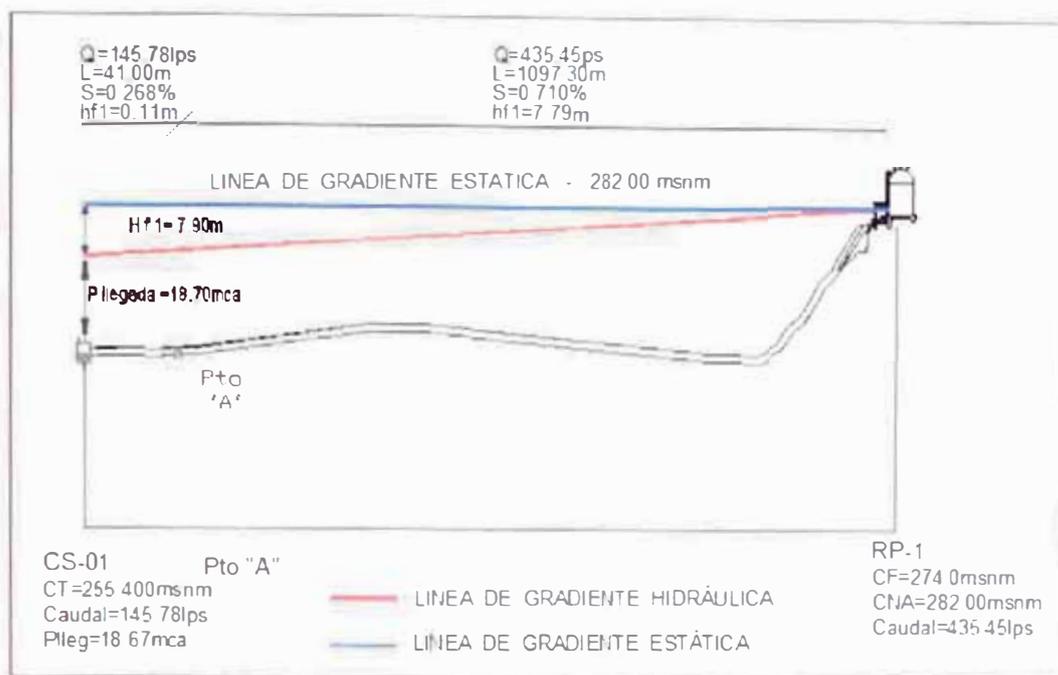


Figura 4.14– Línea de Gradiente Hidráulica de la red de Aducción del tramo RP1 a la CS1 Ver anexo N° 5

-Del RP-1 hacia la CS-2.-Del reservorio RP1 conduce un caudal que pasa por el punto A y B para luego llegar a la CS2 con el caudal requerido en esta cámara. El software Watercad gráfica la línea de gradiente desde el Reservorio RP1 hasta la CS2:

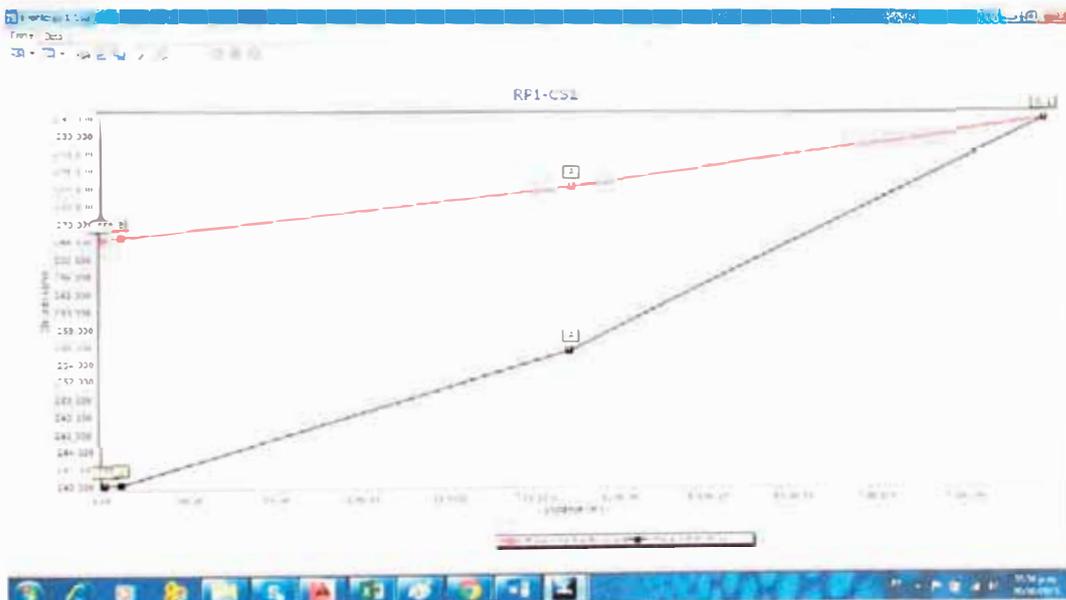


Figura 4.15 – Línea de Gradiente de los puntos RP1, A, B y CS2 del Software Watercad

Pérdida de carga del punto A al punto B:

-Gradiente Hidráulica del punto A = 274.21 m

-Gradiente Hidráulica del punto B = 268.43 m

Entonces:  $h_f (A-B) = 274.21 - 268.43 = 5.78 \text{ m}$

Pérdida de carga del punto B a la CS-2

-Gradiente Hidráulica del punto B = 268.43 m

-Gradiente Hidráulica de la CS-2 = 268.18 m

Entonces:  $h_f (B-CS2) = 268.43 - 268.18 = 0.25 \text{ m}$

$h_f (RP1-CS2) = h_f (RP1-A) + h_f (A-B) + h_f (B-CS2)$

Entonces:  $h_f (RP1-CS2) = 7.79 + 5.78 + 0.25 = 13.82 \text{ m}$

Con el perfil del terreno, la gradiente hidráulica y los datos del cuadro 4.13 se puede hacer un grafico donde se aprecie mejor como va aumentando la perdida de carga y como varia la presion en cada punto. Ver figura 4.16.

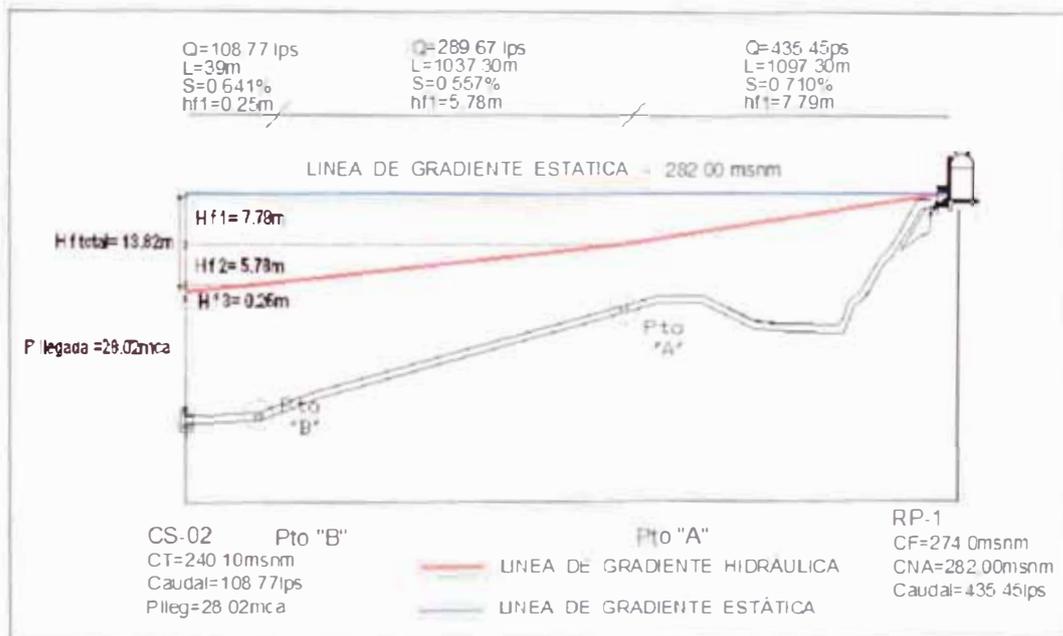


Figura 4.16– Línea de Gradiente Hidráulica de la red de Aducción del tramo RP1 a la CS2. Ver anexo N° 5

-De RP-1 hacia la CS-3.-Para hallar la presión de llegada en la cámara de sectorización 3, se parte del nivel de agua del reservorio pasando por el punto A

y B hasta llegar a la CS-3. El software Watercad grafica la línea de gradiente hidráulica para los puntos RP1, A, B y CS3.



Figura 4 17 – Línea de Gradiente de los puntos RP1, A, B y CS3 del Software Watercad

$h_f$  del (RP1-A) = 7.79 m

$h_f$  del (A-B) = 5.78 m

Pérdida de carga del punto B a la CS-3:

-Gradiente Hidráulica del punto B = 268.43 m

-Gradiente Hidráulica de la CS-3 = 265.95 m

Entonces  $h_f$  (A-CS1) = 268.43-265.95 =2.48 m

$h_f$  (RP1-CS3) =  $h_f$ (RP1-A) +  $h_f$ (A-B) +  $h_f$ (B-CS3)

Entonces:  $h_f$ (RP1-CS3)=7.79 + 5.78+2.48 = 16.05 m

Con el perfil del terreno, la gradiente hidráulica y los datos del cuadro 4.13 se puede hacer un grafico donde se aprecie mejor como va aumentando la perdida de carga y como varia la presion en cada punto. Ver figura 4.18.

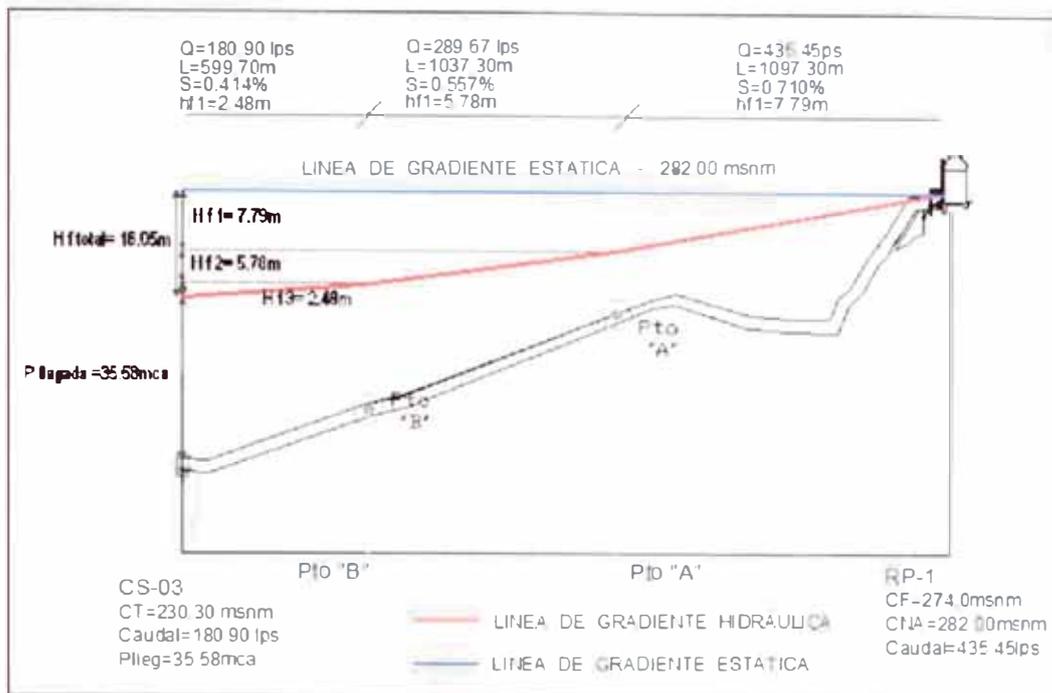


Figura 4.18 – Línea de Gradiente Hidráulica de la red de Aducción del tramo RP1 a la CS3 Ver anexo N° 5

Con los diámetros verificados en la red de Aducción se puede dibujar el esquema de la red de aducción para posteriormente diseñar las cámaras de sectorización de los 3 sectores:

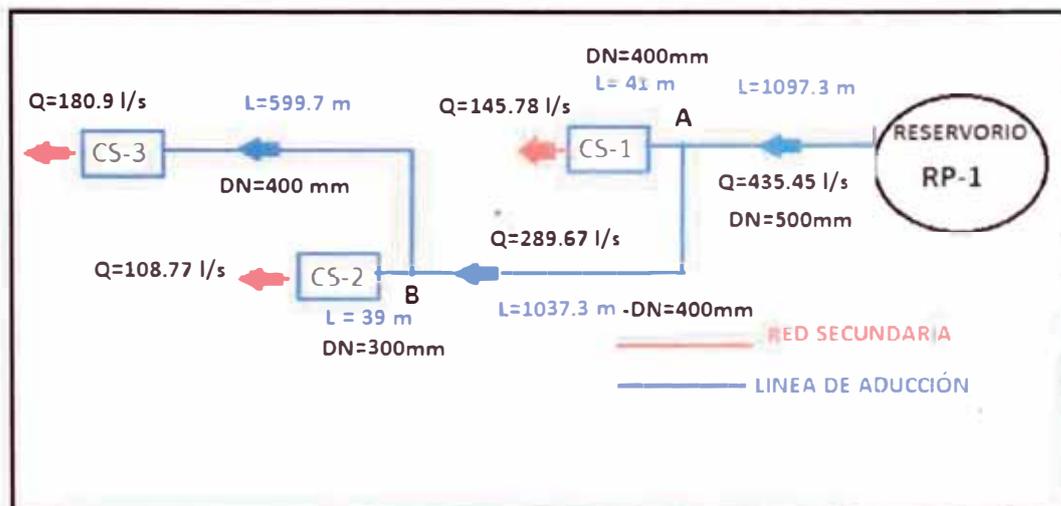


Figura 4.19 – Diagrama final de la red de Aducción Ver anexo N° 3

## **CAPÍTULO V: CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERIAS, ACCESORIOS Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS LINEAS DE CONDUCCION Y ADUCCION.**

### **5.1 Características de las tuberías en las líneas de Conducción y Aducción**

Esta Sección contiene los requerimientos que se aplicarán a la fabricación e instalación de las tuberías para conducción a presión y por gravedad y los accesorios correspondientes que podrán ser usados en las obras del Proyecto de Optimización del Suministro de Agua Potable

La inspección y pruebas de campo estarán bajo la dirección única y exclusiva del Ingeniero o el personal que éste designe. Los diámetros de las tuberías que se mencionen en los planos, en estas especificaciones, memorias y/o cualquier otro documento que forme parte del presente proyecto, son los diámetros nominales de las tuberías (ver Anexo N° 14)

#### **5.1.1 Tuberías y accesorios para conducción de agua potable para las líneas troncales de sector**

Las tuberías y accesorios para la conducción de agua potable a presión serán de Hierro fundido dúctil-HD. Obligatorio, por lo que en este diseño utilizamos tubería y accesorios de HD K-9 para la línea de conducción debido a que la línea de donde se capta el agua es de HD. K-9, y utilizaremos Tubería y accesorios K-7 para la línea de aducción por ser más económica que la K-9.

Las tuberías y accesorios de hierro fundido dúctil cumplirán la Norma ISO 2531 – Tubos, uniones y piezas especiales de hierro fundido dúctil para tuberías a presión; con juntas de anillos de jebe, con revestimiento interno de mortero de cemento, tratamiento externo de zinc (zincado) y bitumen contra corrosión. Adicionalmente, para mayor protección a la corrosión, las tuberías de hierro fundido dúctil serán protegidas con una funda de polietileno que estará de acuerdo con la Norma ISO 8180 - Canalizaciones de fundición dúctil, revestimientos tubulares de polietileno. La tubería y accesorios de hierro dúctil deberán tener alta resistencia mecánica y a la corrosión, buen comportamiento durante los sismos,

durabilidad, buenas características hidráulicas y no requerirán de mantenimiento cuando menos por 20 años.

Las tuberías de hierro fundido dúctil (HD) serán con uniones de espiga y campana con sellos de jebe. Los accesorios también serán de hierro dúctil con sellos de jebe iguales a los de la tubería.

Los tubos serán fácilmente cortables y limables. Deben presentar sus superficies interna y externa convenientemente lisas y estar exentos de defectos de superficie u otros. Serán revestidos interna y externamente tal como se indica más adelante.

Se admite la siguiente tolerancia:

Masa: Para diámetros mayores de 200 mm, 5% en masa menor

Espesor:  $t = 1.3 + 0.001 \text{ DN}$

Donde:

t = tolerancia para espesor mínimo en mm

DN = diámetro nominal en mm

Longitud: Tolerancia de 10 mm para disminuir la longitud útil.

Curvatura: Haciendo posar un tubo sobre dos apoyos separados entre sí por una distancia de  $2/3$  de su longitud, la medida de la flecha de la generatriz más arqueada del tubo, en milímetros, no puede sobrepasar dos veces la longitud del tubo expresado en metros.

### 5.1.2 Marcado de Tuberías

Todos los tubos, accesorios y anillos deberán llevar marcados en forma perfectamente visible las siguientes indicaciones:

Tubos con enchufe

- Marca del fabricante - Tipo de tubería (material)
- Fecha de fabricación - Clase de tubería- Presión Nominal

- Diámetro nominal del tubo (DN) - Normas de Fabricación

El fabricante podrá mostrar en los tubos cualquier indicación adicional que estime conveniente.

Uniones con enchufe

- Logotipo del fabricante - Tipo de unión
- Diámetro Nominal (DN) - Presión Nominal (PN)
- Fecha de Fabricación - Normas de Fabricación

Anillos de junta

- Tipo de Junta - Logotipo del Fabricante
- Diámetro Nominal (DN) - Código de Utilización
- Material - Fecha de Fabricación

### **5.1.3 Uniones y sellos para tuberías de hierro fundido dúctil**

Las uniones entre tubos o accesorios serán de tipo flexible de espiga y campana con sellos de anillos de jebe, los que deberán ser completamente herméticos al agua y de alta durabilidad, cumpliendo con las Normas de referencia ISO 4633. El material del anillo de jebe podrá ser jebe o caucho etilpropileno o caucho etileno butadieno que permita establecer un sello flexible y de larga duración entre las tuberías y que sea resistente a los esfuerzos mecánicos, ataques químicos o bacteriológicos.

### **5.1.4 Accesorios para tuberías de Hierro Dúctil (H.D.)**

Los accesorios para las tuberías de hierro dúctil tales como tees, cruces, codos serán del mismo material que las tuberías y cumplirán con las Normas de Referencia para tuberías y accesorios de hierro dúctil ISO 2531.



Figura 5 1 – Accesorios de Hierro Dúctil

### 5.1.5 Revestimientos para tuberías de Hierro Dúctil

El revestimiento exterior del tubo será de zinc metálico conforme a la norma ISO 8179-1 y con material bituminoso de acuerdo con la Norma AWWA C104; la cantidad de zinc depositado no será inferior a 130 gr/m<sup>2</sup>. Después de zincados, los tubos serán revestidos con un revestimiento bituminoso cuyo promedio de espesor no será inferior a 120 micrones. Optimización del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Comas – Chillón – Lima Lote 3-Obras de Rehabilitación de Redes Secundarias de Agua Potable y Alcantarillado Especificaciones Técnicas Particulares 6. Tuberías y Accesorios para Agua Potable y Desagüe 06 Tubería acc agua y alc 15 El revestimiento interior de las tuberías de hierro dúctil se hará con mortero de cemento aplicado por centrifugación de acuerdo a la norma ISO 4179-1985 o ANSI-AWWA C101/A21.04, considerando que el revestimiento es satisfactorio cuando se haya limado cualquier excrecencia y la distancia entre la superficie terminada y una escuadra mantenida paralela al eje del tubo no exceda de 2 mm en cualquier dirección. El revestimiento de los accesorios debe ser igual y de las mismas cualidades que el de los tubos.



Figura 5 2 – Revestimiento de tuberías de Hierro Dúctil

### 5.1.6 Funda de polietileno para protección contra la corrosión

Todas las tuberías, accesorios, uniones y válvulas de hierro dúctil a ser instaladas bajo tierra deben recubrirse con fundas exteriores de polietileno para la conveniente protección a la corrosión. Tanto los materiales a utilizarse en la elaboración de las fundas como los procedimientos de instalación deberán cumplir las Normas ISO 8180/AWWA C105/A21.5 y ASTM A674 vigentes.



Figura 5 3 – Funda de polietileno alrededor del tubo de Hierro Dúctil

## 5.2 Procesos constructivos de la instalación de tuberías de H.D. en las líneas de conducción y aducción

### 5.2.1 Excavaciones

Las excavaciones serán hechas a mano o con equipo mecánico, a trazos anchos y profundidades necesarias para la construcción, de acuerdo a los planos del proyecto replanteados.

Por la naturaleza del terreno, en determinados casos será necesario utilizar tablestacados, entibados y/o pañeteo de las paredes, a fin de que estas mantengan su estabilidad.

Las excavaciones no deberán efectuarse con demasiada anticipación a la construcción o instalación de las estructuras, para evitar derrumbes, accidentes y problemas de tránsito. En el caso de instalación de tuberías, el límite máximo de zanjas excavadas será de 300m según las Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras de Sedapal (ver anexo 14).

Se pueden producir sobre excavaciones en dos casos

- Autorizada.- Cuando los materiales encontrados, excavadas a determinadas profundidades no son las apropiadas tales como: Suelos orgánicos, basura u otros materiales fangosos.

- No autorizadas.- Cuando por negligencia se excava por debajo de las líneas y gradientes determinadas.

En ambos casos el constructor está obligado a llenar los espacios de la sobre-excavación con concreto  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  u otro material apropiado u otro material apropiado debidamente acomodado y/o compactado tal como sea ordenado por el supervisor o Sedapal.

### 5.2.2 Refine y Nivelación

Se efectuara después de concluida la excavación. El refine consiste en el perfilado tanto de las paredes como del fondo excavado, teniendo especial cuidado que no queden protuberancias que hagan contacto con la estructura a ejecutar o instalar.

La nivelación se efectuara en el fondo con el tipo de cama aprobada por el supervisor.

La cama estará constituido por material granular de  $\frac{1}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ ". Cuando la tubería de HD este revestida con funda de polietileno, se deberá utilizar arena gruesa.

### 5.2.3 Transporte y manipulación

El Contratista deberá tener acopiada a pie de obra la cantidad necesaria de tuberías para no retrasar el ritmo de instalación. La cantidad mínima de tubos a ser enviada a cada tramo de instalación será la necesaria para el trabajo de un día y la cantidad máxima la necesaria para no retrasar el ritmo de instalación. No se permitirá colocar en el trazo de las líneas más tubería que la necesaria para 10 días de tendido. Los tubos que hayan sufrido averías durante el transporte, descarga y depósito, o que presenten defectos no apreciados en la recepción en fábrica, serán rechazados. En la carga, transporte y descarga de los tubos, se evitarán los choques, siempre perjudiciales a los tubos; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer tomándose las precauciones necesarias para su manejo de tal manera que no sufran golpes de importancia. Al manipular la tubería con grúa se utilizará un estrobo apropiado alrededor de la tubería, por ningún motivo el estrobo podrá pasar por dentro del tubo y deberá ser de nylon u otro material adecuado que no produzca daños a la tubería. Tanto en el transporte como en el apilado, se tendrá presente el número de capas de tubos que se pueda apilar. Si la zanja no está abierta todavía, se colocará la tubería, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piense amontonar los materiales de la excavación y de tal forma que quede protegida del tránsito vehicular. Se colocará cuñas o estacas para evitar que la tubería se desplace sin control. Los tubos que hayan sido acopiados en el borde de las zanjas, serán examinados por el Ingeniero, debiendo rechazarse aquellos que presenten cualquier deterioro. Los anillos de elastómero para las juntas deberán almacenarse en lugar fresco y protegido de la luz solar, calor, contacto con aceites o grasas hasta el momento de su instalación.



Figura 5 4 – Excavación y manipulación de la tubería de Hierro Dúctil

#### 5.2.4 Instalación de la tubería y accesorios de Hierro Dúctil

Siempre y cuando lo permita la sección transversal de las calles, las tuberías se ubicarán con respecto a los otros servicios públicos en forma tal que la menor distancia entre ellos, medida entre los planos tangentes respectivos sea:

A tubería de agua potable	0,80 m
A canal de regadío	0,80 m
A cables eléctricos, telefónicos, etc.	1,00 m
A colectores de alcantarillado	2,00 m
A estructuras existentes	1,00 m

La tubería se limpiará cuidadosamente de cualquier elemento que haya podido depositarse en su interior y se mantendrá constantemente limpia. Utilizar solamente tubería de longitudes enteras para esta obra, a menos que se necesiten tramos cortos (niples). Preparar los extremos de la tubería cortados en el campo, de acuerdo con las indicaciones del fabricante y usar herramientas, en condiciones buenas y afiladas. No utilizar herramientas de percusión para cortar la tubería. Para la tubería de agua potable utilizar solamente niples en donde se requieren conexiones especiales. El Ingeniero examinará cuidadosamente la cama y cada tubo suspendido en el aire, antes de ser bajado a su posición definitiva. No se admitirá la instalación de ningún tubo que presente deterioro. Los tubos deteriorados serán sustituidos por otros. Esta inspección por parte del Ingeniero, no releva al Contratista de satisfacer todas las condiciones de las presentes Especificaciones. Para la tubería que opera a flujo libre, comenzar la colocación de la tubería por el extremo aguas abajo de un tramo y proceder aguas arriba, localizando las campanas de cada tubo en el sentido de aguas arriba también. Los tubos se bajarán cuidadosamente hasta el fondo de la zanja con grúa u otro medio aprobado por el Ingeniero. El tubo será colocado sobre la cama cuidando que las inscripciones en el exterior del tubo a que se hace referencia en el capítulo 5.1.2 deberán quedar visibles. Una vez que los tubos estén en el fondo de la zanja, se realizará su centrado y perfecta alineación con los adyacentes, verificando su alineación y pendiente. No se permitirá la cimentación discontinua sobre bloques, piedras o terrones debiendo reposar cada tubo de una forma continua sobre la cama en toda su longitud, excepto en el punto medio y en las

zonas de junta, en las que se admitirá la excavación de unos pequeños nichos para permitir la extracción de la mordaza de suspensión. Una vez colocada e instalada la tubería todos estos nichos serán rellenos y compactados cuidadosamente.

Centrar la espiga en la campana o acople, limpiar cuidadosamente la cavidad de alojamiento del anillo de caucho, así como el anillo de junta de elastómero. Introducir el anillo de elastómero con la parte más gruesa hacia el interior del tubo, asegurándose que quede en contacto con todo el canal de alojamiento de la campana. Profundidad de inserción de la espiga a la campana según los diámetros proporcionados por el proveedor. Antes de acoplar el tubo, debe limpiarse el interior de la campana o acople y el exterior de la espiga a insertar. Enseguida se procede a la aplicación del lubricante en el anillo y el chaflán y por lo menos la mitad de la espiga a insertar. Ejercer suficiente fuerza en la tubería entrante. Insertar el extremo achaflanado en la campana que contiene el anillo y se procede a empujar el tubo hasta el fondo, retirándolo luego 10 mm para que la unión opere también como junta de dilatación. No exceder las recomendaciones del fabricante para deflexión de juntas.

Tapones temporales.- Las tuberías y accesorios deberán permanecer con tapones temporales en los almacenes, durante el transporte, y al ser colocados al lado de la zanja hasta el momento de su instalación, previa limpieza. Igualmente, al extremo de las secciones en donde el acoplamiento de tubería no ha sido terminado. Retirar los tapones temporales que se encuentren al conectar cuando ya no son necesarias, o cuando así sea ordenado.

Figura 5 5 – Tubería de hierro dúctil instalada

Para el caso de los accesorios de hierro Dúctil deben ir anclados con concreto hasta apoyarse en terreno firme para garantizar su estabilidad, dependiendo el tipo de accesorio se utilizara un anclaje diferente, siempre el anclaje deberá ir en dirección contraria a la dirección de empuje del agua por presión.



Figura 5 6 – Anclaje de accesorio de Hierro Dúctil

### 5.2.5 Relleno Compactado

Se tomaran las previsiones necesarias para la consolidación del relleno, que protegerán a las estructuras enterradas. Para efectuar un relleno compactado previamente el constructor deberá contar con la autorización del Supervisor.

El relleno podrá realizarse con el material de la excavación siempre que cumpla con las características establecidas en las definiciones del “material Selecto” y/o “Material Seleccionado” Según las Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras de Sedapal (ver anexo 17).

Si el material de la excavación no fuera el apropiado se reemplazara por “Material de Préstamo”, previamente aprobado por el supervisor.

#### 5.2.5.1 Cama de Apoyo

De acuerdo a las características del terreno se diseñara la cama de apoyo de tal forma que garantice la estabilidad y el descenso uniforme de los tubos. Los materiales de la cama de apoyo que deberán colocarse en el fondo de la zanja serán:

- a) En terrenos Normales y Semirocosos.- Seran específicamente de arena gruesa y/o gravilla y/o hormigón zarandeado, que cumpla con las características exigidas como material selecto, a excepción de su granulometría. Tendra un espesor no menor de 0.10 m debidamente acomodada y/o compactada medida desde la parte baja del cuerpo del tubo.
- b) En terreno Rocoso.- Sera del mismo material que el inciso a), pero con un espesor no menor de 0.15m.
- c) En terreno Saturado.- La cama se podrá realizar con gravilla entre ¼" a ½".

#### 5.2.5.2 Primer Relleno

Una vez colocada la tubería y acopladas la juntas se procedera al relleno a ambos lados del tubo con material selecto similar al empleado para la cama de apoyo. El relleno se hara por capas apisonadas de espesor no superior a 0.15m, manteniendo constante la misma altura a ambos lados del tubo hasta alcanzar la coronación de este, la cual debe quedar a laq vista, prosiguiendo luego hasta alcanzar 0.30m por encima de la clave del tubo.

Se usara para la compactación equipos manuales, debiendo obtenerse un grado de compactación no menor al 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado ASTM 698 o AASHTO T-180

#### 5.2.5.3 Segundo Relleno

A partir del nivel alcanzado en el primer relleno, se proseguirá el relleno con material seleccionado en capas sucesivas de 0.15m de espesor terminado y compactado con equipo mecánico hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado ASTM 698 o AASHTO T-180.

De no alcanzar el porcentaje establecido se deberá hacer las correcciones del caso debiendo efectuar nuevos ensayos hasta conseguir la compactación deseada. El número mínimo de ensayos de compactación realizar será de uno por cada 50m de zanja y en la capa que el supervisor determine.

En el caso de zonas de trabajo donde no existan pavimentos y/o veredas el segundo relleno estará comprendido entre el primer relleno hasta el nivel del terreno natural.

#### 5.2.5.4 Relleno y compactación de Base y Sub-Base

El material seleccionado para la base y sub-base que necesariamente será de afirmado apropiado, el cual deberá estar libre de materia vegetal y terrones de tierra, manteniendo una cantidad de finos que garanticen su trabajabilidad y den estabilidad a la superficie antes de colocar el riego de imprimación. Se compactará usando equipo mecánico que permita alcanzar la densidad especificada. El porcentaje de compactación no será menor al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado AASHTO T-180.



Figura 5.7 – Relleno compactado por capas

### 5.3 Ensayos, inspección y pruebas de las tuberías de H.D. en la red de agua potable

#### 5.3.1 Pruebas y Ensayos en Fábrica

El Contratista presentará certificados del fabricante de las tuberías, de los ensayos y pruebas, realizadas en fábrica de acuerdo a lo especificado por las Normas de Referencia ITINTEC, ISO, AWWA, ASTM.

### 5.3.2 Pruebas Hidráulicas de la tubería de H.D. en la línea de Conducción y Aducción

La finalidad de las pruebas hidráulicas, es verificar que todas las partes de la línea de agua potable hayan quedado correctamente instaladas, probadas contra fugas, desinfectadas y listas para prestar servicio. Tanto el proceso de prueba como sus resultados, serán verificados por el Ingeniero, con asistencia del Contratista, debiendo éste último proporcionar el personal, material, aparatos de pruebas, de medición y cualquier otro elemento que se requiera para las pruebas. Las pruebas de las líneas de tuberías se realizarán en 2 etapas:

- a) Prueba hidráulica a zanja abierta. - Por tramos de una línea de tuberías.
- b) Prueba hidráulica a zanja con relleno compactado: - Para la totalidad de una línea de tuberías.

De acuerdo a las condiciones que se presenten en obra y con la aprobación del Ingeniero, se podrá efectuar en conjunto la prueba a zanja con relleno compactado, con la operación de desinfección.

En la prueba hidráulica a zanja abierta, sólo se podrá subdividir las pruebas de los tramos, cuando las condiciones de la obra no permitieran probarlos por tramos completos, debiendo previamente ser aprobados por el Ingeniero.

Considerando el diámetro de la línea de agua y su presión de prueba se elegirá, con aprobación del Ingeniero, el tipo de bomba de prueba que puede ser accionada manualmente o mediante fuerza motriz. La bomba de prueba deberá instalarse en la parte más baja de la línea y de ninguna manera en las partes altas. Para expulsar el aire de la línea de agua que se está probando deberá necesariamente instalarse purgas adecuadas en los puntos altos, cambios de dirección y extremos de la misma. La bomba de prueba y los elementos de purga de aire, se conectarán a la tubería mediante tapones con niples especiales de conexión.

Se instalará como mínimo 2 manómetros de rangos de presión apropiados, preferentemente en ambos extremos del tramo a probar. El Ingeniero, previamente al inicio de las pruebas, verificará el certificado de calibración del

manómetro y el estado y funcionamiento de los manómetros. No se permitirá el uso de manómetros en mal estado o que no se encuentren calibrados

Durante la prueba hidráulica no deberá ocurrir pérdida de agua en el tramo en prueba.

La presión de prueba es 1.5 veces la presión nominal en líneas de conducción y aducción que para estos casos se considera 1.5 veces la presión máxima de funcionamiento (ver cuadro 5.1), y será medida en el punto más bajo.

a) Pruebas Hidráulicas a Zanja Abierta.- Antes de proceder a llenar las líneas de agua a probar, los accesorios deberán estar previamente anclados y efectuado el primer relleno compactado, debiendo quedar al descubierto todas las uniones.

Para los casos de tubos que hayan sido observados, éstos deberán permanecer descubiertos en el momento que se realice la prueba. La línea permanecerá llena de agua por un periodo mínimo de 24 horas antes de proceder a iniciar la prueba. El tiempo mínimo de duración de la prueba será de una hora debiendo la línea de agua permanecer durante éste tiempo bajo la presión de prueba. No se permitirá que durante el proceso de prueba, el personal permanezca dentro de la zanja, con excepción del trabajador que bajará a inspeccionar las uniones, válvulas, accesorios, etc.

b) Pruebas Hidráulicas a Zanja Tapada.- No se autorizará realizar la prueba a zanja con relleno compactado, si previamente la línea de agua no ha cumplido Satisfactoriamente la prueba a zanja abierta. La línea permanecerá llena de agua por un periodo mínimo de 24 horas, para proceder a iniciar las pruebas a zanja con relleno compactado. El tiempo mínimo de duración de la prueba a zanja con relleno compactado será de una (1) hora, debiendo la línea de agua permanecer durante este tiempo bajo la presión de prueba.



Figura 5 8 – Prueba hidráulica a Zanja Tapada

### 5.3.3 Desinfección de tuberías

Todas las líneas de tubería antes de ser puestas en servicio, serán completamente desinfectadas. Con la aprobación del Ingeniero supervisor la desinfección se podrá realizar en conjunto con la prueba hidráulica a zanja con relleno compactado, si es que la línea o tubería va a ser puesta en servicio de inmediato

Todas las tuberías nuevas o existentes que conducirán agua potable que se hayan cortado o disturbado de alguna manera, después de concluida toda restauración necesaria y antes de ser puestas en servicio, serán limpiadas pasando un aditamento apropiado para ser después completamente desinfectadas. Se podrá utilizar cualquiera de los productos enumerados a continuación en orden de preferencia de acuerdo a las Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras para Sedapal.

- a) Cloro líquido.
- b) Compuestos de cloro disueltos en agua.
- c) Otros desinfectantes inocuos y aprobados por Sedapal

La tubería debe ser lavada previamente y toda la suciedad y materia extraña eliminada, inyectando agua por un extremo y haciéndola salir por otro. Para la desinfección con cloro líquido se aplicará una solución de cloro líquido por medio de un aparato clorinador de solución, o cloro directamente de un cilindro con

aparatos adecuados para controlar la cantidad inyectada y asegurar la difusión efectiva del cloro en toda la tubería.

Será preferible usar el aparato clorinador de solución. El punto de aplicación será de preferencia el comienzo de la tubería. El dosaje de cloro aplicado para la desinfección será de 40 a 50 ppm. En la desinfección de la tubería por compuestos de cloro disuelto, se podrá usar hipoclorito de calcio o similares y cuyo contenido de cloro utilizable sea conocido. Se usará una solución de 5% de agua, la que será inyectada o bombeada dentro de la tubería a desinfectar y en una cantidad tal que dé un dosaje de 40 a 50 ppm de cloro. El período de retención será por lo menos de 24 horas. Al final de la prueba el agua deberá tener un residuo de cloro de por lo menos 5 ppm. En el periodo de cloración, todas las válvulas nuevas y otros accesorios serán operados repetidas veces para asegurar que todas sus partes entren en contacto con la solución de cloro. Después de la desinfección el agua con cloro será totalmente expulsada antes de poner la tubería en servicio.



Figura 5 9 – Prueba de desinfección con clorinador

El clorinador de la figura 5.9 funciona de tal forma que se toma 2 muestras en las probetas y a una de ellas se le echa un disolvente que vuelve más rojiza a la solución a mayor cloro que hay en ella, luego se coloca las dos probetas en el envase, siendo el lado derecho el que tiene el disolvente, en la parte inferior del envase hay una aguja que se gira manualmente donde indica las ppm de cloro, se debe buscar que estén del mismo color para así ir a las agujas que nos marcan el porcentaje de cloro en ppm, mientras más rojiza este el que tiene el disolvente comparado con la otra muestra mayor será la concentración que marca en las agujas del envase.

### 5.3.4 Pruebas de Compactación

Como se mencionó en el capítulo 5.2.5 el relleno se hace por capas compactado cada 0.15 m, y se debe hacer pruebas de compactación en cada capa para poder rellenar la siguiente capa, hasta la subrasante se debe obtener como mínimo el 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado ASTM 698 o AASHTO T-180. Y en la rasante o Base se debe obtener el 100 %.



Figura 5 10 – Prueba de compactación con Densímetro Nuclear

## CAPITULO VI: EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO DEL CUARTO DE MÁQUINAS DEL RESERVORIO, LAS CÁMARAS DE DERIVACIÓN A y B, CÁMARAS DE EMPALME 1 y 1A.

### 6.1 Equipamiento hidráulico del cuarto de máquinas del reservorio RP-1

El cuarto de máquinas es donde se controla el caudal que ingresa y sale del reservorio con válvulas manuales y automatizadas.

Como se vio en el diseño de las tuberías de conducción y aducción, las tuberías que ingresan al reservorio (línea de conducción) tienen un diámetro de 500mm y la que baja del reservorio (línea de aducción) tiene un diámetro de 400mm.

Para el funcionamiento óptimo del reservorio en caso que se haga limpieza, mantenimiento o reparación en el reservorio, el sistema debe seguir abasteciendo de agua a la población para ello colocaremos un puente entre la tubería de conducción y la de aducción donde se abastecerá directamente a la población sin que el agua llegue al reservorio, en medio del puente se colocara una válvula mariposa de control manual junto con una unión auto portante para su cambio o limpieza. Ver plano N° 5.

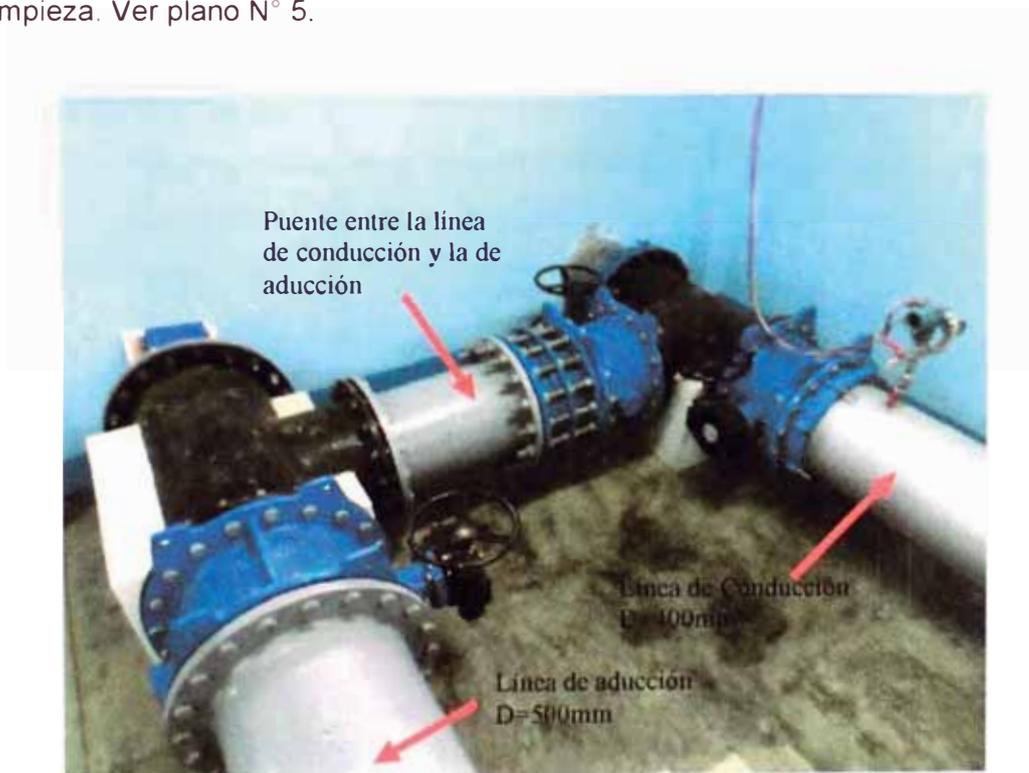


Figura 6 1 – Bypass del cuarto de la línea de Conducción y Aducción

Línea de Conducción.- En la tubería de conducción de 400mm antes de llegar al reservorio se colocara un bypass de 300mm cada una por ser el diámetro equivalente sumando sus áreas, ambas con válvulas reguladoras de caudal de control automático, cada una con válvulas mariposas de control manual a la entrada y salida de sus respectivas válvulas reguladoras de caudal. Aparte del bypass de 300mm se colocara una línea con una válvula de alivio de diámetro 100mm que servirá para disminuir la presión y el caudal cuando se requiera.

En la válvula de alivio antes y después se colocara válvulas compuerta de control manual que funcionaran abiertas y dejando que la válvula de alivio funcione automáticamente según sea necesario. El bypass se coloca de manera que ante una limpieza o posible falla en algunas de las 2 líneas se pueda reparar cerrando una y que siga ingresando agua en el reservorio.

Válvula reductora de presión y control Solenoide.- es una válvula de control automático diseñada para reducir presión de entrada alta a una presión baja estable aguas abajo sin importar los cambios en el flujo y/o presión de entrada. Es operada hidráulicamente, controlada por pilotos, de diafragma, en globo o ángulo. Cuando la presión de salida excede el punto de ajuste en el piloto de control, la válvula y el piloto cierran herméticamente. El sistema de control es muy sensible a leves cambios de presión e inmediatamente controla a la válvula para mantener la presión deseada aguas abajo. El ajuste de presión se realiza sencillamente en un tornillo que se encuentra protegido con una tapa plástica protectora para evitar la manipulación.



Figura 6 2 - Válvula Reductora de presión y control Solenoide

Las válvulas reductoras de presión y control automático (Solenoides) se podrá manipular digitalmente o manualmente, tienen su medidor de caudal electrónico que puede ir adosado a la pared, esta válvula se comunicara a través del tablero digitalizado en el reservorio hacia la central que está en la Atarjea por intermedio del sistema de control automatizada de datos (SCADA).

Estas tres líneas del árbol hidráulico a la entrada del reservorio se unirán en una tubería de 400mm de diámetro y entrara al reservorio.

Cabe señalar que en cada válvula se colocara uniones auto portante con la finalidad de desmontar las válvulas cuando se requiera.

Todas la válvulas de control manual ya sean mariposas o de compuerta deberán permanecer abiertas cuando entre en funcionamiento el reservorio y se controlara automáticamente mediante las válvulas reguladoras de caudal de control automático (Solenoides).

Además esta línea tendrá un medidor de caudal electrónico el cual marcara el caudal que ingresa al reservorio.



Figura 6.3 – Ingreso de la línea de conducción al Reservorio RP-1

Línea de aducción.- en esta línea a la salida del reservorio se colocara una válvula mariposa de control manual, la cual se cerrara manualmente en caso ya no se quiera abastecer de agua del reservorio ante una falla en las tuberías o un mantenimiento. Además de la válvula se colocara una medidor de caudal electrónico que través de una pantalla nos dirá el caudal que pasa por esta tubería.



Figura 6 4 – Medidor de caudal electrónico

Todos las tuberías son de acero SHC 40 bridadas con pernos de acero para su fácil montaje y desmontaje, las válvulas serán de H<sup>3</sup>D° PN 16.

## 6.2 Equipamiento hidráulico de la Cámara de Derivación A

Como se vio en el capítulo 4.2 en el diseño de la red de conducción la tubería que ingresa a la cámara de derivación A es de 600 mm, de esta cámara salen 2 líneas de agua la primera va dirigida al esquema las lomas que no es objeto del estudio y la segunda va hacia la cámara de derivación B que es de diámetro 450mm como se calculó anteriormente, para la división de esta red se utilizara una tee bridada de 600mm la cual derivara el caudal que ingresa en 2 partes, todos los accesorios serán bridados para su fácil equipamiento y ante un desperfecto se pueda desmontar y corregir.

Como no se tiene muchos datos del esquema las lomas más que el caudal que va hacia ese esquema que es de 422.43 l/s se dejara una tubería de 600mm con un tapón para que se puedan empalmar cuando se ejecute este esquema, con ese diámetro de tubería nos sale una velocidad de 1.94 m/s. Antes del tapón se colocara una válvula mariposa para el control del caudal que va hacia este esquema y una unión auto portante para su fácil montaje y desmontaje.

En la tubería que va hacia la cámara de derivación B después de la Tee se colocara una reducción de 600x450mm ya que la tubería que sale de esta cámara deberá ser de 450mm, luego se colocara una válvula mariposa para controlar el caudal que se dirige hacia la CD-B, después de la válvula mariposa se colocara una unión auto portante para facilitar su montaje y desmontaje.

Los caudales que se repartirán se controlaran manualmente con las válvulas mariposas, en la entrada y salida de las tuberías de esta cámara se colocaran manómetros que medirán la presión en la entrada y salidas del caudal de esta cámara.

Las medidas de esta cámara serán lo suficientemente espaciosas para poder equiparla y la altura dependerá de la tubería existente que se empalmo, esta cámara contara con un ingreso circular en la parte superior de tal forma que pueda entrar una persona normal sin mayor problema, además se colocara un sumidero en el piso un una pendiente no menor de 1% para desaguar ante una posible filtración. También llevara 2 tuberías de ventilación de PVC para que circule el oxígeno dentro de la cámara.

En el techo de la cámara se colocaran losas removibles para poder ingresar los accesorios y cuando se quiera cambiar poder sacar estos accesorios.

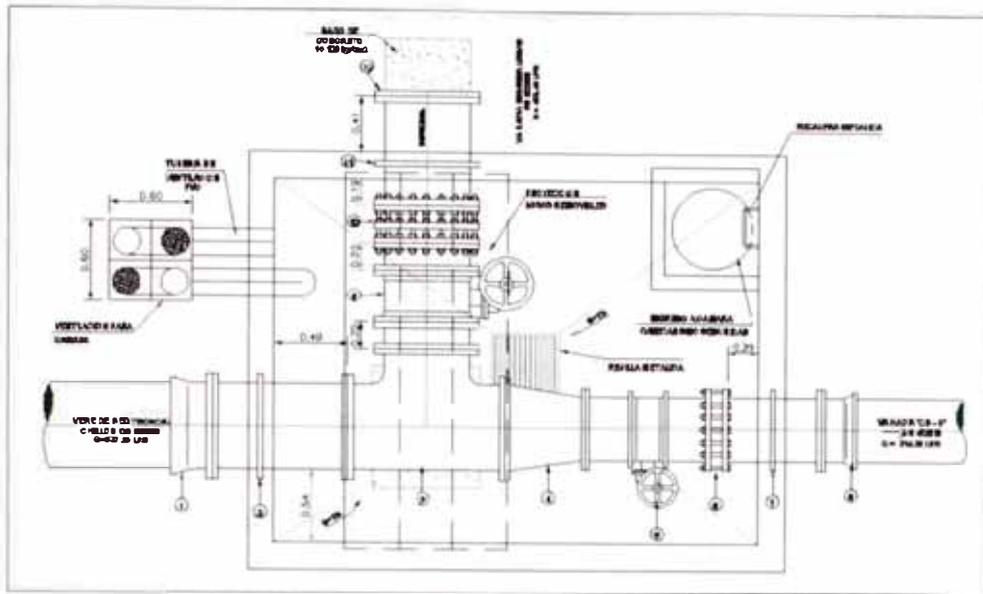


Figura 6.5 - Cámara de derivación A (CD-A), Ver anexo N°7.

### 6.3 Equipamiento hidráulico de la Cámara de Derivación B

La tubería que ingresa a esta cámara es de diámetro 450mm, es la misma que sale de la cámara de derivación A y la que se calculó en el capítulo 4.2. En esta cámara así como en la Derivación A, también se divide en 2 líneas, 1 va dirigida hacia el esquema Lomas de carabayllo que llevara un caudal de 16.77 l/s para ello asumiremos un diámetro de 250mm donde su velocidad sería de 0.34 m/s la cual abastecerá al esquema lomas en otro punto. La 2da línea que va hacia el reservorio es de diámetro 400mm como se calculó en el capítulo 4.2.

Con los diámetros de las tuberías de ingreso y salida de esta cámara se puede diseñar el sistema hidráulico dentro de esta cámara, como la tubería que ingresa es de 450 mm se colocara una tee de 450x450 mm, en la línea de 250mm que va hacia las lomas después de la tee se colocara una reducción de 450x250mm y luego 1 válvula mariposa que controlara manualmente el caudal hacia ese esquema, luego de la válvula mariposa se colocara una unión auto portante para su fácil montaje y desmontaje, después de la unión se lleva la tubería unos metros fuera de la cámara donde se colocara un tapón provisional hasta que el esquema lomas se empalme a esta tubería.

En la línea de 400mm que va hacia el reservorio RP-1 que abastece al esquema san pedro, después de la tee se colocara una reducción de 450x400mm, para

colocar una válvula mariposa de 400mm, luego una unión auto portante para hacer más fácil su equipamiento.

Todas las tuberías dentro de la cámara serán de acero SHC 40 y bridados, para las tuberías que están dentro de las paredes de las cámaras se colocarán unas bridas soldadas (bridas rompe aguas) para poder fijar y anclar las tuberías ante posibles sobrepresiones como el golpe de ariete debido a un cierre rápido de válvulas. Entre las tuberías que están dentro de la cámara y las que están afuera se colocaran unas transiciones brida-campana para unir estas tuberías ya que las tuberías que están enterradas fuera de la cámara son de H°D° UF, y las que están dentro de la cámara son bridadas.

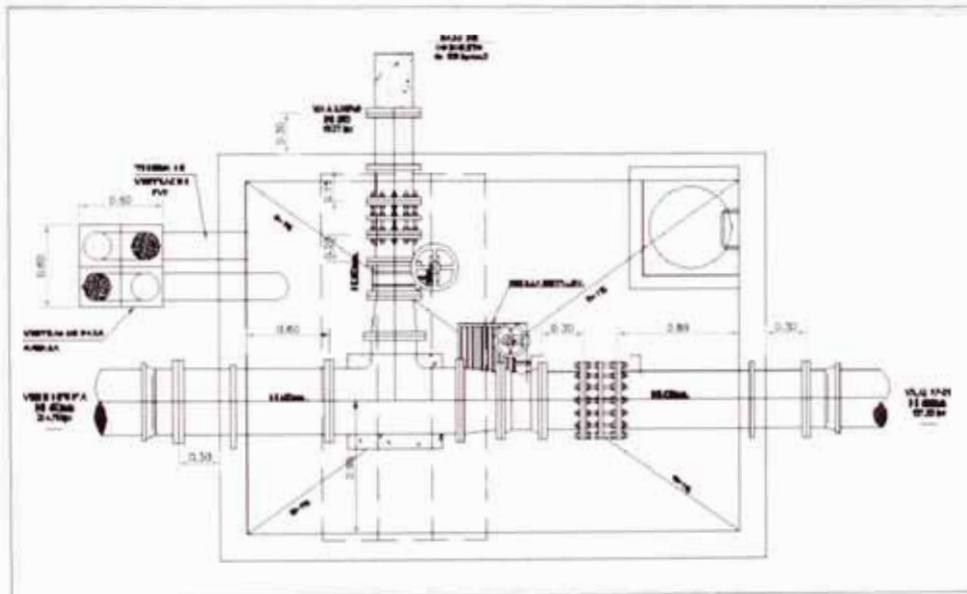


Figura 6 6 - Cámara de Derivación B (CD - B) Ver anexo N° 7

#### 6.4 Equipamiento hidráulico de las Cámaras de empalme 1 y 1A

Estas cámaras de empalme son las que van alimentar a la cámara de Derivación A, las 2 cámaras son iguales y se alimentan de la línea matriz de diámetro 1000mm existente. Como se vio en el capítulo 4.2 las tuberías que salen de estas cámaras son de diámetro 300 mm, para ello se va a utilizar una abrazadera tapping en la tubería de diámetro 1000mm con salida a 300mm, en la salida de 300mm se colocara una válvula compuerta de 300mm, luego de la válvula

compuerta se colocara una válvula mariposa de 300mm, entre las dos válvulas deberá ir una unión auto portante de 300mm para su fácil equipamiento.

Como esta matriz de 1000mm es una línea troncal para varios sectores no se puede cortar el flujo, el empalme se deberá hacer con unos equipos especiales y personal calificado de tal forma que mientras se esté perforando la tubería se vaya cerrando la válvula así cuando se termine de perforar, la válvula compuerta este cerrada y no salga agua por la misma hasta que esté conectada con la cámara de derivación A.

También se debe tener en cuenta que la construcción de la cámara de empalme se realizara posterior al empalme, ya que se necesita espacio para este empalme especial. Todos los accesorios y tuberías dentro de la cámara deberán ser bridados y las tuberías serán de acero SHC 40. En las tuberías que están dentro de los muros se soldaran bridas rompe aguas para que queden anclados en el muro y así evitar que se puedan mover ante posibles sobrepresiones.

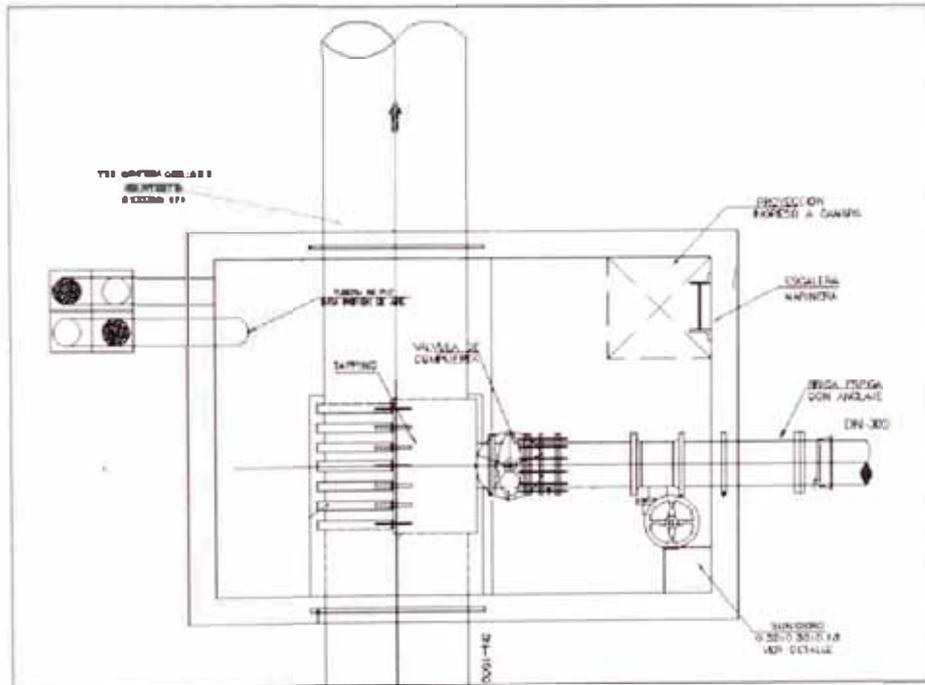


Figura 6 7 – Cámara de empalme 1 y 1A. Ver anexo N° 6.

Las 2 cámaras de empalme deben tener un sumidero en el piso y 2 tuberías de ventilación para que circule el oxígeno.

## CAPITULO VII: DISEÑO HIDRAULICO DE LAS CAMARAS DE AIRE, PURGA Y CAMARAS DE SECTORIZACIÓN

### 7.1 Válvulas de Aire y Purga

#### 7.1.1 Válvulas de Aire

Se colocaran válvulas de aire cuando haya cambio de dirección en los tramos con pendiente positiva. En los tramos con pendiente uniforme se colocaran cada 2km como máximo.

El dimensionamiento de las válvulas se determinara en función del caudal, presión y diámetro de la tubería.

Según las normas de Sedapal se instalaran válvulas de aire para admitir o expulsar aire en los puntos altos de una conducción o en la red de distribución. Estas deberán ser de triple acción, que quiere decir que permite expulsar aire durante el llenado de la tubería, permite el ingreso de aire durante el vaciado de la tubería y la eliminación de pequeñas acumulaciones de aire durante el funcionamiento normal de la instalación (efecto automático).

Las válvulas de aire serán de Hierro Dúctil y presión Nominal 16 kg/cm<sup>2</sup> (PN 16)



Figura 7 1 – Válvula de aire triple acción

### 7.1.2 Válvulas de Purga

Se colocaran válvulas de purga en los puntos bajos teniendo en consideración la calidad del agua a conducirse y la modalidad de funcionamiento de la línea. Las válvulas de purga se dimensionaran de acuerdo a la velocidad de drenaje, siendo recomendable que el diámetro de la válvula sea menor que el diámetro de la tubería.

Las válvulas de aire y purga deberán ser instaladas en cámaras adecuadas, seguras y con elementos que permitan su fácil operación y mantenimiento

### 7.1.3 Ubicación de la válvula de aire y purga en la red de Conducción

Como la línea de conducción tiene menos de 2 km y se observa en la topografía de nuestro proyecto que hay un cambio brusco de pendiente entre la CD-A y la CD-B, procederemos a colocar una Válvula de aire en ese punto.

Para la ubicación de la cámara de purga se observa que la parte más baja de la línea está entre la CD-B y el reservorio RP-01, es en ese punto donde se colocara la Válvula de Purga.

En toda la línea de conducción se colocara 01 válvula de aire y 01 válvula de purga.

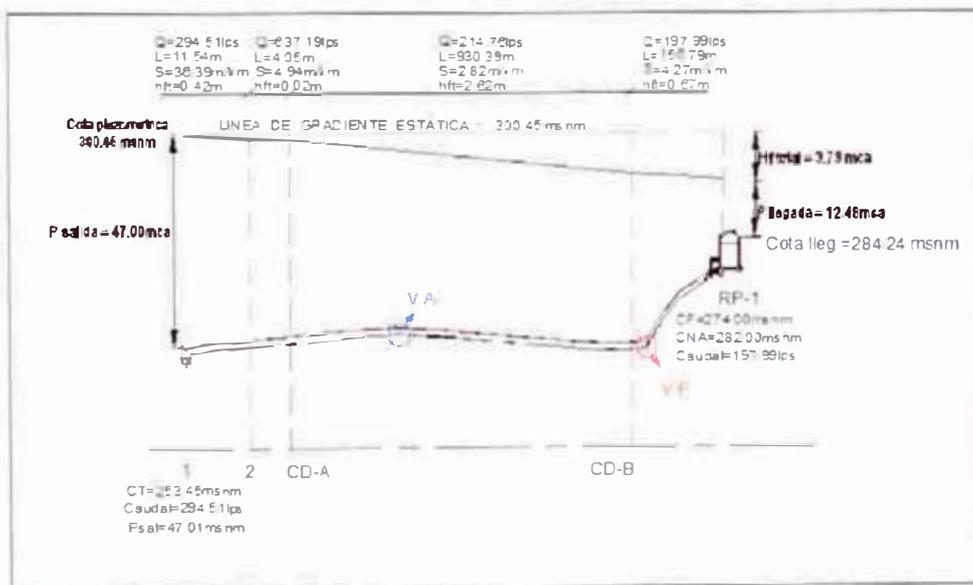


Figura 7.2 - Ubicación de la Válvula de aire y purga en la línea de Conducción- Ver anexo N° 4

### 7.1.4 Ubicación de la válvula de aire y purga en la red de Aducción

Para la línea de aducción entre el reservorio RP-01 y el punto A tenemos la parte más alta y una depresión, se colocaran una válvula de aire y purga respectivamente. Adicionalmente en el tramo del punto B hacia la cámara de sectorización CS-3 encontramos una depresión donde también se colocara una válvula de purga. En la línea de aducción se colocara 01 válvula de aire y 02 válvulas de purga.

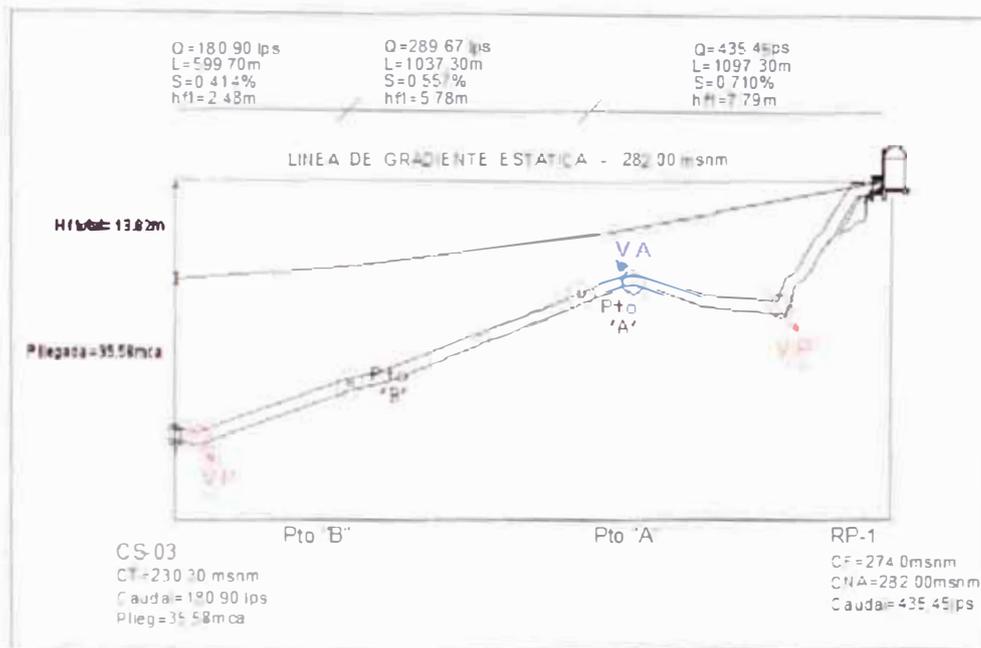


Figura 7.3 – Tramo del RP-1 a la CS-1 línea de Aducción Ver anexo N° 5

### 7.1.5 Diseño del diámetro de la Válvula de Aire

En forma práctica para escoger el diámetro de la válvula de aire utilizaremos la siguiente tabla que está en función del diámetro de la tubería matriz.

Cuadro 7.1 – Válvulas de Aire según diámetros de tubería

DIAMETRO DE LA TUBERIA (mm)	DN Válvula de Aire (mm)
100 a 250	60/80
300 a 500	100
600 a 800	150

Fuente: Catalogo Saint Gobain

- Para la válvula de aire de la línea de conducción como el diámetro de la línea es de 400mm según el cuadro 7.1 usaremos 01 válvula de aire de 100mm.
- Para la válvula de aire de la línea de aducción como la línea es de 500mm de diámetro según el cuadro 7.1 usaremos 01 válvula de aire de 100mm

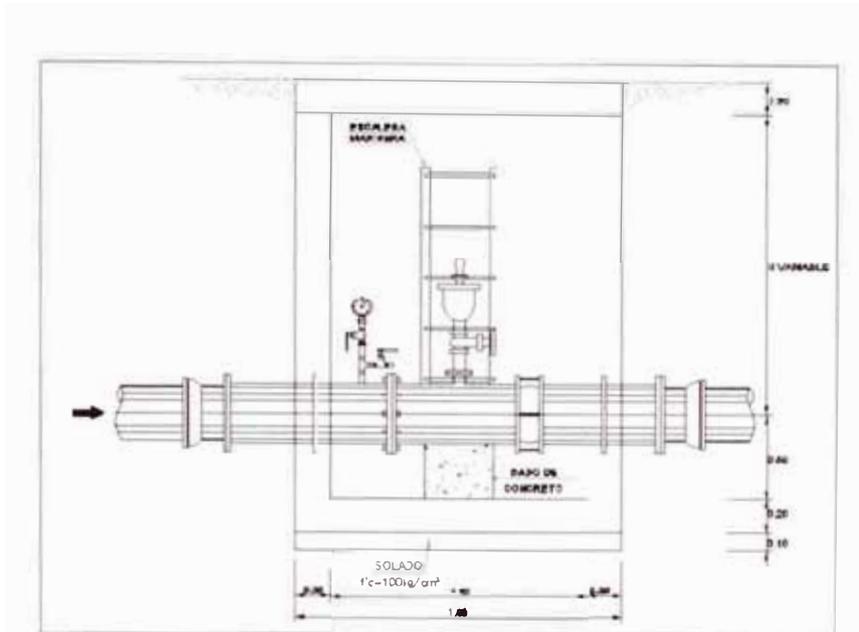


Figura 7.4 - Corte vertical de la cámara de Aire. Ver anexo N° 11

### 7.1.6 Diseño del diámetro de la válvula de purga

En el caso de las válvulas de purga se recomienda que el diámetro de la tubería de descarga este entre los rangos del cuadro 7.2 con respecto al diámetro de la tubería principal.

**Cuadro 7.2 – Diámetro de la tubería de descarga de la Válvula de Purga según diámetro de la matriz**

DIAMETRO TUBERIA PRINCIPAL	DIAMETRO DE LA TUBERIA DE DESCARGA
$D < 4''$	D
$4'' < D < 16''$	4''
$16'' < D$	D/4

Fuente: GutierrezMirko, "Abastecimiento de Agua y Alcantarillado"

Para la línea de conducción como es de 400mm según el cuadro 7.2 seleccionamos la tubería de descarga de 100mm, para la línea de aducción tenemos de 500mm y 400mm seleccionamos la tubería de descarga de 150mm y 100mm respectivamente según el cuadro 7.2.

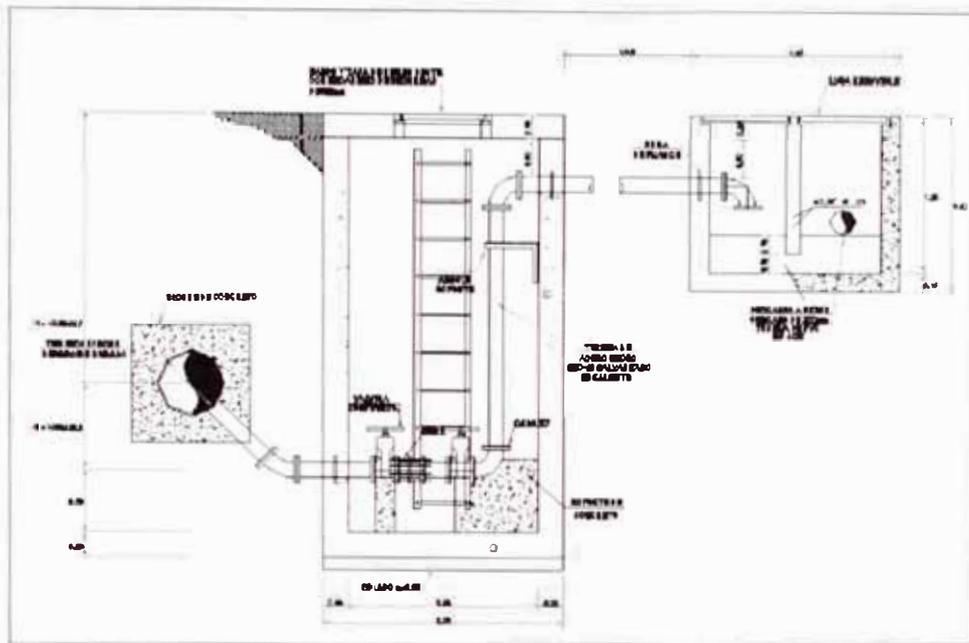


Figura 7.5 - Corte vertical de la cámara de Purga. Ver anexo N° 11

## 7.2 Sectorización por medio de cámaras

La sectorización consiste en la subdivisión de las redes de distribución en áreas aisladas o sectores, con un ingreso principal de agua derivado de una línea matriz. Los sectores comprenderán alrededor de 5,000 conexiones en promedio, hasta un máximo de 10,000 conexiones.

La entrada a cada sector debe tener un punto de medición de caudal, medición de presiones aguas arriba y aguas debajo de una válvula de control y sistema de automatización denominándose al conjunto como ingreso a sector, el cual debe ubicarse, de preferencia en la cota más alta del sector. La válvula de control estará provista con actuador eléctrico o hidráulico que permita automatizarla.

Los ingresos a sector estarán conformados por cámaras subterráneas denominadas:

a) Cámara de Control: Donde se alojara la válvula principal reductora (anular con actuador eléctrico o de globo con piloto hidráulico), el filtro, las válvulas de guarda tipo mariposa y los transductores de presión.

b) Cámara de Macro medición: Debe estar ubicada aguas arriba de la cámara de control y en ella se alojara un medidor de caudal tipo electromagnético.

c) Cámara de Válvula de Aire: Donde se alojara una válvula de aire de triple función. Esta cámara se ubicara aguas debajo de la cámara de control.

Para el diseño de las cámaras de sectorización CS-1, CS-2 y CS-3 que abastecerán de agua a los sectores 381, 379 y 382 respectivamente, la CS-1 es igual a la CS-3 por tener el mismo diámetro de la tubería y similar caudal, en el caso de la CS-2 si es diferente por corresponder a diferente diámetro y caudal.

Como se requiere que en las cámaras el equipamiento hidráulico sea bridado para su montaje y desmontaje se utilizara transiciones de brida a campana ya que la tubería de hierro dúctil viene con campana y espiga, además en las partes de la tubería que esta embebida en las paredes de la cámara se colocara una brida rompe agua para que al momento de cierre de válvulas la sobrepresión que se genera no se desestabilice la tubería.

### 7.3 Equipamiento hidráulico de la Cámara de Sectorización 2 (CS-2)

**Cámara de Macro medición.**- Empezando de aguas arriba por la cámara de Macro medición se instalara un medidor de caudal electromagnético que se conectara con el tablero de automatización del sistema SCADA, entre el medidor de caudal y las tuberías se colocara una unión auto portante para su fácil montaje y desmontaje, ambas serán del mismo diámetro de la tubería que ingresa a la cámara DN=300mm. En esta cámara se colocara un manómetro de presión de glicerina para poder visualizar la presión que entra y sale de esta cámara.

**Cámara de Control.**- En la entrada de la tubería en la cámara de control se colocara un filtro de agua que purificara el agua potable que proviene del reservorio, del mismo diámetro de la tubería que ingresa a la cámara aguas arriba.

Luego se hará un bypass con fines de mantenimiento o desperfecto de una línea se pueda seguir abasteciendo a la población, donde la 1ra línea será de 300mm por ser la principal y la 2da línea será de 200mm la cual se utilizara en caso que falle o se haga mantenimiento a la línea principal, para ello se colocara una Tee de 300x200mm en la entrada y salida del bypass.

Luego de la Tee en la línea principal de 300mm se colocara una válvula de control manual mariposa de 300mm en la entrada y salida para su control manual, después de la válvula mariposa aguas arriba se colocara una válvula anular motorizada modulante, entre la válvula mariposa y la válvula anular se colocara una unión auto portante que facilitara su montaje y desmontaje.

En la línea secundaria del bypass luego de la Tee se colocara un niple de tubería y un codo de 90°, después del codo en la entrada y salida de la línea se colocara válvulas compuerta para su control manual. Aguas abajo de la 1ra válvula compuerta se colocara una válvula globo con solenoide para control de presiones que estará comunicada con el el tablero de automatización SCADA.

En esta cámara se colocara manómetros de glicerina y transductores de presión a la entrada y salida de esta cámara, los transductores de presión digital estarán conectados al tablero de automatización de la cámara de sectorización 2 que a su vez estará conectada con el sistema SCADA, los manómetros y los transductores de presión deberán marcar la misma presión.

En esta cámara por tener accesorios de gran peso y tamaño, tendrán en el techo losas removibles para la entrada y salida de estos accesorios cuando se requiera.

**Válvula de aire.**- Como manda en la norma del Reglamento Técnico de Sedapal se tiene que colocar una válvula de aire en la salida de la cámara de sectorización. Como el diámetro de la tubería es de 300mm colocamos una válvula de aire triple función de 100mm de acuerdo a la tabla 6.1, para ello se coloca en la tee de 300x100mm y antes de llegar a la válvula aire colocamos una válvula compuerta ante un posible cambio o mantenimiento de la válvula de aire. Se colocara un manómetro de presión con glicerina para visualizar la presión con la que sale el agua de esta cámara.

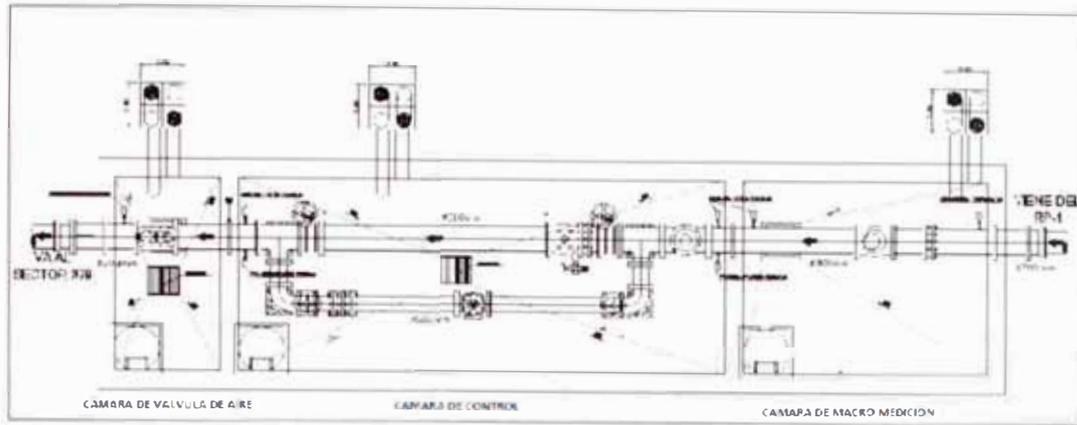


Figura 7.6 - Vista en planta de la cámara de sectorización 2. Ver anexo N° 8

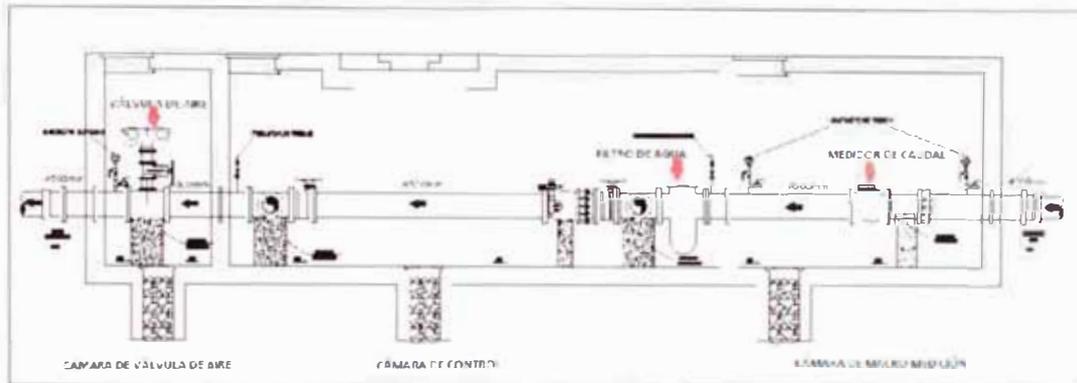


Figura 7.7 - Vista de corte vertical de la cámara de sectorización 2. Ver anexo N° 8

Todas las tuberías y accesorios que están dentro de la cámara de sectorización 2 serán bridas y de acero SHC-40 Galvanizadas, las válvulas serán de Hierro Dúctil PN 16 de acuerdo al Reglamento Técnico de Proyectos de Sedapal, entre las bridas se colocaran empaquetaduras de lona del mismo diámetro de las bridas, las bridas se unirán con pernos de acero de 5/8" de diámetro y 3" de longitud. Para las tuberías que están dentro de los muros se colocaran bridas rompe aguas para garantizar su estabilidad ante posibles sobrepresiones como el fenómeno del golpe de ariete.

Todas las sub cámaras de la Cámara de sectorización 2 tendrán un sumidero para el desfogue de agua, además todas las cámaras tendrán 2 tuberías de PVC de ventilación que serán de 160mm de diámetro.

## 7.4 Equipamiento hidráulico de la cámara de sectorización 1 y 3 (CS1 y CS3)

Por ser el mismo diámetro de la tubería de ingreso a estas cámaras y tener similares caudales de ingreso y salida las diseñaremos igual la cámara de sectorización 1 y 3. Estas cámaras estarán subdivididas por 5 sub cámaras empezando por la cámara de válvula y filtro, cámara de macro medición, cámara sectorizadora, cámara de válvulas de guarda aguas abajo y la cámara de válvula de aire.

**Cámara de Macro medición.-** Esta cámara estará dividida en 2 sub cámaras, donde en la primera cámara aguas arriba se colocara un el filtro de agua que será del mismo diámetro de la tubería que ingresa a la cámara que es de 400mm, anterior al filtro se colocara una válvula de control manual mariposa para el cierre manual del ingreso de agua a la cámara de sectorización y en la segunda sub cámara se colocara un medidor de caudal electromagnético que estará conectada con el tablero automatizado de la cámara de sectorización y esta a su vez con el sistema SCADA, este medidor de caudal será de diámetro de 350mm por tema de costos para lo cual se colocara una reducción de 400 a 350mm. En la entrada y salida de esta cámara se colocara manómetros de presión de glicerina para visualizar con que presión entra y sale el agua de esta cámara.

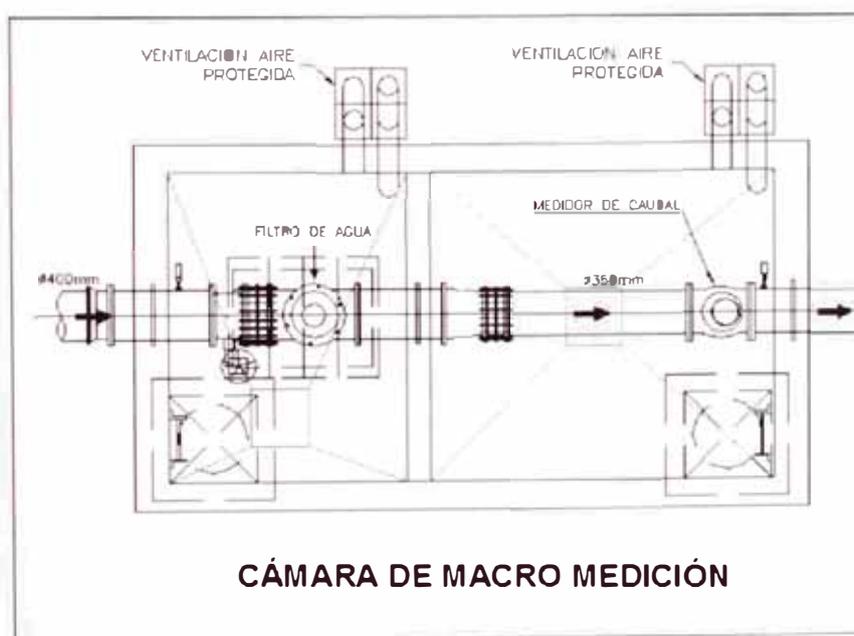


Figura 7.8– Vista en planta de la cámara de Macro medición. Ver anexo N° 9.

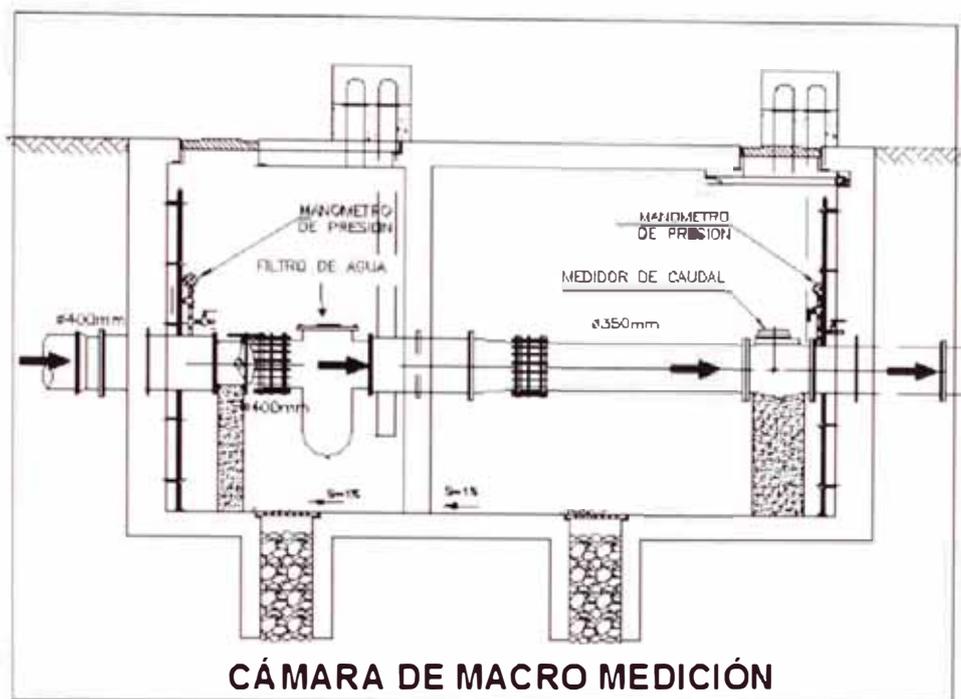


Figura 7 9– Vista corte vertical de la Cámara de Macro medición Ver anexo N° 9

**Cámara de Control.**- Aguas abajo de la cámara de macro medición se dividirá la línea de 350mm en tres líneas de 250mm por ser la sumatoria de áreas de las tres líneas equivalente a la de 400mm que es la que ingresa a la cámara de Control. Esta cámara se dividirá en 2 sub cámaras, en la cámara de control 1 aguas arriba se colocaran 2 válvulas reductoras de presión anular motorizada, y 1 válvula reductora de presión tipo globo con solenoide, estas válvulas reductoras serán de 250mm mismo diámetro de la tubería y serán precedidas por válvulas de control manual mariposas de 250mm también, al ingreso de esta cámara se colocaran manómetros con glicerina y transductores de presión electrónicos para así poder contrastar visualmente si están marcando correctamente la presión a la entrada de esta cámara. Las válvulas reductoras de presión anular motorizada se controlaran digitalmente a través del sistema Scada y tienen sus transductores de presión la cual avisara a la central si hay que abrir o cerrar la válvula a través del Scada, cuando estas válvulas anulares dejen de funcionar ya sea por un desperfecto de señal o de energía entrara en funcionamiento las válvulas tipo solenoide que se puede controlar manualmente.

En la cámara de control 2 se colocarán válvulas de control manual mariposas en las tres líneas que ingresan a esta cámara que serán del mismo diámetro de las

líneas es decir 250mm, y a la salida de esta cámara se colocaran manómetros con glicerina y transductores de presión para contrastar la presión que marca a la salida de esta cámara.



Figura 7 10 – Válvula reductora de presión anular motorizada

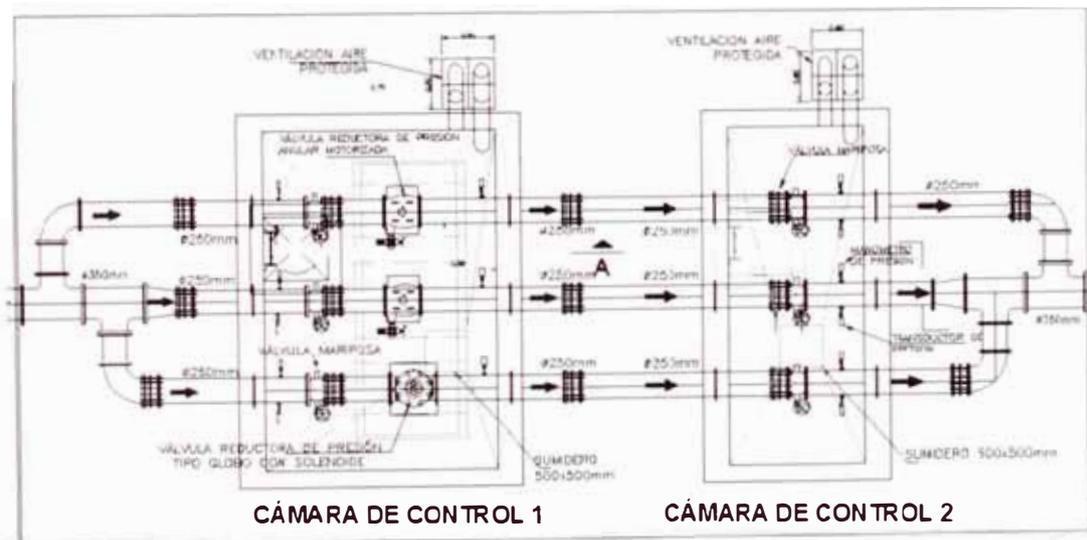


Figura 7 11–Vista en planta de la Cámara de Control. Ver anexo N° 9

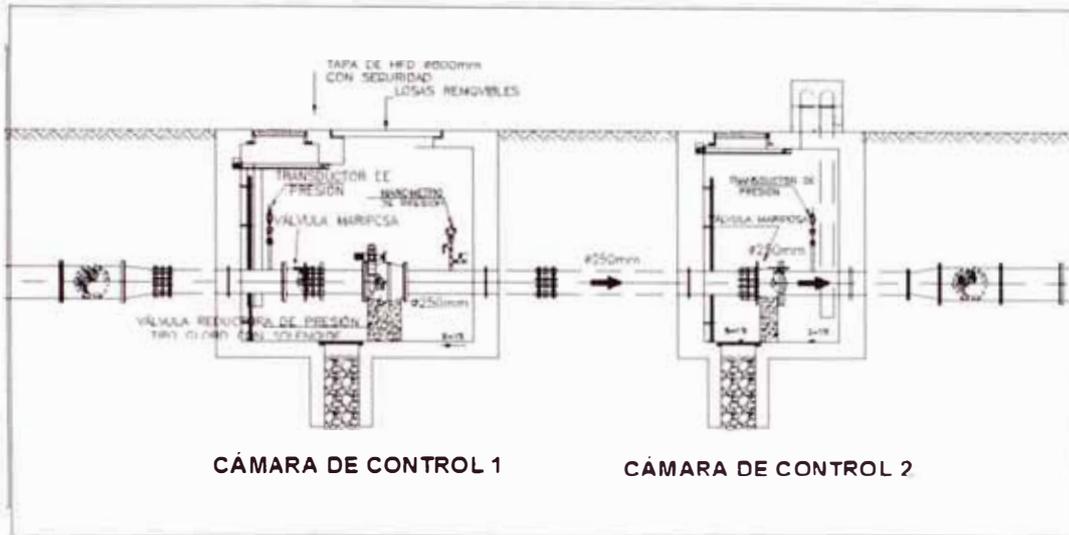


Figura 7.12–Vista en corte vertical de la Cámara de Control. Ver plano N° 09

**Cámara de Válvula de Aire.**- Esta cámara es la última aguas abajo donde va la válvula de aire, para ello se unen las tres líneas de 250mm en una línea de 400mm con lo cual se coloca 1 válvula de aire, como la línea es de 400mm la válvula de aire será de 100mm según el cuadro 6.1, para ello se colocara una tee de 400x100mm y una válvula compuerta de control manual antes de la válvula de aire de triple función.

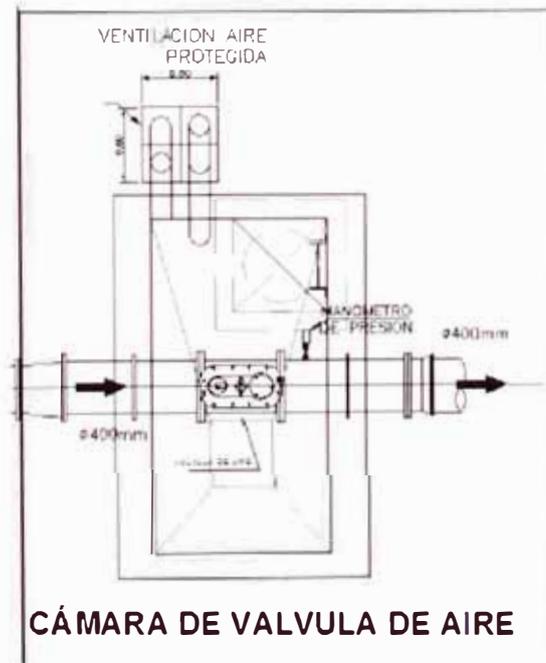


Figura 7.13 –Vista en planta cámara de Aire. Ver anexo N° 9

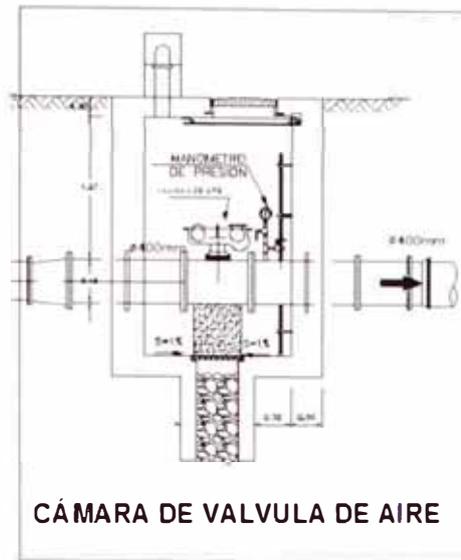


Figura 7 14-Vista en corte vertical de la cámara de Aire Ver anexo N° 9

Las tuberías y los nipples que están dentro de la cámara serán de acero SHC-40 galvanizados, las tuberías y accesorios serán bridadas y se unirán con pernos de acero de 5/8" de diámetro y 3" de longitud con tuerca y arandela, se colocaran uniones auto-portantes de Hierro Dúctil PN 16, por ser flexibles y tener un amplio rango de tolerancia en alineamiento y longitud, y así hacer fácil su montaje y desmontaje, Las válvulas serán de H.D. PN 16. En toda tubería que está dentro de la pared de la cámara se colocara una brida rompe agua para asegurar la estabilidad de las líneas ante posibles sobrepresiones como el efecto de golpe de ariete.



Figura 7.15 - Union autportante 3 bridas

En la figura 7.15 se tiene una unión auto portante de 3 bridas, que serán de Hierro Dúctil PN 16, esta unión es muy importante para el montaje y desmontaje de los accesorios y tuberías ya sea con fines de instalación o de mantenimiento de los accesorios o tuberías dentro de las cámaras o reservorio. Esta unión es de amplio rango en la longitud.

Este accesorio puede unir tuberías o accesorios que estén ligeramente desalineados ya que se puede flexionar ligeramente en el centro, para instalar o retirar se tiene que ajustar los pernos de las 3 bridas en simultáneo.

Todas las cámaras tendrán sumidero y el piso será con pendiente mínima de 1% hacia el sumidero para desfogue del agua, además tendrán un ingreso en el techo para que ingrese una personal que maniobre dentro de las Cámaras y 2 tuberías de ventilación en cada cámara para que circule el aire entre los 2 tubos, estas tuberías de ventilación serán de PVC de diámetro de 6 plg.

Para el anclaje de las válvulas y accesorios que van dentro de la cámara de Sectorización se colocaran dados de concreto armado de ancho menor al accesorio quedando libre las bridas y los pernos para su ajuste, el anclaje servirá de fijación y sostenimiento del accesorio.



Figura 7 16 - Manómetro de presión de glicerina de 0 a 200 psi

Los manómetros de presión de glicerina son de diferentes rangos dependiendo de la presión que haya en las tuberías de las cámaras y son fáciles de colocar no requieren de energía eléctrica, funcionan con la presión que hay dentro de la tubería, estos manómetros deben ser calibrados por empresas certificadas.



Figura 7 17 - Transductor de presión electrónico

Los transductores de presión electrónicos funcionan con las válvulas reguladoras anulares motorizadas que están dentro de las cámaras, marcan digitalmente la presión que hay en esas válvulas y transmiten la presión por medio de cables de señal a los tableros automatizados dentro de las cámaras y estas a su vez transmiten mediante antenas de comunicación a la central, en este caso a la Atarjea de Sedapal, de modo que si se requiere abrir o cerrar la válvula se puede hacer desde la central mediante el sistema Scada o se programa a que presión debe funcionar y de manera automática se regula el caudal en la válvula anular motorizada.

## CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 8.1 CONCLUSIONES

- La cantidad de beneficiarios en un periodo de 20 años serán de 81,157 habitantes, y la oferta de caudal de 197.99 lps es insuficiente para estos habitantes, se espera que en el transcurso de ese tiempo se aumente la oferta de agua en las captaciones. Ya que este caudal ofertado abastecería a toda la población hasta el año N° 17, luego de ese tiempo si no se aumenta la oferta de agua se va a tener problemas de abastecimiento de la población.
- En el diseño de las tuberías de las líneas de conducción y aducción se escoge dos tipos de clase para la tubería de H<sup>o</sup>D<sup>o</sup>, la línea de conducción es de H<sup>o</sup>D<sup>o</sup> K-9 y la línea de aducción es de H<sup>o</sup>D<sup>o</sup> K-7, las dos clases de tuberías serán con uniones de embone a través de anillos dentro de la campana de los tubos. Las tubería en los diámetros utilizados en H<sup>o</sup>D<sup>o</sup> K-7 tienen una presión de operación admisible de 265.74 mca mientras que las tuberías de H<sup>o</sup>D<sup>o</sup> K-9 en los diámetros utilizados tienen una presión de 337.29 mca, lo que verifica que pueden soportar las presiones que se dan en estas líneas.
- En la línea de conducción se hizo el diseño de 2 cámaras de empalme, 2 cámaras de Derivación, 1 cámara de Aire y 1 cámara de Purga.
- En la línea de conducción se hizo el diseño de 3 cámaras de sectorización 1 cámara de Aire y 1 cámara de Purga.
- El Reservorio proyectado de agua potable RP-1 es de 3000 m<sup>3</sup> de volumen que será capaz de abastecer a toda la población en el esquema San Pedro de Carabayllo.
- Las tubería de conducción e impulsión que van enterradas bien pudieron ser de PVC PN10, pero se escogieron de H<sup>o</sup>D<sup>o</sup> ya que son más duraderas y resisten mayor golpe y se fisuran más difícil que las de PVC, como son líneas principales

se trata de evitar que pueda haber alguna filtración por las fisuras o ante agentes externos como podrían ser nuevas excavaciones para otras instalaciones.

- Cada cámara de sectorización abastecerá por intermedio de redes secundarias a un sector de la población:

CS-1: Sector 381

CS-2: Sector 379

CS-3: Sector 382

- Todo el esquema será controlado a través del Sistema de control automatizada de datos (SCADA) que tiene su centro de control en la Atarjea-Sedapal por intermedio de válvulas automatizadas y sensores de nivel, también se podrá controlar manualmente mediante válvulas manuales en el reservorio y las cámaras.

- A pesar que el Esquema en estudio San Pedro de Carabayllo abastece de agua al Esquema Lomas de Carabayllo no hay un diseño de las tuberías y solo se deja 2 puntos de empalme con tapones para que el otro esquema se empalme y se controlan mediante válvulas de control manual que están dentro de las cámaras de derivaciones A y B.

- El diseño del esquema sigue los lineamientos del reglamento técnico de proyectos de Sedapal.

- Las líneas de conducción y de aducción tienen válvulas de aire y purga en los puntos más altos y bajos correspondientes para su correcto funcionamiento, los diámetros de esas válvulas dependen del diámetro de la tubería matriz. Las válvulas de aire permanecerán abiertas y su funcionamiento es automático mientras las válvulas de purga se abrirán manualmente cuando se desee limpiar o evacuar el agua de la tubería.

## 8.2 RECOMENDACIONES

- Las tuberías de H<sup>n</sup>D<sup>o</sup> que irán instaladas dentro del terreno deberán tener como mínimo un recubrimiento de 1m a partir de la clave del tubo. Las líneas de agua potable de DN mayor o igual a 350mm se ubicaran de preferencia en la berma central en avenidas de doble vía o por el costado de avenidas que no cuenten con inconvenientes en su trazo.
- En los puntos de cruce de tuberías de alcantarillado con tuberías de agua potable preferentemente se buscara el pase de las tuberías de agua por encima de las tuberías de desagüe con una distancia mínima de 0.25 m medida entre los planos horizontales tangentes respectivos coincidiendo el cruce con el centro del tubo de agua.
- En áreas donde se encuentran suelos agresivos se deberán utilizar mangas de polietileno que envuelvan a la tubería de H.D.
- Se deberán realizar las pruebas de presión a zanja abierta y a zanja tapada a las tuberías instaladas antes de realizar los empalmes a las cámaras para así evitar fugas y hundimientos del terreno. Para las pruebas de presión de las tuberías se deberán fabricar tapones provisionales y anclarlos con concreto sobre terreno estable y nunca sobre material removido o relleno ya que con la alta presión podría moverse el anclaje y fallar la prueba.
- Al momento de realizar las pruebas hidráulicas a todo el sistema que se componen de las tuberías, las cámaras y el reservorio se debe tener personal calificado en todas las cámaras y uniones bridadas ya que ante una posible falla en las empaquetaduras con la presión y el caudal de las tuberías ocurrirían inundaciones y daños a terceros.
- En caso de cruce de la tubería de agua con canales se deberá romper los canales y pasar las tuberías por debajo del canal y hacer una adecuada compactación y luego reconstruir el canal, no hacer coincidir el embone del tubo con el canal para evitar posteriores hundimientos.

- En el caso de las cámaras enterradas o semienterradas que llevan tableros eléctricos se tratara en lo posible de construir cámaras exclusivamente para estos tableros ya que ante las pruebas o puesta en servicio pueda haber alguna fuga no se dañen los tableros. Los tomacorrientes e interruptores que se ubican dentro de las cámaras deberán ser a prueba de agua.
- En el proceso constructivo del reservorio se deberá colocar wáter stop en las juntas para evitar filtraciones de agua, además se deberá impermeabilizar el reservorio y hacer la prueba de estanqueidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Gutiérrez Mirko, "Abastecimiento de agua y alcantarillado". Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, 2014
- 2.- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, 2006.
- 3.- Rocha Felices, Arturo. "Hidráulica de Tuberías y Canales". Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, 2008.
- 4.- Saldarriaga, J. "Hidráulica de tuberías". Alfaomega. Bogotá 2010.
- 5.- Sedapal. "Especificaciones técnicas para la ejecución de obras de Sedapal". Lima, 2004.
- 6.- Sedapal. "Reglamento de Elaboración de Proyectos de agua y desagüe". Lima, 2004.
- 7.- Sedapal. "Perfil Recargado (SNIP 45691) denominado "Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Esquema de San Pedro de Carabaylo". Lima, 2011
- 8.- Vierendel. "Abastecimiento de agua y alcantarillado". Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, 2009.