

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CARRETERA
VIEJA LOS TEQUES – LAS ADJUNTAS DEL ESTADO
MIRANDA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br: Silva P. Williams J.
Para optar al Titulo
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2010

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CARRETERA
VIEJA LOS TEQUES – LAS ADJUNTAS DEL ESTADO
MIRANDA**

TUTOR ACADEMICO: Prof. Rodolfo Grullón

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. José Machado

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br: Silva P. Williams J.
Para optar al Título
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2010



Facultad de Ingeniería
INGENIERIA MECANICA
Universidad Central de Venezuela
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA



Caracas, 31 de mayo de 2.010

ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el bachiller:

SILVA WILLIAMS

Titulado:

**"OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA EL SECTOR CARRETERA VIEJA LOS TEQUES – LAS ADJUNTAS,
ESTADO MIRANDA"**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

Prof. Cristóbal Quevedo
Jurado



Prof. Rodolfo Grullón
Tutor

Prof. Juan Ruilova
Jurado

"Núcleo de Ingeniería "Armando Mendoza" hacia el 30º Aniversario"

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y hermanas con quienes aprendí lo más esencial de la vida, ellas que siempre confiaron en mí, sobre todo mi madre mujer incansable en su lucha por vernos realizados como personas y profesionales.

A mi esposa, luz de mi vida e inspiración para alcanzar las cumbres más elevadas, gracias a ti, a tu paciencia, a tus palabras, a tu apoyo. Dicen que detrás de todo gran hombre hay una gran mujer, pero tú no estás detrás sino a mi lado y yo al tuyo

A mis profesores por guiarme en mis primeros pasos en la Ingeniería en especial al profesor Rodolfo Berrios y Tibusay Zambrano quienes cada uno a su momento supieron apoyarme y brindarme el consejo necesario para seguir adelante.

A mis camaradas con quienes tengo el honor de compartir este camino.

Al abogado personal de Hidrocapital, por abrirme sus puertas, despejar mil dudas y apoyarme durante el trabajo con ellos.

A las comunidades de los Teques donde se ejecuto este trabajo, por su calidez confianza y enseñanzas.

Silva P Williams J

**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CARRETERA
VIEJA LOS TEQUES – LAS ADJUNTAS DEL ESTADO
MIRANDA**

Tutor Académico Prof. Rodolfo Grullon. Tutor Industrial Ing. José Machado. Trabajo Especial de Grado, Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2010, n° pág. (179)

Agua, Bombas, Abastecimiento

Actualmente el suministro de agua potable de los sectores de la Carretera Vieja Los Teques - Las Adjuntas es escaso e ineficiente lo cual deriva en problemas sociales y de salud. Por ello Hidrocapital a través de su gerencia de proyectos se ha propuesto la optimización del sistema de abastecimiento de agua potable del sector. Para ello se elaboraron tres ejes de estudio: Población, Geografía y Factibilidad Técnica. Población: se verificó la data estadística oficial del sector y se contrastó con un estudio propio realizado a través de un censo a fin de determinar la población y su distribución en los sectores. Geografía: se verificó el conjunto de aerografías oficiales del sector y se actualizó con un levantamiento topográfico propio a fin de representar con las herramientas adecuadas los planos topográficos del sector. Factibilidad Técnica: Utilizando la información Poblacional, curva de demanda, y capacidad de los pozos, se realizó el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector.

NOMENCLATURA, ABREVIATURA Y SIMBOLOS

a = Aceleración $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

H_s = Altura de succión (m)

H_m =Altura manométrica (m)

h_1 = Altura del punto 1 (m)

h_2 = Altura del punto 2 (m)

Z = Altura del punto (m)

h = Altura piezometrica (m)

H = Altura total (m)

H_{sist} = Altura total del sistema (m)

B = Ancho de la zanja (cm)

B_m = Ancho medio del tubo (cm)

A = Área (m^2)

A_1 = Área de la sección 1 (m^2)

A_2 = Área de la sección 2 (m^2)

A_3 = Área de la sección 3 (m^2)

A_n = Área de la sección n-esima(m^2)

Q = Caudal $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

q_r = Carga del terreno (Kg)

q_t = Carga sobre un anillo de la tubería (Kg)

p_t = Carga sobre el tubo (kg)

q_{mr} = Carga máxima por rueda (Kg)

q = Carga total (kg)

C = Celeridad $\left(\frac{m}{s}\right)$

C_s = Celeridad de succión $\left(\frac{m}{s}\right)$

c_1 = Celeridad del flujo en el punto 1 $\left(\frac{m}{s}\right)$

c_2 = Celeridad del flujo en el punto 2 $\left(\frac{m}{s}\right)$

c_3 = Celeridad del flujo en el punto 3 $\left(\frac{m}{s}\right)$

c_n = Celeridad del flujo en el punto n-esimo $\left(\frac{m}{s}\right)$

C_T = Celeridad de propagación de las perturbaciones en medios elásticos $\left(\frac{m}{s}\right)$

σ_c = Coeficiente de cavitación

C_{HW} = Coeficiente de Hanzen Williams

C_g = Coeficiente de Marston

K = Coeficiente de Resistencia

n = Coeficiente del terreno

K_T = Coeficiente que depende de la longitud del conducto

ρ = Densidad $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

δ = Deformación (mm)

δ_{max} = Deformación máxima (mm)

$h_2 - h_1$ = Desnivel Topográfico (m)

D_e = Diámetro externo (m, cm)

D = Diámetro interno (m)

D_m = Diámetro medio (m, cm)

Δp = Diferencia de presión (Pa)

x = Distancia (m)

τ = Esfuerzo cortante (Pa)

σ = Esfuerzo (Pa)

σt = Esfuerzo de la pared $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

e = Espesor de la tubería (m, mm)

f = Factor de fricción

F = Fuerza (N)

$\frac{\Delta c}{\Delta y}$ = Gradiente de celeridad (s)

g = Gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

L = Longitud de tubería (m)

m = Masa (Kg)

E = Modulo de Elasticidad del Fluido $\left(\frac{Kgf}{cm^3}\right)$

E_c = Modulo de elasticidad del material del conducto $\left(\frac{Kgf}{cm^2}\right)$

α = Modulo de proporcionalidad $\left(\frac{Kgf}{mm}\right)$

N_d = Nivel dinámico (m)

N_e = Nivel estático (m)

Re = Numero de Reynolds

h_L = Pérdidas de carga en tubería (m)

h_{fc} = Pérdidas de carga por fricción en la columna (m)

h_{fa} = Pérdidas de carga por fricción en accesorios (m)

γ = Peso unitario $\left(\frac{N}{m^3}\right)$

P_1 = Población inicial (Nro. hab)

P_2 = Población final (Nro. hab)

P_m = Potencia mecánica (Kw)

P_u = Potencia útil (Kw)

p = Presión (Pa)

P_{atm} = Presión atmosférica (Pa)

P_c = Presión crítica (m)

p_1 = Presión en el punto 1 (m)

p_2 = Presión en el punto 2 (m)

p_s = Presión de succión (m)

p_v = Presión de vapor del agua a la temperatura de operación (Pa)

R = Rata de crecimiento (%)

H_R = Recubrimiento (cm)

SDR = Relación diámetro/espesor

η = Rendimiento

ε = Rugosidad absoluta (m, mm)

ε_0 = Rugosidad inicial

t = Tiempo (años, s)

M = Torque ($N \cdot m$)

T_c = Período del ciclo de la onda (s)

ω = velocidad de giro $\left(\frac{rev}{min}, \frac{rad}{s}\right)$

ν = Viscosidad cinemática $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

μ = Viscosidad dinámica ($Pa \cdot s$)

N_s = Velocidad específica

v = Volumen (m^3)

INDICE

	Pág.
Índice de Gráficos	XXI
Índice de Tablas	XXI
Índice de Figuras	XXII
Introducción	1
CAPITULO I	2
Breve Reseña Histórica	2
Planteamiento del Problema	4
Formulación del Problema	6
Objetivos	7
Alcances y Limitaciones	9
CAPITULO II	10
Marco Teórico	10
2.1 Población	10
2.2 Mecánica de fluidos aplicada a sistemas de distribución de agua potable	11
2.2.1 Fluido	11
2.2.2 Tipos de fluido	12
2.2.3 Propiedades de los fluidos	12
2.2.3.1 Densidad	12
2.2.3.2 Peso unitario	12
2.2.3.3 Viscosidad	12
2.2.4 Flujo	13
2.2.5 Tipos de flujo	13
2.2.5.1 Flujo uniforme permanente	13
2.2.5.2 Flujo uniforme no permanente	13
2.2.5.3 Flujo variado permanente	13

2.2.5.4 Flujo variado no permanente	14
2.2.5.5 Flujo viscoso o inviscido	14
2.2.5.6 Flujo laminar o turbulento	15
2.2.5.7 Flujo compresible e incompresible	15
2.2.6 Ecuación de continuidad	15
2.2.7 Teorema de Bernoulli	15
2.3 Pérdidas en sistemas de tuberías	17
2.3.1 Formula de Darcy-Weisbach	17
2.3.2 Formula de Darcy-Weisbach y Pouseuille	17
2.3.3 Formula de Colebrook-White	18
2.3.4 Formula de Swamee	19
2.3.5 Formula de Hanzen-Williams	20
2.3.6 Rugosidad de las tuberías y años de servicio	21
2.3.7 Pérdidas localizadas de energía	23
2.3.7.1 Cambios de dirección del flujo	25
2.3.7.2 Cambios en los diámetros de las tuberías	25
2.3.7.3 Reunión y separación de flujos en tuberías a presión	25
2.3.7.4 Orificios	26
2.2.7.5 Pérdidas de energía por entrada o salida	26
2.2.7.6 Perdidas localizadas de energía en válvulas	26
2.4 Cavitación	26
2.4.1 Cavitación incipiente	27
2.4.2 Cavitación crítica	27
2.4.3 Daño incipiente	27
2.4.4 Estrangulamiento por cavitación	28
2.5 Régimen permanente de líquidos en tuberías a presión	28
2.6 Régimen transitorio en tuberías	29
2.6.1 Descripción matemática del régimen transitorio en tuberías	29
2.6.1.1 Ecuación de la continuidad	29
2.6.1.2 Ecuación dinámica del movimiento	29

2.6.1.3 Celeridad de propagación de las ondas elásticas o perturbaciones de las magnitudes de flujo	30
2.6.1.4 Tiempo de circulación de la onda	30
2.6.1.5 Longitud en la impulsión para que el golpe sea directo contra la válvula de retención	31
2.6.1.6 Comparación de la longitud calculada con la longitud real del conducto	31
2.6.1.7 Presión crítica máxima	31
2.6.1.8 Presión máxima de colapso	31
2.6.2 Aire en tuberías	32
2.7 Tipos de válvulas en los sistemas de abastecimiento de agua	33
2.7.1 Válvulas de paso	34
2.7.2 Válvulas reguladoras	35
2.7.3 Válvulas para el control de dirección del flujo	36
2.7.4 Válvulas complementarias del servicio de acueductos	36
2.7.4.1 Válvulas de Escape o Alivio	36
2.7.4.2 Válvulas Combinadas de aire	37
2.7.4.3 Válvulas de admisión y expulsión de aire hidráulicamente controladas	37
2.7.4.4 Válvulas de admisión y expulsión de aire cierre amortiguado	37
2.7.4.5 Válvulas rompe vacío	38
2.8 Hidromecánica de bombas	38
2.8.1 Bomba centrífuga	38
2.8.1.1 Bomba de flujo radial	38
2.8.1.2 Bomba de flujo mixto	38
2.8.1.3 Bomba de flujo axial	38
2.8.2 Bomba de pozo	39
2.8.2.1 Bomba turbina para pozo profundo	39
2.8.2.2 Bomba sumergible	39

2.8.2.3 Nivel de referencia	40
2.8.2.4 Nivel estático	40
2.8.2.5 Nivel de bombeo	40
2.8.2.6 Abatimiento	40
2.8.3 Factores de las bombas y de operación de bombeo	40
2.8.3.1 Velocidad específica N_s	40
2.8.3.2 Altura total H_b	40
2.8.3.3 Caudal (Q)	41
2.8.3.4 Potencia útil P_u	41
2.8.3.5 Rendimiento o eficiencia η	41
2.8.3.6 Potencia mecánica P_m	41
2.8.3.7 Velocidad de rotación n, ω	41
2.8.3.8 Torque M	42
2.8.3.9 $NPSH_{disponible}$	42
2.8.3.10 $NPSH_{requerido}$	42
2.8.3.11 Leyes de semejanza	43
2.8.4 Motores	43
2.9 Tipos de tubería	43
2.9.1 Tubería de acero	43
2.9.2 Tubería de hierro fundido	44
2.9.3 Tubería de concreto	44
2.9.4 Tubería de asbesto cemento	44
2.9.5 Tubería PVC (Policloruro de vinilo)	44
2.9.6 Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)	45
2.10 Diseño de captaciones	45
2.10.1 Captación de manantiales	45
2.10.1.1 Descripción	45
2.10.1.2 Componentes de la estructura	45
2.10.2 Captación de aguas subterráneas	46

2.10.2.1 Descripción	46
2.10.3 Captación de río	47
2.10.4 Captación de canal	47
2.11 Línea de aducción y distribución	48
2.11.1 Descripción	48
2.12 Tanque de agua	48
2.12.1 Tipo tanque de agua	48
2.12.2 Objetivos	48
2.12.3 Capacidad	48
2.12.4 Materiales de construcción	49
2.12.5 Componentes	49
2.12.6 Tiempo de llenado del tanque	50
2.13 Elementos para el proyecto estructural de tuberías	50
2.13.1 Presión interna	50
2.13.2 Espesor de pared	51
2.13.3 Relacion diametro espesor	51
2.13.4 Calculo del aplastamiento de los conductos enterrados	52
2.13.5 Carga del terreno	52
2.13.6 Coeficiente Cg	52
2.13.7 Carga del tráfico vial	52
2.13.8 Carga total	53
2.13.9 Calculo de la tensión por compresión de la pared	53
2.13.10 Diámetro medio	53
2.13.11 Deflexión	53
2.13.12 Máxima deflexión admisible	53
2.14 Criterios básicos para sistemas de distribución de agua potable	54
2.14.1 Periodo de diseño	54

2.14.2 Dotación de agua	54
2.14.3 Caudal de diseño	54
2.14.3.1 Caudal medio diario	54
2.14.3.2 Consumo máximo diario	54
2.14.3.3 Consumo máximo horario	55
2.14.4 Factores que afectan el consumo de agua	55
2.14.4.1 Tipo de consumo	55
2.14.4.2 Factores meteorológicos	55
2.14.5 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable	55
2.14.5.1 Sistema de alimentación directa	56
2.14.5.2 Sistema de distribución por gravedad desde un estanque elevado	56
2.14.5.3 Distribución por combinación de estanque bajo con bomba de elevación a estanque alto.	56
2.14.5.4 Distribución con equipo hidroneumático	56
CAPITULO III	57
Marco Metodológico	57
3.1 Información	57
3.1.1 Aspecto social	57
3.1.1.1 Población actual	57
3.1.1.2 Población a 10 años	57
3.1.2 Topografía	58
3.1.2.1 Aerografía, croquis y planos	58
3.2 Planeamiento	59
3.2.1 Demanda del agua	59
3.2.1.1 Periodo de diseño	59
3.2.2 Dotación de suministro de agua	59
3.2.3 Fuentes de agua	60
3.2.3.1 Manantiales	60
3.2.3.2 Ríos	60

3.2.3.3 Aguas subterráneas	61
3.2.4 Calidad del agua	61
3.2.5 Sistemas de distribución de agua potable	62
3.3 Tuberías	63
3.3.1 Calculo de caudales	63
3.3.2 Resistencia a la presión	64
3.3.3 Red	64
3.3.4 Calculo de diámetro	64
3.3.5 Perdidas en la red	64
3.3.5.1 Perdidas en tuberías y accesorios	64
3.4 Sistema de Bombeo	65
3.4.1 Tanque de regulación	65
3.4.2 Caudal de diseño	66
3.4.3 Calculo de la curva característica del sistema	66
3.4.4 Parámetros para la selección de Bombas	66
3.4.5 Caracterización del tipo de bomba	67
3.4.6 Selección de equipo	68
3.4.7 Potencia requerida por el equipo	68
3.4.8 Calculo de la cavitación	68
3.5 Estado Transitorio	69
3.5.1 Calculo del golpe de ariete	69
3.5.1.1 Calculo de la celeridad de la onda	69
3.5.1.2 Calculo del periodo del ciclo	69
3.5.1.3 Calculo de la longitud en la impulsión para que el golpe sea directo contra la válvula de retención	69
3.5.1.4 Comparación de la longitud calculada con la longitud real del conducto	69

3.5.1.5 Cálculo de la presión crítica	69
3.5.1.6 Cálculo de la presión máxima de colapso que se va a producir en el instante en que ocurra el golpe de ariete	70
3.6 Colapso por aplastamiento	70
3.6.1 Calculo del aplastamiento de los conductos enterrados	70
3.6.1.1 Calculo del coeficiente Cg	70
3.6.1.2 Calculo de la carga del terreno	71
3.6.1.3 Calculo de la carga del tráfico vial	71
3.6.1.4 Calculo de la carga total	72
3.6.1.5 Calculo de la tensión por compresión de la pared	72
3.6.1.6 Calculo de diámetro medio	72
3.6.1.7 Calculo de la deformación obtenida	72
3.6.1.8 Calculo de la máxima deformación admisible	72
3.7 Corrida Hidráulica utilizando Water Gems	73
3.8 Calculo de válvulas reguladoras de presión	73
CAPITULO IV	75
Cálculos y Resultados	75
4.1 Información	75
4.1.1 Aspecto social	75
4.1.1.1 Población actual	75
4.1.1.2 Población a 10 años	75
4.1.2 Topografía	82
4.1.2.1 Aerografía, croquis y planos	82
4.2 Planeamiento	89
4.2.1 Demanda del agua	96
4.2.1.1 Periodo de diseño	96
4.2.2 Dotación de suministro de agua	96
4.2.3 Fuentes de agua	96
4.2.3.1 Manantiales	96

4.2.3.2 Ríos	96
4.2.3.3 Aguas subterráneas	96
4.2.4 Calidad del agua	97
4.2.5 Sistemas de distribución de agua potable	97
4.3 Tuberías	97
4.3.1 Calculo de caudales	97
4.3.2 Resistencia a la presión	99
4.3.3 Red	100
4.3.4 Calculo de diámetro	101
4.3.5 Perdidas en la red	110
4.3.5.1 Perdidas en tuberías y accesorios	110
4.4 Sistema de Bombeo	120
4.4.1 Tanque de regulación	120
4.4.2 Caudal de diseño	125
4.4.3 Calculo de la curva característica del sistema	125
4.4.4 Parámetros para la selección de Bombas	128
4.4.5 Caracterización del tipo de bomba	128
4.4.6 Selección de equipo	128
4.4.7 Potencia requerida por el equipo	141
4.4.8 Calculo de la cavitación	143
4.5 Estado Transitorio	145
4.5.1 Calculo del golpe de ariete	145
4.5.1.1 Calculo de la celeridad de la onda	145
4.5.1.2 Calculo del periodo del ciclo	148
4.5.1.3 Calculo de la longitud en la impulsión para que el golpe sea directo contra la válvula de retención	150
4.5.1.4 Comparación de la longitud calculada con la longitud	152

real del conducto	
4.5.1.5 Cálculo de la presión crítica	152
4.5.1.6 Cálculo de la presión máxima de colapso que se va a producir en el instante en que ocurra el golpe de ariete	153
4.6 Colapso por aplastamiento	153
4.6.1 Calculo del aplastamiento de los conductos enterrados	153
4.6.1.1 Calculo del coeficiente C_g	153
4.6.1.2 Calculo de la carga del terreno	154
4.6.1.3 Calculo de la carga del tráfico vial	154
4.6.1.4 Calculo de la carga total	155
4.6.1.5 Calculo de la tensión por compresión de la pared	155
4.6.1.6 Calculo de diámetro medio	155
4.6.1.7 Calculo de la deformación obtenida	155
4.6.1.8 Calculo de la máxima deformación admisible	156
4.7 Corrida Hidráulica utilizando Water Gems	156
4.8 Calculo de válvulas reguladoras de presión	163
Conclusiones	172
Recomendaciones	174
Bibliografía	177
Apéndices	179

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1- Diagrama de Moody	18
Grafico 2- Formula de Colebrook vs Swamee	19
Grafico 3- Formula de Hanzen Williams vs Colebrook	20
Grafico 4- Guía de Cavitación Válvulas CLAVAL	74

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1- Rugosidad Equivalente de Tuberías	21
Tabla 2- Características del Agua (envejecimiento de tuberías)	22
Tabla 3- Longitud Equivalente de Accesorios	24
Tabla 4- Distancia de Seguridad para la Captación de Agua	46
Tabla 5- Tubos PEAD	51
Tabla 6- Carga Máxima por Rueda	52
Tabla 7- Calidad del Agua Nro. 1	61
Tabla 8- Calidad del Agua Nro. 2	62
Tabla 9- Perdidas por Fricción en Tubería	68
Tabla 10- Coeficientes de Carga (Marston)	71
Tabla 11- REVINCA PEAD	100
Tabla 12- Tubos ASTM A53	101
Tabla 13- Propiedades Mecánicas del Agua	112
Tabla 14- Presión atmosférica	143

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- Válvula de Compuerta	34
Figura 2- Válvula Mariposa	34
Figura 3- Válvula de Globo	35
Figura 4- Válvula de Paso Anular	35
Figura 5- Válvula de Retención	36
Figura 6 Válvula de Admisión y Expulsión de Aire	37
Figura 7- Bomba de Pozo	39
Figura 8 Tanque Subterráneo	49
Figura 9 Tanque Elevado	50

INTRODUCCION

En palabras de Kofi Annan Ex *Secretario General de la ONU*.

“Access to safe water is a fundamental human need and, therefore, a basic human right. Contaminated water jeopardizes both the physical and social health of all people. It is an affront to human dignity.” Kofi Annan, United Nations Ex-Secretary-General.

*"El acceso al agua potable es una necesidad humana básica y, por tanto, un derecho humano básico. El agua contaminada pone en peligro tanto la salud física y social de todas las personas. Es una afrenta a la dignidad humana".
Secretario General de la ONU Kofi Annan.*

El acceso al agua potable es un derecho irrenunciable de todas y todos sin importar nuestras condiciones de cualquier índole y es una obligación del Estado Venezolano garantizar este derecho, por ello es imperativo que todos los asentamientos humanos posean un suministro adecuado de agua potable.

La superficie de nuestro planeta está compuesta de un 73 % de agua, de la cual solo el 3% es potable y solo el 1% puede ser utilizado para el consumo humano. (HIDROVEN, 2001), por tanto el acceso al agua potable debe realizarse de la forma mas eficiente y economica posible, de alli la necesidad de aplicar los conocimientos de la ingeniería para dicho proposito.

Este Trabajo se fundamenta en el estudio de la necesidad de agua potable y la optimización del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector carretera vieja los Teques - Las Adjuntas del Estado Miranda, según las normas establecidas para los sistemas de abastecimientos de agua en Venezuela.

CAPITULO I

BREVE RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA

La historia de toda empresa hidrológica se remonta a los sistemas que utilizaron los primeros pobladores del lugar para el suministro de agua, este proceso se inicia para el territorio que hoy conocemos como Distrito Capital, en los asentamientos de nuestros primeros indígenas que se nutrían principalmente de la cuenca hidrográfica del Río Tuy, es a raíz de la invasión de los españoles y posterior fundación de la ciudad Santiago de León de Caracas en 1567, que se implementa como sistema de distribución de agua potable las acequias, los cuales son canales por donde se conduce el agua.

En 1573 el Río Catuche era la principal fuente de abastecimiento del primer acueducto de Caracas. En la esquina de Caja de Agua se recogía el agua en un estanque, y de allí se repartía a la población por las acequias, partiendo de Caja de Agua y Luneta llegaba a las esquinas de Reducto y Miracielos (Hidrocapital, 2010).

Durante el gobierno de Antonio Guzmán Blanco, se inaugura el primer acueducto el cual conducía agua desde el Río Macarao. En 1943, el presidente de la República, Isaías Medina Angarita, inaugura el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), organismo de carácter público que asumía la histórica responsabilidad de hacer eficiente la prestación del servicio de agua potable en las zonas urbanas de todo el país. (Hidrocapital, 2010)

El INOS durante sus primeros 30 años planificó la utilización del recurso hídrico en Venezuela, además regulaba, prestaba el servicio y construía la infraestructura necesaria, ubicándose como la primera empresa de Latinoamérica en su tipo y una de las mejores del mundo. Tristemente esta

institución fue desarticulada hasta su disolución en 1989. Para sustituir al INOS se crea la Hidrológica Venezolana “HIDROVEN” y sus empresas filiales. HIDROVEN está constituida por diez empresas hidrológicas regionales, las cuales son: HIDROCENTRO, HIDROLAGO, HIDROFALCON, HIDROSUROESTE, HIDROPAEZ, HIDROCARIBE, HIDROOCCIDENTE, HIDROANDES, HIDROLLANOS E HIDROCAPITAL las cuales se convierten en responsables de la operación y administración del servicio de agua en cada región del país.

En la caso de HIDROCAPITAL su Misión, Visión y Valores son:

MISIÓN Ser una empresa de servicio público, comprometida en prestar a sus clientes un servicio de alta calidad en agua potable y saneamiento, mediante un modelo de gestión sustentable.

VISIÓN Hidrocapital será una empresa pública exitosa, de ámbito municipal, financieramente sustentable, con una imagen reconocida nacional e internacionalmente por sus innovaciones tecnológicas, talento humano y una positiva incidencia en los clientes, a partir de los estándares logrados en los servicios que presta.

VALORES Ejemplo de excelencia, honestidad, vocación de servidor público, alta capacidad de trabajo, compromiso, trabajo en equipo, lealtad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el suministro de agua potable de las comunidades asentadas en la Carretera Vieja Las Adjuntas – Los Teques, se realiza a través de camiones cisterna o por algunas tuberías que prestan un servicio ineficaz debido a su dimensionamiento y cantidad de años en servicio. Adicionalmente este sector se encuentra al final del Sistema Panamericano y del Sistema Metropolitano por lo cual, ninguno de los sistemas puede ofrecer caudal y presión de agua a los niveles requeridos

El servicio se realiza a través del sistema utilizando una tubería de 200 mm (8 Pulg.); que sigue la ruta de la Carretera Vieja, pasa por la entrada de INTEVEP y continúa, presentando una primera salida de 100mm (4 Pulg.) hacia el Barrio la Cruz donde existe una estación de bombeo. Unos 100m más adelante presenta otra salida, con HF de 100mm (4 Pulg.) de diámetro e inmediatamente después dos salidas mas, una de 75mm (3 Pulg.) de ACERO GALVANIZADO que alimenta a la Estación de Bombeo Guicaipuro, y otra de 100 mm (4 Pulg.) de HF que continua hacia el norte unos 2000 m. En este sitio la tubería principal cambia de diámetro a 150mm (6 Pulg.) y recorre unos 600m para finalizar.

Del final de la tubería salen dos tuberías de 50mm (2 Pulg.) de ACERO GALVANIZADO y una de 38mm (1½ Pulg.) las cuales tienen como finalidad dar servicio a varias comunidades allí ubicadas: La Esperanza A y B, Bertorelli Cisneros, Virgen del Valle, La Parrilla, Barrio Venezuela, Las Lomitas. (MATOS M, 2000)

Las tres tuberías tienen la siguiente configuración:

- 1) Tubería 50mm (2Pulg.) ACERO GALVANIZADO desde El Chorrillo hasta el Sector La Esperanza A y B.
- 2) Tubería 38mm (1½ Pulg.) ACERO GALVANIZADO desde El Chorrillo hasta el Sector Bertorelli Cisneros.
- 3) Tubería 50mm (2 Pulg.) ACERO GALVANIZADO desde El Chorrillo hasta el Sector Barrio Venezuela y las Lomitas.
- 4) Tubería 50 mm (2 Pulg.) PEAD desde El Chorrillo hasta La Esperanza A.

Adicionalmente cada una de estas comunidades posee redes de distribución informales, las cuales en suma al crecimiento demográfico, importantes diferencias de cota en su topografía y bajo suministro (caudal y presión) en la zona se traduce en un servicio escaso e ineficiente.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Optimizar el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para el Sector Carretera Vieja Los Teques – Las Adjuntas ubicado en el Estado Miranda.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las características de una propuesta de un sistema óptimo de abastecimiento de agua potable para el Sector Carretera Vieja Los Teques – Las Adjuntas del Estado Miranda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar en términos generales el sistema que abastece de agua potable al sector Carretera Vieja Los Teques – Las Adjuntas del Estado Miranda.
- Observar y registrar las características del sector en los siguientes aspectos:
 - Tipo de población
 - Modo de distribución de la población
 - Topografía del sector
 - Límites geográficos del sector
 - Fallas presentes en el sistema
- Determinar los censos poblacionales del sector.
- Calcular la demanda actual.
- Estimar la demanda a futuro.
- Determinar las características de los pozos existentes en el sector.
- Comparar los diversos sistemas de abastecimiento existentes.

- Establecer los criterios, parámetros y bases para la optimización del sistema de abastecimiento (diseño).
- Especificación y selección de bombas.
- Especificación y selección de tuberías.
- Especificación y selección de válvulas.
- Evaluar las propuestas y formalizar los resultados de las mismas.
- Realizar los planos

ALCANCES Y LIMITACIONES

En el marco de este trabajo se determinara la población estimada a 10 años, tipo de red de distribución, los caudales y presiones necesarios para la red, estudio del golpe de ariete. Se seleccionaran tuberías, accesorios, sistema de bombeo, tanques.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Población

Se puede definir población como un grupo de personas que habitan una región determinada, conocer sus características tanto cuantitativas como cualitativas es de gran importancia para cualquier diseñador, para ello existen diversos métodos, uno de ellos es el censo, el cual forma parte de la estadística descriptiva y se basa principalmente en el recuento de la población aunque se pueden determinar informaciones adicionales que ofrecen una visión cualitativa de la población a estudiar.

Según los Principios y Recomendaciones para los censos de población y habitación de las Naciones Unidas , se entiende por *censo de población* “el conjunto de las operaciones consistentes en recoger, recopilar, evaluar, analizar y publicar o divulgar de alguna u otra forma datos demográficos, económicos y sociales relativos a todos los habitantes de un país, o a una parte bien delimitada de un país, en un momento determinado”; y por *censo de habitación* “el conjunto de las operaciones consistentes en recoger, recopilar, evaluar, analizar y divulgar de alguna u otra forma datos estadísticos correspondientes, en una fecha determinada, a todos los locales de habitación y a sus ocupantes en un país, o en una parte bien delimitada del mismo.” (Instituto Nacional de Estadística, 2010)

Ya que no siempre es viable realizar un censo o la información que se requiere de la población es a futuro, entonces se hace necesario utilizar herramientas para obtener una proyección poblacional aceptable. En primer lugar se debe

determinar si el crecimiento poblacional es lineal o exponencial, en el caso de Venezuela según el INE el crecimiento es exponencial lo cual supone que la población crece a rata constante que es proporcional a la población y para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_2 = P_1 \left[\left(\frac{R}{100} \right) + 1 \right]^t \quad (2.1)$$

2.2 Mecánica de fluidos aplicada a sistemas de distribución de agua potable

2.2.1 Fluido

Un fluido es una sustancia que no puede resistir esfuerzo cortante. Si este se presenta, el fluido se deforma y continúa deformándose mientras el esfuerzo exista. Estas sustancias pueden ser líquidos o gases a diferentes presiones.

- Líquido: Estado de la materia en el cual las moléculas están relativamente libres de cambiar sus posiciones unas con respecto a las otras pero restringidas por fuerzas de cohesión para que mantengan un volumen relativamente fijo. (Potter, 2002)
- Gas: Estado de la materia en el que las moléculas prácticamente no están restringidas por fuerzas de cohesión. Un gas no tiene forma ni volumen definido. (Potter, 2002)

Presión: Es la magnitud que relaciona una fuerza con el área donde esta actúa. Esta puede ser medida según diversas escalas. Entre ellas está la presión absoluta y la presión manométrica.

$$p = \frac{F}{A} \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad (2.2)$$

Presión absoluta: Escala que mide presiones, donde se llega al cero cuando se alcanza el vacío ideal. (Potter, 2002)

$$P_{absoluta} = P_{manometrica} + P_{atmosferica} \quad (2.3)$$

Presión manométrica: Escala que mide presiones con respecto a la presión atmosférica local. (Potter, 2002)

2.2.2 Tipos de fluido

Según el comportamiento del fluido cuando se le aplica un esfuerzo cortante este puede clasificarse como fluido newtoniano o no newtoniano.

Fluido newtoniano: Es aquel que obedece a la fórmula.

$$\tau = \mu \frac{\Delta c}{\Delta y} \quad (Pa) \quad (2.4)$$

Fluido no newtoniano: Es aquel que no obedece a la fórmula 3.4, entre ellos se encuentran: El fluido dilatante en el cual, la resistencia a la deformación incrementa al aumentar la tensión cortante, el fluido pseudoplástico es aquel en el cual disminuye su resistencia al aumentar la tensión cortante.

2.2.3 Propiedades de los fluidos

2.2.3.1 Densidad:

Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia.

$$\rho = \frac{m}{v} \left(\frac{Kg}{m^3} \right) \quad (2.5)$$

2.2.3.2 Peso unitario:

Es el Peso por unidad de volumen de una sustancia.

$$\gamma = \rho \cdot g \left(\frac{N}{m^3} \right) \quad (2.6)$$

2.2.3.3 Viscosidad:

Es la resistencia que ofrece el fluido a las deformaciones tangenciales.

- Viscosidad Dinámica

$$\mu = \tau / \frac{\Delta c}{\Delta y} \text{ (Pa. s)} \quad (2.7)$$

- Viscosidad Cinemática

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{m^2}{s} \right) \quad (2.8)$$

2.2.4 Flujo

El movimiento relativo producto de la presencia permanente de tensión cortante sobre un fluido es denominado flujo.

2.2.5 Tipos de flujo

El flujo puede ser clasificado según el cambio o no de las cantidades físicas que lo determinan con respecto a variables espaciales y/o temporales. (Saldarriaga, 1998)

2.2.5.1 Flujo uniforme permanente

Ninguna de las características del flujo (presión y celeridad) varían en el espacio y tiempo.

2.2.5.2 Flujo uniforme no permanente

Las características no varían en el espacio pero si con el tiempo. Este tipo de movimiento es muy difícil de encontrar en la naturaleza.

2.2.5.3 Flujo variado permanente

Las características del flujo varían con el espacio pero no con el tiempo.

- Gradualmente variado: Los cambios en las características del flujo (presión y celeridad) son graduales a lo largo de la dirección principal

de este. Por ejemplo: Las contracciones y expansiones suaves en tuberías, el flujo a través de tubos Venturi, entre otras.

- Rápidamente variado. Los cambios de características son abruptos a lo largo del eje principal de este. Por ejemplo, las contracciones abruptas en tuberías, el flujo a través de válvulas y rotores de bombas. Por lo general este tipo de flujo va acompañado de gran turbulencia.

2.2.5.4 Flujo variado no permanente

Las características del flujo varían con el espacio y con el tiempo también es denominado flujo no permanente. En el caso de tuberías está relacionado con el fenómeno de golpe de ariete.

Por definición de la mecánica, la aceleración total con respecto al tiempo es

$$a = \frac{dc}{dt} = \frac{\partial c}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial c}{\partial t} \frac{dt}{dt} = C \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial c}{\partial t} \quad (2.9)$$

El primer término se relaciona con la variabilidad espacial de la celeridad y se denomina aceleración convectiva y cuando existe clasifica al régimen como no uniforme; el segundo término se asocia con las variaciones temporales de la celeridad y se denomina aceleración local y cuando existe clasifica el régimen como transitorio.

El régimen de un fluido real o viscoso puede verificarse en categorías cinemáticas y dinámicas claramente diferenciadas que dependen de la relación entre fuerzas inerciales y viscosas, es decir del número de Reynolds.

$$Re = \frac{CD}{\nu} \quad (2.10)$$

2.2.5.5 Flujo viscoso o inviscido

Un flujo de fluido puede ser clasificado de una manera general como flujo viscoso o inviscido. Un flujo inviscido es aquel en el que los efectos viscosos no influyen significativamente en el flujo y por lo tanto son ignorados. En un

flujo viscoso los efectos de la viscosidad son importantes y no pueden ser ignorados. (Potter, 2002)

2.2.5.6 Flujo laminar o turbulento

Flujo laminar: Un flujo sin mezclado significativo de las partículas pero con esfuerzos cortantes viscosos significativos. (Potter, 2002)

Flujo turbulento: El flujo varía irregularmente de modo que sus cantidades muestran una variación aleatoria. (Potter, 2002)

2.2.5.7 Flujo compresible e incompresible

Flujo incompresible: la densidad de cada partícula de un fluido permanece constante.

Flujo compresible: Las variaciones de la densidad influyen en el flujo.

2.2.6 Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad es la expresión de la ley de la conservación de la masa, en este caso se tomaran las siguientes consideraciones: flujo incompresible en tuberías inelásticas, flujo unidimensional, densidad constante. En conclusión se puede afirmar que la masa de fluido por unidad de tiempo es constante en cualquier punto de la tubería.

$$c_1 \cdot A_1 = c_2 \cdot A_2 = c_3 \cdot A_3 = c_n \cdot A_n \quad (2.11)$$

2.2.7 Teorema de Bernoulli.

Ecuación del movimiento unidimensional de líquidos en tuberías, para ella se toman en cuenta las fuerzas de presión, gravitacional y de origen viscoso.

$$\frac{\partial \left(\frac{p}{\gamma} + z + \frac{c^2}{2g} \right)}{\partial x} + \frac{4\tau}{\gamma D} + \frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (2.12)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{4\tau}{\gamma D} + \frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (2.13)$$

El término $\frac{4\tau}{\gamma D} = S_f$ evalúa la tasa de disipación de la energía por unidad de longitud de conducto.

El término $\frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = S_i$ representa la contribución de no permanencia en la dinámica del flujo.

En el caso ideal de flujo sin viscosidad $S_f = 0$ y régimen permanente.

$$\frac{dH}{dx} = 0 \quad (2.14)$$

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{C^2}{2 \cdot g} = H \quad (2.15)$$

Lo cual coincide con el teorema de Bernoulli.

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la ley de la conservación de la energía al flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima del plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la presión y la altura debida a la celeridad. (Crane, 1992)

Las suposiciones son (Potter, 2002)

Flujo inviscido (ningún esfuerzo cortante)

Flujo continuo ($\partial C / \partial t = 0$)

A lo largo de la línea de corriente ($a = C \partial C / \partial x$)

Densidad constante ($\partial \rho / \partial x = 0$)

Marco de referencia inercial

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{C^2}{2 \cdot g} = H \quad (2.16)$$

Teorema de Bernoulli entre dos puntos

$$\frac{c_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p_1}{\rho} + h_1 = \frac{c_2^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2}{\rho} + h_2 \quad (2.17)$$

2.3 Pérdidas de carga de carga en sistemas de tuberías

Las pérdidas de carga de carga en un sistema de tuberías se dividen en dos partes: pérdidas de carga de carga en tuberías y pérdidas de carga de carga menores.

En el caso de pérdidas de carga de carga en tuberías, el flujo de los fluidos en tuberías esta siempre acompañado de rozamiento de las partículas del fluido entre si y, consecuentemente, por la pérdida de energía disponible. (Crane, 1992)

Las pérdidas de carga de carga por fricción en tuberías comúnmente se evalúan por medio de la formula de Darcy-Weisbach o la formula de Hanzen Williams. (Potter, 2002)

2.3.1 Formula de Darcy-Weisbach

Esta fórmula se aplica a fluido en régimen uniforme y permanente.

El factor de fricción “f” puede determinarse dependiendo del tipo de flujo.

$$h_L = \frac{f \cdot L \cdot C^2}{2 \cdot D \cdot g} \quad (2.18)$$

2.3.2 Formula de Darcy-Weisbach y Pouseuille

Si el flujo es laminar entonces $f = \frac{64}{Re}$ (2.19)

Re=Numero de Reynolds (el cual debe ser menor a 2000)

Si el flujo es turbulento se debe recurrir a datos experimentales para hallarlo. Los análisis que se han desarrollado indican que el factor de fricción depende de la rugosidad relativa y del número de Reynolds. El diagrama que se utiliza en este caso es el de Moody.

Existen formulas que han sido determinadas de forma experimental y que facilitan la determinación del factor de fricción.

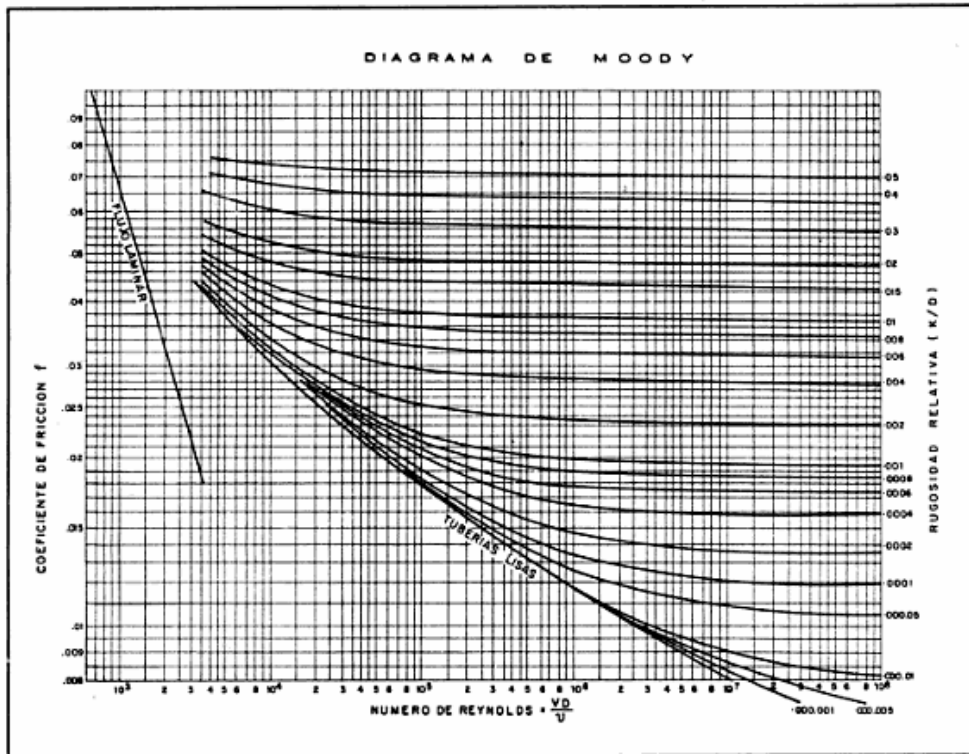


Grafico 1-Diagrama de Moddy
Tuberías a Presión
Manuel Vicente Méndez 2.15

2.3.3 Formula de Colebrook-White.

$$\frac{1}{f} = -2 \log_{10} \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\epsilon} \right)} + \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \right) \quad (2.20)$$

Esta fórmula demuestra ser válida para todo tipo de de flujo turbulento en tuberías, sin embargo tiene el problema de no ser explícita para el factor de fricción f .

Re =Numero de Reynolds (el cual debe ser menor a 4000)

2.3.4 Formula de Swamee

La formula de Swamee es una aproximación de la formula de Colebrook-White.

$$f = \frac{0.25}{\left(\log_{10}\left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} \quad (2.21)$$

Re =Numero de Reynolds (el cual debe ser mayor a 4000)

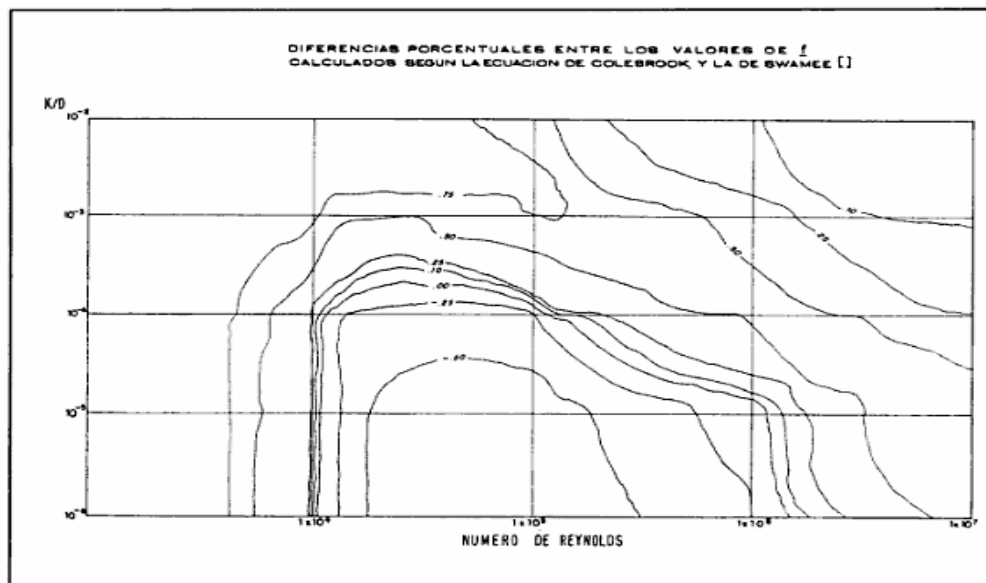


Gráfico 2-Diferencias porcentuales entre los valores de f Calculados según la fórmula de Colebrook y la de Swamee
Tuberías a Presión Manuel Vicente Méndez 2.16

2.3.5 Formula de Hanzen-Williams.

Es una formula independiente del análisis de Darcy, donde el coeficiente C_{HW} es una característica del tubo y del fluido por ello para esta formula se deben tomar en cuenta las siguientes restricciones:

Su uso está limitado al flujo de agua en conductos mayores de 2 pulgadas y menores a 6 pies de diámetro.

La celeridad del fluido no debe exceder los 3(m/s)

Fue desarrollada para agua a 60 °F a 15.5°C

$$h_L = 10.67 \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1.862} \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right) \quad (2.22)$$

$$Q = CA \quad (2.23)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{C\pi}} \quad (2.24)$$

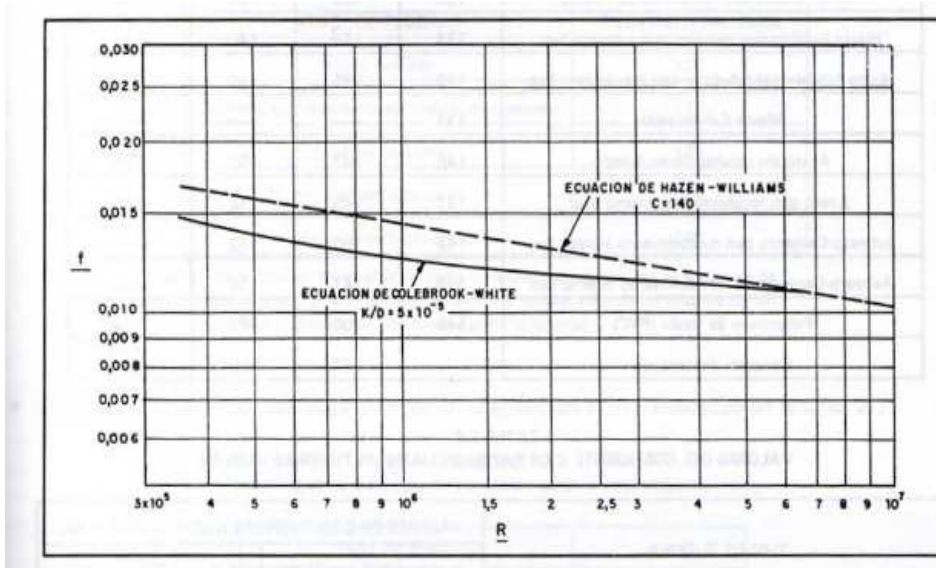


Gráfico 3-Comparación entre las formulas de Hanzen- Williams y Colebrook-White

Tuberías a Presión

Manuel Vicente Méndez 2.20

2.3.6 Rugosidad de las tuberías y años de servicio

Durante el servicio las tuberías experimentaran cambios en la capacidad hidráulica de la misma, ya sea por un aumento de la rugosidad inicial y/o una disminución del área de flujo neto, esta situación dependerá de: la calidad del agua transportada, las características del elemento conductor y las condiciones de servicio del sistema.

Los principales factores que afectan la capacidad hidráulica de un conducto pueden agruparse en las siguientes categorías: sedimentación, crecimientos orgánicos, depósitos minerales, corrosión. (Mendez, 1995)

RUGOSIDAD EQUIVALENTE DE TUBERIAS COMERCIALES SEGUN LAMONT [108]

CLASE DE TUBERIAS	Rugosidad Equivalente (Tuberías nuevas,mm)	
	VALOR MEDIO	VALOR DE DISEÑO RECOMENDADO
Hierro Fundido sin Recubrimiento Interno	0,226	0,250
Hierro Fundido con Recubrimiento Interno liso	0,102	0,125
Hierro Fundido Centrifugado con Recubrimiento Interno	0,056	0,050
Hierro Galvanizado	0,102	0,125
Acero sin Recubrimiento Interno	0,028	0,040
Acero con Recubrimiento Interno liso	0,046	0,050
Asbesto-Cemento sin Recubrimiento Interno	0,028	0,040
Asbesto-Cemento con Recubrimiento Interno	Liso k = 0	
Policloruro de Vinilo (PVC)	Liso k = 0	
Concreto	0,030	0,040

Tabla 1-Rugosidad Equivalente de Tuberías

Tuberías a Presión

Manuel Vicente Méndez 2.17

La corrosión en tuberías puede ser interna o externa y es el resultado de procesos electroquímicos que tienen lugar cuando cierto tipo de agua entra en contacto con la superficie de la conducción o por la acción de bacterias (ferro

bacterias, sulfobacterias). En el caso del agua, su aporte al proceso de corrosión se debe principalmente a su composición físico-química (pH); a su naturaleza y concentración de contenido mineral y los gases disueltos.

La rugosidad aumenta linealmente con el tiempo, por causa de la corrosión, si la tubería es metálica sin un revestimiento interno adecuado, o también por los crecimientos orgánicos o fangos, y los depósitos calcáreos provocados por las acciones físicas, químicas y bacteriológicas de ciertos tipos de aguas. (Mendez, 1995).

Según este criterio, entonces, la rugosidad ε al cabo de T años, puede expresarse como:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + at \quad (2.25)$$

CARACTERISTICAS DEL AGUA Y SU RELACION CON α [116]

GRUPO	CARACTERISTICAS DEL AGUA	VALORES DE α (mm/año)		
		Mínimo	Medio	Máximo
1	Aguas poco mineralizadas, no agresivas, poco contenido de minerales y de materia orgánica	0,005	0,025	0,055
2	Aguas poco mineralizadas pero corrosivas (pH reducido), de contenido de hierro y materia orgánica inferior a 3 mg/l	0,055	0,070	0,180
3	Agua muy corrosiva (pH muy bajo), con contenido de cloruros y sulfatos menores de 150 mg/l y hierro superior a 3 mg/l	0,180	0,200	0,400
4	Aguas corrosivas (pH reducido) con contenido de cloruros y sulfatos entre 500 y 700 mg/l y considerable materia orgánica	0,400	0,510	0,600
5	Aguas muy mineralizadas, de gran dureza, pH superior a 7, residuo sólido superior a 2000 mg/l	0,600	0,700	1,000

Tabla 2-Características del agua y su relación con α

Tuberías a Presión

Manuel Vicente Méndez 2.26

2.3.7 Pérdidas de carga de carga localizadas de energía

Las pérdidas de carga localizadas de energía se producen debido a la separación de la capa límite producto de los cambios de geometría de los contornos. Se conforma dentro del campo de flujo, una zona confinada y de estructura cinemática compleja. Adicionalmente el acentuado estado de esfuerzos cortantes en la superficie de separación, genera vórtices que inducen intensa turbulencia. (Mendez, 1995)

Debido a la complejidad cinemática y dinámica referida a la separación de la capa límite, la estimación de las pérdidas de carga debe realizarse por la vía experimental, definiendo así, coeficientes aplicados a alturas de celeridad el cual depende del número de Reynolds y la geometría. En el caso de de las tuberías típicas utilizadas para el transporte de agua y sus valores de Reynolds asociados se ha determinado que la configuración general de la zona de separación y disipación es poco sensible al número de Reynolds. Si se trata de piezas especiales de reunión o separación debe considerarse además el parámetro β asociado a la relación de gastos concurrentes o separados mediante la pieza especial.

Las pérdidas de carga de carga localizas también pueden ser expresadas en función de la longitud equivalente, la cual es la longitud virtual de tubería necesaria para producir la pérdida por fricción asociada al dispositivo equivalente.

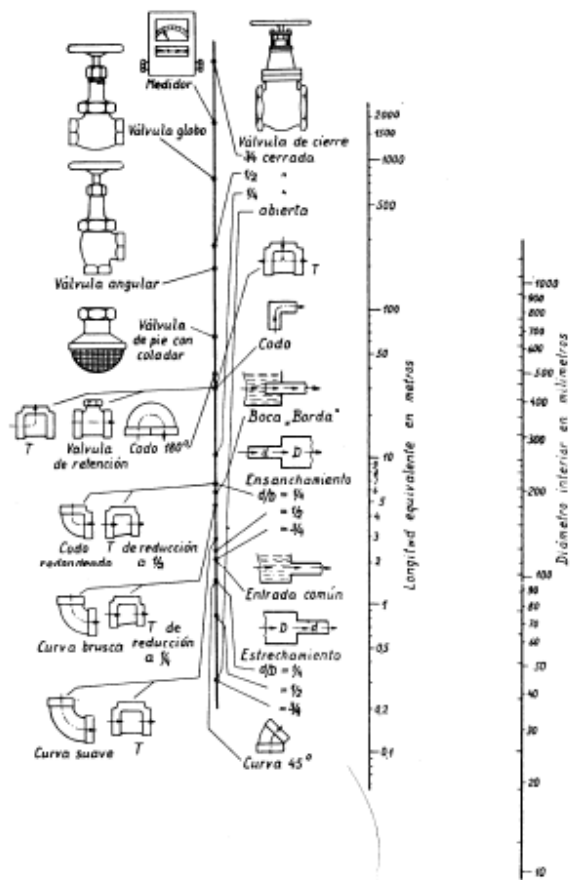


Tabla 3-Longitud equivalente de accesorios

Mecánica de fluidos

Claudio Mataix 248

Las pérdidas de carga localizadas también se calculan según la siguiente ecuación.

$$h_L = K \frac{c^2}{2.g} \quad (2.26)$$

Donde k depende de varios factores que se exponen a continuación.

2.3.7.1 Cambios de dirección del flujo

Las piezas que se utilizan para modificar la dirección del flujo en tuberías pueden dividirse en dos: en codos o curvas de contorno continuo y en codos seccionados.

- Codos o curvas: Los coeficiente de pérdida localizada de energía en codos o curvas es independiente del número de Reynolds para casi todas las situaciones prácticas de conducción de agua por tuberías por tanto dependerán básicamente de su geometría.
- Codos seccionados: Son cambios de alineamiento realizados mediante codos formados por segmentos rectilíneos del conducto, fabricados y soldados entre sí en el sitio de colocación de la tubería.

2.3.7.2 Cambios en los diámetros de las tuberías

Piezas especiales mediante las cuales se modifican los diámetros de las tuberías mediante expansiones y reducciones.

- Expansiones graduales
- Expansiones Bruscas
- Contracciones Bruscas
- Contracciones graduales

2.3.7.3 Reunión y separación de flujos en tuberías a presión

Debido al número de variables que intervienen en la hidráulica de confluencias y derivaciones instaladas en tuberías (relación de áreas y de gastos; número de Reynolds; factores geométricos que caracterizan la unión de los conductos), la información experimental disponible solo se refiere a las formas geométricas más sencillas de esas piezas especiales. (Mendez, 1995)

- Confluencias
- Derivaciones

2.3.7.4 Orificios

Estos dispositivos se utilizan para reducir localmente la sección de la tubería de esta manera se pueden realizar mediciones de gasto o controlar gastos y/o presiones mediante la disipación de energía. Los coeficientes k para este caso dependen de: número de Reynolds, relación entre sus diámetros y la longitud de tubería, espesor de placa y acabados de sus bordes.

2.2.7.5 Pérdidas de carga de energía por entrada o salida

Las pérdidas de carga por salida ocurre cuando el flujo de tubería se incorpora a un estanque de dimensiones considerables, bajo estas condiciones, toda la energía cinética del flujo de descarga se pierde por disipación turbulenta.

2.2.7.6 Pérdidas de carga localizadas de energía en válvulas

Estos dispositivos son indispensables para la adecuada operación y control de los sistemas de tuberías a presión, alteran la geometría de los conductos y dan origen a pérdidas de carga localizadas, cuya magnitud dependen del tipo de válvula y de la posición del elemento obturador.

2.4 Cavitación

La cavitación es una disminución de presión local a la presión de vapor, originando la aparición de burbujas de vapor que viajan a zonas de mayor presión donde implosionan a la temperatura de operación ocasionando vibraciones y ruidos.

En el caso de sistemas de abastecimiento de agua la cavitación es un factor limitante en la selección de bombas, medidores, transiciones de entrada a una

conducción desde un estanque o embalse. En las piezas especiales tales como codos, expansiones, reducciones o salidas sus características geométricas se establecen de forma tal que reducen al mínimo las pérdidas de carga localizadas de energía asegurando casi siempre la ausencia de cavitación.

De acuerdo con la intensidad, nivel de ruidos y daños se clasifican en: Cavitación Incipiente, Cavitación Crítica, Daño Incipiente, Estrangulamiento por Cavitación. (Mendez, 1995)

$$\frac{p_2 - p_v}{p_1 - p_2} = \sigma_c \quad (2.27)$$

2.4.1 Cavitación incipiente

La cavitación incipiente corresponde a la aparición de la cavitación. El ruido que la acompaña proviene de un débil burbujeo intermitente y no han de esperarse daños por vibración o erosión de las partes del dispositivo expuestas al flujo.

2.4.2 Cavitación crítica

En este nivel se presenta un ruido característico, claramente perceptible. Aunque es una fase más severa que la cavitación incipiente, no se producen daños apreciables. Por esta razón, tal nivel de cavitación es a veces adoptado como límite a los efectos de diseño.

2.4.3 Daño incipiente

Esta fase corresponde a la aparición de la erosión en los contornos sólidos debido al impacto de las cavidades condensadas sobre tales contornos. Las vibraciones y el ruido alcanzan niveles considerablemente superiores a los correspondientes a cavitación crítica.

2.4.4 Estrangulamiento por cavitación

Condición en la cual la presión de vapor prevalece en toda la región de flujo adyacente a la salida del dispositivo, y por lo tanto, una disminución de la presión del líquido aguas abajo de esa región no produce aumento de caudal. En esta situación se dice que el flujo está estrangulado y los daños se producen generalmente aguas abajo del dispositivo cuyo funcionamiento hidráulico determina la cavitación.

2.5 Régimen permanente de líquidos en tuberías a presión

Los sistemas de transporte de fluidos tienen como característica un régimen de operación estable o casi estable durante la mayor parte de su funcionamiento, por lo cual este régimen se denomina como permanente.

Por esta razón la ecuación 3.9 se simplifica

$$a = C \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{dC}{dt} \quad (2.28)$$

- Continuidad

$$c_1 \cdot A_1 = c_2 \cdot A_2 = c_3 \cdot A_3 = c_n \cdot A_n \quad (2.29)$$

- Movimiento

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{4\tau}{\gamma D} + \frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (2.30)$$

$$\text{En la cual } \frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \text{ y } z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{C^2}{2 \cdot g} = H$$

2.6 Régimen transitorio en tuberías

Al reconocer la compresibilidad de los líquidos, se acepta que los cambios de las condiciones de flujo se propagarán a lo largo de la tubería con una celeridad igual a la celeridad del sonido en el medio líquido (conducto rígido). Si consideramos la variación de la densidad y la deformación elástica del conducto se llega a la siguiente ecuación del principio de la continuidad para el movimiento no permanente, unidimensional, de fluido incompresible en una tubería.

$$\frac{\partial \rho A C}{\partial x} + \frac{\partial \rho A}{\partial t} = 0 \quad (2.31)$$

La celeridad de propagación de las perturbaciones de las magnitudes de flujo, es equivalente a la del sonido en el medio elástico si el contorno de la conducción se considera rígido.

$$C_T = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.32)$$

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{C_T C}{g} \quad (2.33)$$

2.6.1 Descripción matemática del régimen transitorio en tuberías

Para el caso de tuberías se realiza un enfoque unidimensional de análisis para líquidos en conductos circulares de propiedades únicas y poco elásticos. (Mendez, 1995)

2.6.1.1 Ecuación de la continuidad

$$C \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} + C \operatorname{sen} \alpha + \frac{C_T^2}{g} \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (2.34)$$

2.6.1.2 Ecuación dinámica del movimiento

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{C}{g} \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial t} + f \frac{C|C|}{2gD} = 0 \quad (2.35)$$

2.6.1.3 Celeridad de propagación de las ondas elásticas o perturbaciones de las magnitudes de flujo

Los cambios de condiciones de flujo se propagaran a una celeridad equivalente a la del sonido la cual será modificada por la naturaleza elástica del conducto.

$$C_T = \sqrt{\frac{\frac{E}{\rho}}{1 + \frac{ED}{E_{ce}}}} \quad (2.36)$$

De forma aproximada los efectos transitorios de de una conducción mediante tuberías se puede caracterizar como:

$$\zeta = \frac{C_T C}{gh} \quad (2.37)$$

$$\tau_c = \frac{T_v}{\frac{2L}{C_T}} \quad (2.38)$$

En general, los efectos de este tipo de movimiento serán tanto más severos cuanto mayor sea el parámetro ζ y menor τ_c .

Las formulas 3.34 y 3.35 pueden simplificarse suprimiendo la fricción, la energía cinética, y el termino convectivo para obtener las ecuaciones descriptivas del golpe de ariete sobre las cuales se fundamentan los métodos de Allievi y Bergeron.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{C_T^2}{g} \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (2.39)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (2.40)$$

2.6.1.4 Tiempo de circulación de la onda

$$T = 1 + \frac{K_T LC}{gH_m} \text{ (s)} \quad (2.41)$$

Donde:

K_T = Coeficiente que depende de la longitud del conducto

$K_T = 2$ si $L < 500$ m

$K_T = 1,5$ si $500\text{m} < L < 1500$ M

$K_T = 1$ si $L > 1500\text{m}$

2.6.1.5 Longitud en la impulsión para que el golpe sea directo contra la válvula de retención

$$L = \frac{c_T T}{2} \text{ (m)} \quad (2.42)$$

2.6.1.6 Comparación de la longitud calculada con la longitud real del conducto

Si $L < L_{\text{conducto}}$, la impulsión es larga, el golpe es directo contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Allievi.

Si $L > L_{\text{conducto}}$, la impulsión es corta, el golpe es indirecto contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Michaud.

2.6.1.7 Presión crítica máxima

La presión crítica se determina usando Allievi o Michaud dependiendo si golpe será directo o indirecto en la válvula de retención.

Fórmula de Allievi

$$p_c = \frac{c_T C}{g} \text{ (m)} \quad (2.43)$$

Fórmula de Michaud

(2.44)

$$p_c = \frac{2LC}{gT}$$

2.6.1.8 Presión máxima de colapso

$$P_{\text{máx. sobrepresión}} = P_c + P_{\text{punto crítico del sistema}} \quad (2.45)$$

Donde el valor del *Punto crítico del sistema* normalmente coincide con la presión en la estación de bombeo (m).

Como elemento amortiguador del golpe de ariete se utilizan los siguientes dispositivos:

- Ventosas bifuncionales, trifuncionales y purgadores
- Válvulas disipadoras de onda
- Válvulas de seguridad
- Seccionamiento de la descarga, colocando válvulas de cheque con by-pass
- Incremento de la inercia de las masas rotantes de las bombas
- Válvulas de alivio
- Chimeneas de equilibrio
- Tanques hidráulicos abiertos o cerrados
- By-pass en las válvulas de cheque de las estaciones de bombeo
- Tanques hidroneumáticos
- Combinaciones de las soluciones anteriores

2.6.2 Aire en tuberías

El aire puede unirse al movimiento del agua en una tubería a presión por diversos motivos, entre los cuales están: vaciado del conducto, válvulas de admisión de aire, chimeneas abiertas a la atmósfera, cuando los puntos donde están instaladas, la altura piezométrica resulta menor que la cota de la tubería, sellos inadecuados en las estructuras de alimentación de las aducciones por gravedad, vórtices en pozos de succión de bombas.

El correcto funcionamiento de una tubería exige la eliminación del aire presente en ellas ya que su presencia reduce la capacidad de conducción, aporta pérdidas de carga localizadas y puede incluso provocar situaciones de gasto nulo.

La eliminación puede realizarse a través de válvulas de expulsión de aire convenientemente localizadas o por arrastre. Si el flujo es ascendente la

componente del peso sumergido actúa en la misma dirección y sentido de la fuerza de arrastre hidrodinámico lo cual activa el movimiento de las burbujas y cavidades de aire. Si el flujo es descendente existe una celeridad límite del agua para la cual el movimiento de las burbujas es incipiente, este valor de celeridad depende principalmente del diámetro de la tubería; ángulo de inclinación de la tubería; dimensiones y formas de las burbujas, y en algunos casos del número de Reynolds.

2.7 Tipos de válvulas en los sistemas de abastecimiento de agua

Las válvulas son elementos que se colocan en las tuberías como auxiliares indispensables para la adecuada operación, mantenimiento y seguridad de los sistemas de conducción de fluidos. (Mendez, 1995)

Las válvulas operan a través de un actuador que suministra la potencia mecánica necesaria para cambiar la posición del obturador. A veces se utiliza un mecanismo auxiliar (posicionador) para dar mayor precisión al movimiento del obturador.

En general la válvula tiene dos partes:

El actuador, que puede ser: Neumático (es el más utilizado), Eléctrico – Neumático (se usa cada vez con más frecuencia), Hidráulico, Eléctrico – Hidráulico, Manual

El cuerpo de la válvula contiene en su interior el obturador y los asientos, y está provisto de rosca o de bridas para conectar la válvula a la tubería. El obturador es quien realiza la función de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo.

2.7.1 Válvulas de paso

También son denominadas válvulas de mantenimiento, su función es aislar un tramo del sistema interrumpiendo el paso de fluido, se usa para reparaciones y en caso de emergencia. Entre ellas tenemos la válvula de compuerta y mariposa.

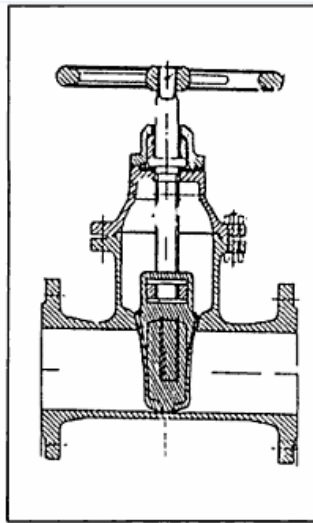


Figura 1-Corte de una válvula de compuerta
Tuberías a Presión
Manuel Vicente Méndez 3.4

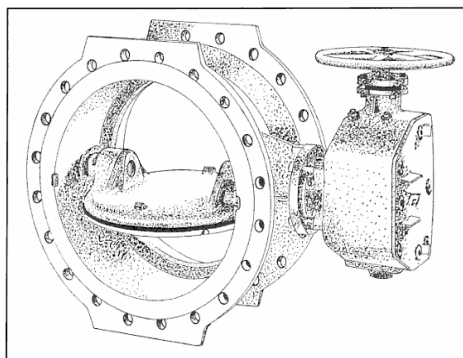


Figura 2-Válvula mariposa
Tuberías a Presión
Manuel Vicente Méndez 3.3

2.7.2 Válvulas reguladoras

Su función es el control de ciertas variables del fluido como lo son el caudal y la presión. Entre ellas tenemos: válvulas de globo, válvulas de paso anular, válvulas de esfera y cono.

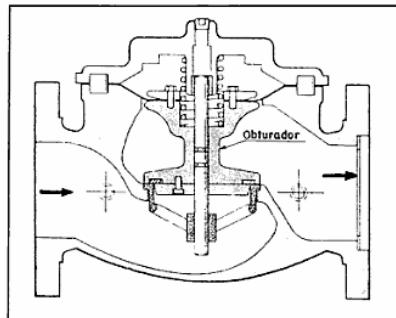


Figura 3-Válvula globo

Tuberías a Presión

Manuel Vicente Méndez 3.4

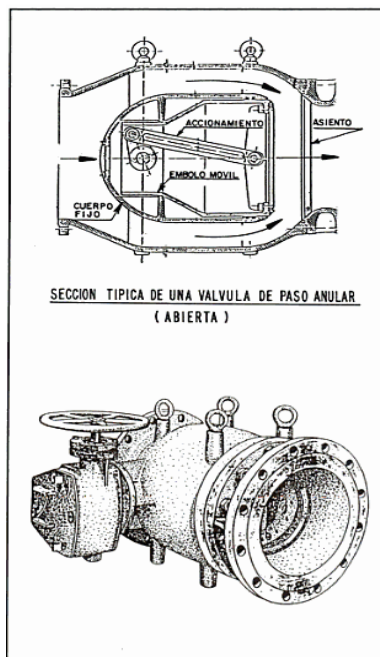


Figura 4-Válvula de paso anular

Tuberías a Presión

Manuel Vicente Méndez 3.6

2.7.3 Válvulas para el control de dirección del flujo

Como su nombre lo indica evita el cambio de dirección del flujo dentro de la tubería impidiendo el vaciado de los tanques, el giro inverso de la moto-bomba, el ejemplo más común es la válvula de retención.

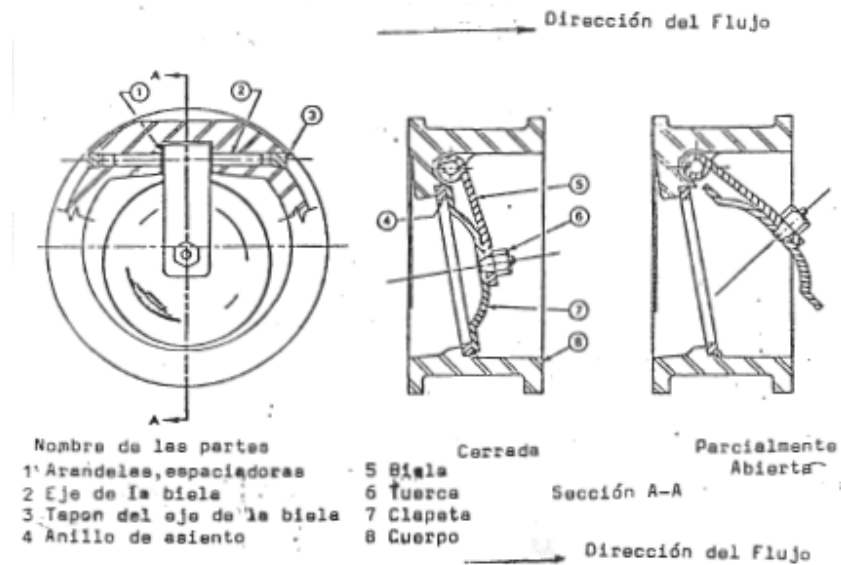


Figura 5-Válvula de retención tipo claveta

COVENIN 1629-80

2.7.4 Válvulas complementarias del servicio de acueductos

Estas son válvulas especiales que se instalan en las líneas de flujo, para hacer posible la adecuada operación, el mantenimiento y la seguridad de los sistemas de acueductos.

2.7.4.1 Válvulas de Escape o Alivio

Su función es expulsar el aire bajo presión con el fin de atenuar cierto tipo de solicitaciones transitorias que se originan como consecuencia del golpe de ariete, esta capacidad se logra mediante el uso de un mecanismo de palanca que puede ser simple o compuesto.

2.7.4.2 Válvulas Combinadas de aire

Son la combinación de una válvula de admisión y expulsión de aire con una válvula de escape de aire.

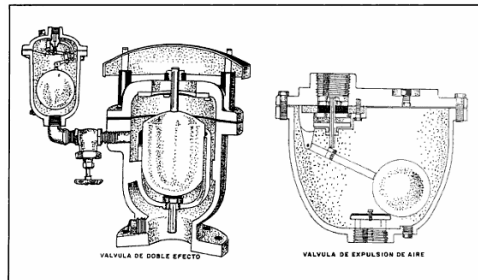


Figura 6 -Válvula de admisión y expulsión de aire
Tuberías a Presión
Manuel Vicente Méndez 3.8

2.7.4.3 Válvulas de admisión y expulsión de aire hidráulicamente controladas

El principio operativo de esta válvula es igual, que el de la válvula de admisión y expulsión de aire convencional, con la excepción de que estas válvulas están normalmente abiertas (debido al peso del flotador) y cerrara lentamente después que haya dejado salir un volumen regulado de agua, evitando un incremento de presión como consecuencia de un régimen transitorio ocurrido en la tubería.

2.7.4.4 Válvulas de admisión y expulsión de aire cierre amortiguado

Consiste en una válvula de admisión y expulsión de aire convencional, en cuya parte inferior (entrada) se le instala una válvula de cierre amortiguado este amortiguador funciona en la interfase de energías cinéticas de los flujos de aire y agua.

2.7.4.5 Válvulas rompe vacío

Las válvulas rompe vacío son válvulas unidireccionales con orificio grande, que permiten la admisión de aire en el sistema para interrumpir el vacío; estas válvulas son normalmente cerradas (acción de resorte) y están diseñadas para abrirse con un diferencial de presión de 0.25 psi se pueden combinar con válvulas de escape de aire.

2.8 Hidromecánica de bombas

2.8.1 Bomba centrífuga

Es aquella que imparte energía al fluido mediante la fuerza centrífuga generada por el movimiento rotatorio de un impulsor. (COVENIN 643-91, 1991).

2.8.1.1 Bomba de flujo radial

Es aquella bomba donde la dirección del flujo de descarga es predominantemente perpendicular al eje de giro, operan con bajo caudal y altas presiones.

2.8.1.2 Bomba de flujo mixto

Es aquella bomba donde la dirección del flujo de descarga es predominantemente oblicua con respecto al eje de giro, operan con caudales y presiones medias.

2.8.1.3 Bomba de flujo axial

Es aquella bomba donde la dirección de descarga es predominantemente paralela al eje de giro, operan con alto caudal y bajas presiones.

2.8.2 Bomba de pozo

2.8.2.1 Bomba turbina para pozo profundo

Es una bomba con eje vertical, centrífuga o de flujo mixto, con una o varias etapas, siendo la descarga de la misma coaxial a su eje y la cual está suspendida por una tubería vertical sujeta a un cabezal de descarga. (COVENIN 1619-91, 1991)

2.8.2.2 Bomba sumergible

Es una combinación compuesta por una bomba tipo turbina acoplada directamente a un motor eléctrico hermético sumergible. Esta unidad de bombeo es soportada desde la superficie del pozo por una tubería vertical de descarga, donde recibe la alimentación de energía a través de un cable sumergible.

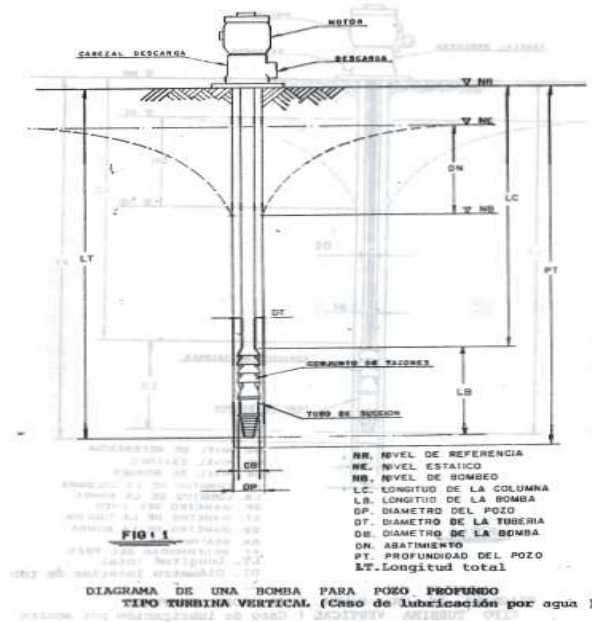


Figura 7-Diagrama de una bomba para pozo profundo tipo turbina vertical
(caso lubricación por agua)
COVENIN 1619-91

2.8.2.3 Nivel de referencia

Es la línea horizontal referida a la boca del pozo.

2.8.2.4 Nivel estático

Es el nivel de la superficie de líquido en el pozo, cuando no hay extracción.

2.8.2.5 Nivel de bombeo

Es el nivel de la superficie de líquido en el pozo tanquilla cuando hay extracción.

2.8.2.6 Abatimiento

Es la diferencia entre el nivel de bombeo y el nivel estático.

2.8.3 Factores de las bombas y de operación de bombeo

2.8.3.1 Velocidad específica N_s

Es el número de revoluciones por minuto rpm de una bomba ideal, geoméricamente similar a la bomba considerada, la cual es capaz de elevar, en su punto de máximo rendimiento, 75 kg/s de agua a una altura de un metro (equivalente de 1 C.V) (COVENIN 643-91, 1991)

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{(gH)^{3/4}} \text{ (rpm)} \quad (2.46)$$

2.8.3.2 Altura total H_b

Es el incremento de energía total impartida al fluido por la bomba, medido entre las secciones de succión y descarga y expresada en metros de columna de agua (m) (COVENIN 643-91, 1991)

Altura total de bombeo, energía por unidad de peso o altura total transferida al fluido por la bomba, y que es equivalente a la altura de descarga H_D menos la altura de succión H_S

2.8.3.3 Caudal (Q)

Caudal o gasto de bombeo es el volumen de líquido que fluye a través de la bomba por unidad de tiempo $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

2.8.3.4 Potencia útil P_u

Es la potencia suministrada al fluido por la bomba, y se calcula con la expresión

$$P_u = \gamma QH \text{ (Kw)} \quad (2.47)$$

2.8.3.5 Rendimiento o eficiencia η

La energía transferida al fluido P_u es siempre menor a la energía entregada por el motor al rodete P_m , por lo cual $\eta = \frac{P_u}{P}$ es siempre menor a la unidad y se denomina rendimiento.

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} \quad (2.48)$$

2.8.3.6 Potencia mecánica P_m

Es la potencia en el eje de transmisión Kw

2.8.3.7 Velocidad de rotación n, ω

Es la velocidad angular o revoluciones por minutos de los elementos giratorios del conjunto moto bomba.

2.8.3.8 Torque M

Es el par de las acciones dinámicas inherentes al proceso de transformación de energía en el interior de la bomba, con respecto al eje de transmisión. En condiciones permanentes existe equilibrio entre este torque y el generado por el motor.

$$M = \frac{P_m}{\omega} (N. m) \quad (2.49)$$

2.8.3.9 $NPSH_{disponible}$

Según la definición de la ISO es la altura total absoluta referida a un plano horizontal que contiene al eje de apertura de succión (bombas horizontales) o al plano inferior del primer impelente (bombas verticales), menos la presión de vapor (absoluta) del líquido bombeado a la temperatura del flujo.

$$NPSH_{disponible} = H_s + \frac{P_{at}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - Z_s \quad (2.50)$$

$$NPSH_{requerido} = \frac{P_s + P_{at} - P_v}{\gamma} - \frac{C_s^2}{2g} \quad (2.51)$$

2.8.3.10 $NPSH_{requerido}$

Es la altura total mínima absoluta que se requiere en la succión de la bomba para garantizar un funcionamiento satisfactorio de la máquina evitando la posibilidad de vaporización del líquido en su interior y de la subsiguiente cavitación.

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

2.8.3.11 Leyes de semejanza

Para una bomba determinada, cuando se puedan ignorar los efectos del número de Reynolds se proporcionan las siguientes relaciones.

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{N}{N_0} = ctte \quad (2.52)$$

$$\frac{H}{H_0} = ctte^2 \quad (2.53)$$

$$\frac{P}{P_0} = ctte^3 \quad (2.54)$$

$$\frac{M}{M_0} = ctte^2 \quad (2.55)$$

2.8.4 Motores

Para el accionamiento de las bombas centrifugas se utilizan con frecuencia motores eléctricos sincrónicos y motores de inducción tipo “jaula de ardilla”. Los cuales operan a una velocidad menor que la sincronicen un margen denominado deslizamiento, el cual es del orden del 1.5%.

2.9 Tipos de tubería

Desde el punto de vista de su comportamiento estructural se dividen en dos grupos: conductos flexibles y tuberías rígidas.

2.9.1 Tubería de acero

Los tubos de acero para la conducción de agua a presión se fabrican con aceros dulces fácilmente soldables, por laminado axial en caliente, sin soldadura o costuras (hasta 400 mm) o a partir de laminas o chapas arrolladas y soldadas longitudinalmente o en espiral.

2.9.2 Tubería de hierro fundido

Estas tuberías poseen propiedades comparables al acero conservando sus ventajas como lo es la resistencia a la corrosión, las tuberías se fabrican por centrifugación, de diámetros y espesores normalizados. La resistencia mecánica del hierro dúctil utilizado en la fabricación de tuberías.

2.9.3 Tubería de concreto

Las tuberías de concreto utilizadas para la conducción de líquidos son de dos tipos: concreto armado (para presiones bajas) y concreto pretensado (para presiones altas). El peso específico es de orden del 2400 kg/m^3

2.9.4 Tubería de asbesto cemento

Estas tuberías se fabrican por enrollamiento continuo de sucesivas capas muy delgadas de un material constituido por fibras de amianto cemento portland.

2.9.5 Tubería PVC (Policloruro de vinilo)

Se fabrica mediante la polimerización del cloruro de vinilo, es un material ligero, químicamente inerte, inocuo, resistente al fuego, aislante (térmico, eléctrico, acústico)

Ventajas:

Ligero: su peso equivale a la quinta parte de su similar de asbesto cemento o acero.

Hermético: los diferentes tipos de unión garantizan su hermeticidad.

Atoxicidad: el PVC no aporta ningún elemento al agua.

Fácil instalación: debido a su bajo peso y facilidad de unión no se requiere maquinaria especializada para su instalación.

Baja rugosidad: para las mismas condiciones de longitud, diámetro y caudal, presenta pérdidas de carga menores con respecto a sus similares.

2.9.6 Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD)

Las tuberías de este material son livianas, flexibles, resistente a agentes químicos, a la abrasión, así como también a la degradación causada por los rayos ultravioletas y el calor, es termoplástico, es decir, que se ablanda con el calor y retoma su resistencia original cuando se enfría. Esta propiedad permite soldarlas tuberías entre sí y con accesorios.

2.10 Diseño de captaciones

2.10.1 Captación de manantiales

2.10.1.1 Descripción

La captación de manantiales se logra utilizando una estructura de concreto armado de dos partes, la primera se utiliza para el ingreso del agua y para ello tiene una serie de orificios y un relleno de grava y la segunda tiene un sistema de válvulas.

2.10.1.2 Componentes de la estructura

- Caja de captación y caja de válvulas.
- Rejilla en la entrada de la tubería.
- Vertedor de excedencias y tubería de limpieza.
- Válvulas para línea de conducción y tubo de limpieza.
- Tubo de ventilación.
- Tapas de las cajas de con cierres herméticos.
- Cerco perimétrico.

2.10.2 Captación de aguas subterráneas

2.10.2.1 Descripción

Un sistema de captación de aguas subterráneas está constituido por los siguientes componentes:

- Pozo de explotación (artesanal o tubular).
El pozo artesanal se utiliza cuando el acuífero se encuentra a menos de 20 metros de profundidad. Se realiza una excavación de no menos de 1.6 metros de diámetro y se introducen anillos prefabricados de 5 a 10 cm de espesor y de al menos 1.2 metros de diámetro. Los anillos que estén en contacto con el acuífero deben tener orificios que permitan el acceso de agua al pozo. El espacio entre el anillo con orificios y el terreno debe llenarse con grava (material filtrante). Se recomienda una distancia de seguridad de las posibles fuentes de contaminación.

Fuente de contaminación	Distancia de seguridad (m)	
	Terreno común	Suelos gravosos
Tanque séptico	20 - 30	100
Alcantarilla	20	-
Letrina	20 - 30	100
Corral	30 - 50	140
Curso de agua	30 - 50	150

Tabla 4-Distancias de seguridad de la captación

El pozo tubular se utiliza cuando el acuífero se encuentra a más de 20 metros de profundidad y se construye con equipos de perforación, el lugar y profundidad dependen de estudios especializados que brindan información acerca de la calidad del agua y estratificación del terreno.

- Estación de bombeo
La estación de bombeo está conformada por el edificio que protege el equipo de bombeo y sus accesorios. El equipo de bombeo, con energía eléctrica consistirá básicamente de: bomba sumergible, tubo de bombeo,

cable que soporta la bomba, árbol hidráulico y tablero de control. Debe contar con mínimo 2 unidades para servicio alterno o mantenimiento

- Fuente de energía
Depende de las características de los equipos para ello se usa el tendido eléctrico disponible o generación eléctrica propia (plantas termoeléctricas, solares, eólicas)
- Línea de impulsión

2.10.3 Captación de río

En este punto consideramos caudales de captación usualmente no mayor a 5 lps, por tanto el diseño básico consistirá en:

- Presa con compuerta.
- Canal entre bocal y desarenador.
- Desarenador con vertedor de excedencias.
- Rejilla para ingreso de tubería.

La información básica para el diseño será:

- Área de la cuenca hidrográfica, altitud y precipitación pluvial mensual.
- Caudales medios y extremos mensuales.
- Transporte de sedimentos.
- Derechos de terceros sobre el agua.
- Fuentes de contaminación física, química y bacteriológica.
- Geología para la cimentación de las obras.
- Ubicación y características de agregados para las obras de concreto.
- Acceso a la zona de construcción.

2.10.4 Captación de canal

La captación del canal puede hacerse mediante un orificio en el muro lateral del canal, regulado con compuerta o válvula de compuerta, para luego ingresar al

agua o un desarenador y de aquí a la línea de conducción con parrilla en el ingreso al tubo.

2.11 Línea de aducción y distribución

2.11.1 Descripción

La línea de aducción es la que interconecta el tanque de descarga y el inicio de la red de distribución. La red de distribución es el conjunto de líneas que garantizan el suministro de agua a todos los pobladores de un sector particular. Normalmente se realiza el diseño considerando el caudal máximo horario y celeridades entre 0.6 - 3 m/s.

2.12 Tanque de agua

2.12.1 Tipo tanque de agua

- Apoyado, cuando se ubica sobre el terreno.
- Elevado, cuando se ubica sobre estructura de soporte.

2.12.2 Objetivos

El tanque de agua debe cumplir los siguientes objetivos:

- Suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución.
- Mantener presiones adecuadas en la red de distribución.
- Tener agua de reserva en caso se interrumpa la línea de conducción.
- Proveer suficiente agua en situaciones de emergencia como incendios.

2.12.3 Capacidad

La suma de todos los tanques existentes (elevados y bajos) deben sumar al menos la demanda total diaria, donde el tanque de descarga tendrá una capacidad mínima de un tercio de la demanda total diaria y el tanque de succión

La caseta de válvulas, debe tener los accesorios siguientes:

- Válvulas para controlar paso directo (by pass), salida, limpia y rebose, pintados de colores diferentes para su fácil identificación.
- Tapa metálica con seguro para evitar su manipulación por extraños.

2.12.6 Tiempo de llenado del tanque

Se recomienda un tiempo máximo de 4 horas para la totalidad del reservorio a una celeridad en el rango 0.6 - 3 m/s

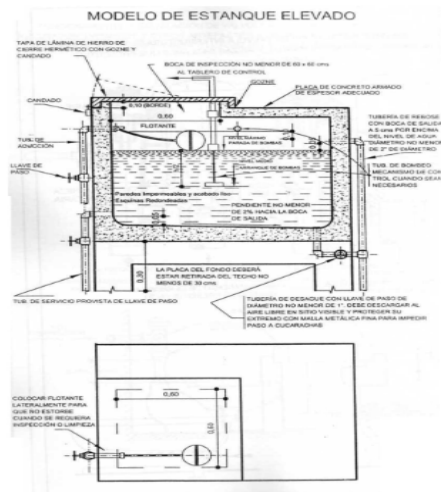


Grafico 9-Modelo de estanque elevado

Gaceta oficial 4044

2.13 Elementos para el proyecto estructural de tuberías

2.13.1 Presión interna

En la mayoría de los casos de diseño de tuberías fabricadas con acero, hierro fundido dúctil y plástico reforzado con fibra de vidrio, se puede formular una simple relación entre la presión, el diámetro, esfuerzo y espesor.

2.13.2 Espesor de pared

Es el espesor mínimo de pared que debe tener un tubo de determinado diámetro para que pueda soportar la presión nominal requerida, en servicio continuo a 20°C. Corresponde al espesor teórico redondeado a la décima de mm superior más cercano. (COVENIN 1774-81, 1981)

El valor σ , es decir la esfuerzo de diseño es diferente para cada material y se calcula con un factor de seguridad sugerido de 1,25.

Cuando se trata de tubos cuyo espesor de pared es 1/10 veces su radio o menos, se puede considerar que la esfuerzo radial es muy pequeña en comparación con la esfuerzo tangencial y esta uniformemente distribuida en todo el grosor de la pared, a esto le llamamos la hipótesis de presión de pared delgada.

$$e = \frac{PD}{2\sigma} \quad (2.56)$$

Denominación	Resistencia tensión requerida (MPa)	Tensión de diseño (MPa)
PE 100	10,0	8,0
PE 80	8,0	6,3
PE 63	6,3	5,0
PE 40	4,0	3,2
PE 32	3,2	2,5

Tabla 5-Denominación de diversos tipos de PEAD

2.13.3 Relación diámetro espesor

Es un coeficiente adimensional que expresa la relación entre el diámetro exterior del conducto y el espesor de pared.

$$SDR = \frac{D_e}{e} \quad (2.57)$$

2.13.4 Calculo del aplastamiento de los conductos enterrados

En condiciones de instalación la tubería debe tener la posibilidad de deformarse más de un 5% sin fracturarse. Este criterio viene dado por dos factores fundamentales: cargas permanentes y cargas variables debido al tráfico.

2.13.5 Carga del terreno

La carga qr del terreno sobre un anillo del conducto de un centímetro de largo:

$$qr = C_g \gamma B D_e \quad (2.58)$$

2.13.6 Coeficiente C_g

El valor del coeficiente C_g de Marston, de acuerdo al tipo de terreno, de modo que:

Con terreno no cohesivo: $C_g = 1,7$

Con terreno granular suelto: $C_g = 1,9$.

Con terreno húmedo arcilloso: $C_g = 2,0$.

Con arcillas compactas: $C_g = 2,1$.

Con arcillas compactas saturadas: $C_g = 2,2$

2.13.7 Carga del tráfico vial

La carga qt debida al tráfico vial

$$qt = 1.5 P B_m \left(Kg/cm \right) \quad (2.59)$$

$$P_t = \frac{nT}{2\pi H^2} \quad (2.60)$$

Clase	Carga máxima total (kg)	Carga máxima por rueda (kg)
Tráfico pesado	60,000	10,000
Tráfico medio	45,000 – 30,000	7,500 – 5,000
Tráfico ligero	12,000 – 6,000	2,000
Automóviles	3,000	1,000

Tabla 6-Carga máxima por rueda

2.13.8 Carga total

Carga total q sobre un anillo del conducto de un cm de largo:

$$q = q_r + q_t \text{ (cm)} \quad (2.61)$$

2.13.9 Calculo de la tensión por compresión de la pared

Tensión de la pared:

$$\sigma_t = \frac{q}{2e} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \quad (2.62)$$

2.13.10 Diámetro medio

Diámetro medio del tubo:

$$D_m = D_e - e \text{ (cm)} \quad (2.63)$$

2.13.11 Deflexión

$$\delta = \frac{0.005q}{E \left(\frac{D_m}{e} \right)^3} \quad (2.64)$$

2.13.12 Máxima deflexion admisible

La máxima deflexion admisible

$$\delta_{\text{máx}} = 0,05 D_m \text{ (cm)} \quad (2.65)$$

Se verifica si el valor de la deflexión admisible es aceptable, en cuyo caso se deberá cumplir que:

$\delta < \delta_{\text{máx}}$ Si no se cumple la condición anterior, se debe considerar un conducto de mayor espesor (es decir, con mayor resistencia) o aumentar el recubrimiento sobre la corona de la tubería, lo que usualmente es más recomendable.

2.14 Criterios básicos para sistemas de distribución de agua potable

2.14.1 Periodo de diseño

Según INOS el tipo de diseño depende del tipo de sistema a implementarse. Si el sistema es por gravedad el periodo es 20 años, en el caso de bombeo el periodo es 10 años.

2.14.2 Dotación de agua

Según la OMS la dotación por persona debe ser de 180 litros al día, una cantidad mayor es considerada mala utilización del servicio. Según INOS la dotación por persona en zonas urbanas es de 250 litros al día y en zonas rurales de 150 litros al día.

2.14.3 Caudal de diseño

2.14.3.1 Caudal medio diario

Este cálculo se realiza en litros por segundo per cápita en base a la población futura, este valor puede ser obtenido:

Como la sumatoria de las dotaciones asignadas a cada uno de los nodos.

Como el promedio de los consumos realizados en una comunidad a lo largo de un año

- Caudal medio diario (Q_m)

$$Q_m = \frac{\text{modulo de consumo} \times \text{poblacion futura}}{86400 \text{ seg}} \quad (2.66)$$

- Caudal máximo horario ($Q_{max, d}$) (2.67)

$$Q_{max} = 2 Q_m$$

2.14.3.2 Consumo máximo diario

Se refiere al consumo máximo durante un periodo de 365 días.

2.14.3.3 Consumo máximo horario

Se refiere como la hora de máximo consumo del día.

2.14.4 Factores que afectan el consumo de agua

2.14.4.1 Tipo de consumo

Consumo domestico: El cual está constituido por las actividades propias del grupo familiar: hidratación, cocina, aseo personal, limpieza e instalaciones sanitarias.

Consumo comercial e industrial: este consumo dependerá de la naturaleza de su actividad económica.

Consumo público: está constituido por el agua destinada al riego de áreas públicas y limpieza de calles.

Pérdidas de carga en la red: se debe a accesorios defectuosos, estas pérdidas de carga pueden representar entre el 10 y 15 por 100 del consumo total.

2.14.4.2 Factores meteorológicos

Factores como la humedad, la temperatura, índice de lluvias afectan directamente el consumo de agua, por ejemplo en lugares cálidos el consumo de agua es mayor que en lugares de clima fríos.

2.14.5 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable

Cuando el abastecimiento de agua público no garantice servicio continuo el sistema de abastecimiento de agua podrá abastecerse desde: Uno o varios depósitos elevados, uno o varios depósitos bajos y equipos de bombeo a uno o varios depósitos altos, uno o varios depósitos bajos y equipo de bombeo

hidroneumático, uno o varios depósitos bajos y sistema de bombeo directo.
(GACETA OFICIAL 4044, 1988)

2.14.5.1 Sistema de alimentación directa

Se utiliza si el sistema de abastecimiento de agua público es continuo y mantiene una presión mínima adecuada.

2.14.5.2 Sistema de distribución por gravedad desde un estanque elevado

Se utilizan en sectores donde el abastecimiento de agua al público no es continuo o carezca de presión adecuada.

2.14.5.3 Distribución por combinación de estanque bajo con bomba de elevación a estanque alto.

Se utiliza cuando el servicio no es continuo y la presión no es adecuada para llenar el estanque elevado.

2.14.5.4 Distribución con equipo hidroneumático

Se utiliza en zonas donde el abastecimiento, no garantice presión suficiente y se desea mantener una presión adecuada.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Información

Es de suma importancia el levantamiento de información desde varios ejes, el primero verificar la información disponible de las comunidades desde las instituciones oficiales, el segundo la información que la propia comunidad puede aportar como conocedores de primera mano de su problemática y tercero un levantamiento de información propio con las herramientas apropiadas. De esta manera garantizaremos con mayor seguridad que la base informativa del proyecto es correcta.

3.1.1 Aspecto social

Se deben determinar algunos aspectos sociales de las comunidades donde se implementara el proyecto como lo son el número de habitantes, distribución y uso del agua, con el fin de analizar lo más aproximado a su contexto las características de la comunidad y el espacio donde habitan.

3.1.1.1 Población actual

Para determinar la población actual de los sectores se utiliza como método un censo. Este instrumento fue diseñado por el personal de Hidrocapital y permite tomar datos de varias variables de las cuales se centró la atención en el número de habitantes, número de familias, uso de la tierra (residencial, comercial, industrial).

3.1.1.2 Población a 10 años

Se realiza una extrapolación de los datos utilizando la fórmula 2.1

$$P_2 = P_1 \left[\left(\frac{R}{100} \right) + 1 \right]^t$$

Donde la tasa de crecimiento es aportada por el Plan de Ordenación del Territorio de la Región Capital (3.4% anual).

3.1.2 Topografía

3.1.2.1 Aerografía, croquis y planos

Se utiliza un conjunto de planos producto de un levantamiento aerofotogrametrico digital en los altos mirandinos realizado en 1999 para la actualización e integración de los estudios de los acueductos, de los municipios, Los Salias, Carrizal y Guaicaipuro del Estado Miranda. Estas muestran gran exactitud con respecto al terreno más no con respecto a las construcciones debido a que han transcurrido 10 años desde su realización. Por ello fue necesario realizar un levantamiento de información directamente en el lugar. Para ello se solicito a las comunidades la realización de un croquis tal cual como ellos conocen su sector con identificación de las viviendas y sus habitantes, y sobre esa información se realizo un levantamiento topografico utilizando GPS, altímetro y odómetro. Finalmente con toda la información recabada se actualizaron los planos de los sectores y se realizo la primera traza preliminar de la red de distribución utilizando nodos con una distancia no mayor a 100 metros y una diferencia de altura de no más de 10 metros entre ellos. Los datos obtenidos con el GPS tienen como referencia el sistema REG VEN el cual se corrigió al sistema LA CANOA con respecto al cual fueron realizadas las aerografías.

Transformación de Coordenadas

The screenshot shows a software window titled "Transformación de Coordenadas" with the Venezuelan flag in the top right. The interface is split into two columns for "REGVEN" (GRS80-WGS84) and "LA CANOA" (PSAD56). Each column has input fields for Latitude (Latitud), Longitude (Longitud), and Elevation (Cota). Below these are UTM coordinates (Norte and Este) and a Zone (Zona) dropdown. A "Convergencia" field with an "XYZ" button is also present. At the bottom, there are buttons for "Transformar Archivos", "Aceptar", "VER AutoGuardar", and "Salir". A central dialog box contains the text: "Entre las coordenadas conocidas en su cuadro correspondiente. Pueden ser Geográficas o UTM, en el Datum REGVEN o en LA CANOA. Presione ACEPTAR. Puede usar también la barra".

3.2 Planeamiento

3.2.1 Demanda del agua

3.2.1.1 Periodo de diseño

El periodo de diseño debe tratarse dependiendo del tipo de sistema:

- Gravedad 20 años
- Bombeo 10 años

3.2.2 Dotación de suministro de agua

Según INOS Gaceta Oficial 4044

- Consumo domestico: El consumo es de 250 litros por persona al día para zonas urbanas y 150 litros por persona al día para zonas rurales.
- Consumo de instalaciones educativas: El consumo es de 70 litros por estudiante por día y 50 litros por empleado por día.
- Cines y teatros 3 litros por asiento.

- Consultorios médicos 500 litros por consultorio.
- Comercio 20 litros por metro cuadrado.

Para nuestros cálculos se utiliza un consumo de 150 litros por persona por día más un factor de seguridad del 30%.

Caudales de diseño

- Caudal medio diario (Q_m) (Formula 2.66)

$$Q_m = 1.3 \frac{\text{modulo de consumo} \times \text{poblacion}}{86400 \text{ seg}}$$

- Caudal máximo horario ($Q_{max, d}$) (Formula 2.67)

$$Q_{max} = 2 Q_m$$

3.2.3 Fuentes de agua

Se verifican las posibles fuentes de agua

3.2.3.1 Manantiales

Es la fuente más común para pequeños poblados ya que su demanda rara vez supera los 5 lps. Su ventaja es el filtrado natural que realiza la roca madre y la desventaja es el caudal variable que este puede tener a lo largo del año o a lo largo de varios años.

3.2.3.2 Ríos

Se pueden captar mayores caudales de los posibles ríos existentes, con la desventaja de la obligatoriedad de construir una estación de tratamiento de agua para mejorar su calidad.

3.2.3.3 Aguas subterráneas

La detección de acuíferos explotables se realizara mediante estudios geofísicos y su explotación puede hacerse mediante pozos artesanales o tubulares. Las desventajas son: posible contaminación de la fuente, pérdida de caudal por sequia o movimientos sísmicos, costos de bombeo.

3.2.4 Calidad del agua

La calidad del agua se determina por tres parámetros: Físicos, Químicos, Bacteriológicos.

Requerimientos de calidad de agua potable

Físico	Químico	Bacteriológico
Turbiedad	Ph	Contaje total de bacterias
Sólidos totales	Alcalinidad	NMP de coli/100 ml de muestra
Color	Dureza	
Sabor	Hierro	
Olor	Manganeso	
	Sulfatos	
	Cloruros	
	Amoniaco	
	Nitritos	
	Nitratos	
	Oxigeno disuelto	

Tabla 7-Calidad de agua

Tuberías a Presión

Manuel Vicente Méndez

Directrices de la OMS para la calidad de agua potable (Génova 1933)

Item	Elementos / sustancias	Símbolo / fórmula	Directriz (mg/l)
1	Aluminio	AL	0.2
2	Antimonio	Sb	0.005
3	Arsénico	As	0.01
4	Bario	Ba	0.30
5	Boro	B	0.30
6	Cadmio	Cd	0.003
7	Cloro	Cl	250.00
8	Cromo	Cr	0.05
9	Cobre	Cu	2.00
10	Cianuro	CN	0.07
11	Fluor	F	1.50
12	Plomo	Pb	0.01
13	Manganeso	Mn	0.50
14	Mercurio	Hg	0.001
15	Molibdeno	Mo	0.07
16	Niquel	Ni	0.02
17	Nitrato y nitritos	NO ₃ , NO ₂	50.00 (nitrógeno total)
18	Selenio	Se	0.01
19	Sodio	Na	200.00
20	Sulfato	SO ₄	500.00

Tabla 8-Directrices de OMS para la calidad de agua potable
Tuberías a Presión
Manuel Vicente Méndez

3.2.5 Sistemas de distribución de agua potable

- Sistema de alimentación directa: si el abastecimiento de agua público es continuo y mantiene una presión adecuada.
- Sistema de distribución por gravedad desde un estanque elevado: se emplea en sectores donde el abastecimiento de agua no es continuo.
- Distribución por combinación de estanque bajo, bomba de elevación y estanque altos: se utiliza cuando el servicio no es continuo y la presión no es adecuada para llevar el líquido al estanque elevado.
- Distribución con equipo hidroneumático: Se emplea en zonas donde el abastecimiento, no garantiza presión suficiente y se desea mantener una presión adecuada.

En un sistema por gravedad

- Captación
- Línea de conducción
- Planta de tratamiento
- Reservorio de almacenamiento
- Línea de aducción
- Red de distribución
- Estanques públicos o domiciliarios

En un sistema por bombeo

- Estación de Bombeo
- Línea de impulsión
- Reservorio de almacenamiento
- Línea de aducción
- Red de distribución
- Estanques públicos o domiciliarios

3.3Tuberías

3.3.1 Calculo de caudales

Para el cálculo de caudales se divide la red en nodos según las características del terreno (no más de 100 metros o diferencia de altura de 10 metros entre nono y nodo). Se asigna las demandas por vivienda al nodo más cercano (se utiliza la población futura). Se utiliza la formula 3.66 para el cálculo de los caudales medios por nodo.

Los caudales varían a lo largo del tiempo debido a la diferencia en el consumo de acuerdo a la hora, la cual se debe a las actividades específicas del sector

3.3.2 Resistencia a la presión

Las tuberías deben resistir la presión del régimen permanente así como también del régimen transitorio.

3.3.3 Red

Se utiliza una red abierta tipo espina de pescado la cual se recomienda para pequeños poblados, consiste en un conducto que recorre la calle principal y disminuye de diámetro a medida que avanza y alimenta los conductos principales que se desprenden de él.

3.3.4 Calculo de diámetro

Se utiliza la ecuación básica de continuidad

$$Q = CA \quad (2.23)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{C\pi}} \quad (2.24)$$

Se realiza la suposición de una celeridad en el rango de $(0.6 - 3) \left(\frac{m}{s}\right)$ (se debe comparar iterativamente las variables diámetro de tubería y pérdidas de carga por conducción según la celeridad) se normaliza el resultado y en un proceso de iteración se calcula el nuevo valor de la celeridad.

3.3.5 Perdidas en la red

3.3.5.1 Perdidas en tuberías y accesorios

Se utiliza la formula de darcy-weisbach

$$h_L = \frac{f.L.c^2}{2.Dg} \quad (2.18)$$

Donde el factor de fricción será calculado con la formula de swamee

$$f = \frac{0.25}{\left(\log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} \quad (2.21)$$

Para efectos de diseño se determinara la rugosidad de la tubería a 10 años.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \alpha t \quad (2.25)$$

La pérdida por accesorios se determina utilizando las tablas de longitud equivalente y se adiciona a las longitudes de tubería correspondiente, de esta manera al realizar el cálculo de perdida en tubería se determinara la de ambas al mismo tiempo.

Los accesorios serán ubicados en la red según los siguientes criterios:

Válvulas compuerta: Se ubicarán en los siguientes lugares:

- Intersecciones de la red principal (como máximo cada 800 m. de longitud).
- Ramales de derivación importante.
- Puntos más bajos de la red, para purga o desagüe.

Válvulas de aire: Se ubicará en el lugar más alto de la contrapendiente para la purga del aire atrapado.

Válvula reductora de presión: Se utiliza para producir una carga de agua predeterminada, menor que la original y funciona independientemente del caudal que pase por ella.

Cámaras rompe presión (CRP) Se utilizará para regular presiones de agua cuando el desnivel entre reservorio y la red es mayor a 50 m.

3.3.5.1 Perdidas en tuberías y accesorios

3.4.1 Tanque de regulación

Se calcula la capacidad del tanque de descarga con un volumen igual a 1/3 de la demanda diaria del sector.

Se calcula la capacidad del tanque de succión con un volumen igual a 2/3 de la demanda diaria del sector.

3.4.2 Caudal de diseño

El caudal de diseño para el bombeo se determina tomando en consideración que el tanque de descarga debe tener una capacidad de al menos 1/3 de la dotación diaria y debe poder ser abastecido en un lapso no mayor a dos horas. En el caso del tanque de succión debe tener una capacidad no menor a 2/3 de la dotación diaria y debe poder ser abastecido en un lapso no mayor a 4 horas.

Tanque de descarga:

$$Q = 1.3 * \frac{1}{3} \frac{150 * Nro Hab}{7200} \left(\frac{l}{s} \right)$$

Tanque de succión:

$$Q = 1.3 * \frac{2}{3} \frac{150 * Nro Hab}{14400} \left(\frac{l}{s} \right)$$

3.4.3 Calculo de la curva característica del sistema

Aplicando la ecuación de la energía entre la succión de la bomba y la entrada del estanque elevado se tiene:

$$H = h_2 - h_1 + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} + h_{f 1-2}$$

3.4.4 Parámetros para la selección de Bombas

Parámetros:

- Velocidad de rotación bajo (1800rpm) con el fin de disminuir el desgaste en los elementos móviles de los equipos.
- Eficiencia mínima 55%.
- El equipo debe ser capaz de impulsar el caudal de diseño.

Se utilizaran dos bombas idénticas, un equipo como principal y el otro equipo de reserva para utilización alterna e instalada en paralelo con el fin de ser utilizado en caso de incendio.

3.4.5 Caracterización del tipo de bomba

El primer paso para selección de la boma es la caracterización del tipo de bomba para ello se determina la velocidad especifica del equipo que vamos a aplicar, para ello aplicamos la ecuación 3.4.

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{(gH)^{3/4}} \quad (2.46)$$

El segundo paso es establecer la celeridad de la bomba, en el caso de un motor eléctrico si descartamos el uso de un variador de frecuencia debemos seleccionar de una serie de celeridades fijas que dependen del ciclaje y del numero de polos.

Una vez seleccionada la celeridad y conocido el caudal y altura total del sistema se revisan los catálogos existentes a fin de seleccionar la bomba que cumpla mejor los requerimientos. Por experiencia se conoce que la resistencia de las tuberías crece con el tiempo por ello la posición óptima del punto de operación se toma a la derecha del punto de diseño de la bomba a fin de contrarrestar el aumento de las perdidas con un aumento del rendimiento.

Para el caso de bombas HIDROCAPITAL aportará el caudal del pozo, la altura estática (Ne), altura dinámica (Nd)

Se determina la longitud de la conducción, diámetro de la conducción, desnivel topográfico entre la superficie del pozo y el tanque.

Se determina la longitud de columna como nivel dinámico + nivel de sumergencia NPSHR + factor de seguridad para abatimiento futuro.

Se calcula las perdidas por conducción, por accesorios y por longitud de columna del pozo utilizando longitud equivalente y tablas de pérdidas de carga por fricción

Se calcula la carga total (H)

$$H = Nd + h_2 - h_1 + h_f + h_{fc} + h_{fa}$$

Pérdidas por fricción en 100mts. de tubería de acero nuevo									
Gasto L/s	Diámetro de la tubería (Pulg.)								Gasto L/s
	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	
2	5.4	1.7	0.5	0.1	4.3				34
4	21.7	7.0	2.2	0.5	4.8				36
6	48.9	15.8	5.0	1.2	5.4				38
8		28.1	9.0	2.1	5.9				40
10		44.0	14.1	3.3	6.6				42
12			20.3	4.8	7.2				44
14			27.6	6.6	7.8	1.7			46
16			36.1	8.6	8.6	1.8			48
18			45.6	10.9	9.3	2.0	0.6		50
20				13.4	13.4	2.9	0.9		60
22				16.3	16.3	3.9	1.2		70
24				19.4	2.1	5.2	1.6		80
26				22.7	2.5	6.5	2.0	0.7	90
28				26.4	2.9	8.2	2.5	0.9	100
30				30.3	3.3	9.8	3.1	1.1	110
32				34.5	3.8	11.7	4.4	1.4	120

Tabla 9-Perdidas por fricción en 100 mts de tubería
Bombas Alemanas Bamsa

Una vez con el caudal y altura total se procede con los catálogos de la misma manera que con las bombas centrifugas anteriores.

3.4.6 Selección de equipo

3.4.7 Potencia requerida por el equipo

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta} \text{ (KW)} \quad (2.47)$$

3.4.8 Calculo de la cavitación

$$NPSH_{disponible} = H_s + \frac{P_{at}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_f \quad (2.50)$$

3.5 Estado Transitorio

3.5.1 Calculo del golpe de ariete

3.5.1.1 Calculo de la celeridad de la onda

$$C_T = \sqrt{\frac{\frac{E}{\rho}}{1 + \frac{ED}{E_c e}}} \quad (2.36)$$

3.5.1.2 Calculo del periodo del ciclo

$$T_c = 1 + \frac{K_T LC}{gH_m} \quad (s) \quad (2.41)$$

3.5.1.3 Calculo de la longitud en la impulsión para que el golpe sea directo contra la válvula de retención

$$L = \frac{C_T T_c}{2} \quad (m) \quad (2.42)$$

3.5.1.4 Comparación de la longitud calculada con la longitud real del conducto

Si $L < L_{conducto}$, la impulsión es larga, el golpe es directo contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Allievi.

Si $L > L_{conducto}$, la impulsión es corta, el golpe es indirecto contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Michaud.

3.5.1.5 Cálculo de la presión crítica

Fórmula de Allievi

$$p_c = \frac{C_T C}{g} \quad (2.43)$$

Fórmula de Michaud

$$p_c = \frac{2LC}{gT_c} \quad (2.44)$$

3.5.1.6 Cálculo de la presión máxima de colapso que se va a producir en el instante en que ocurra el golpe de ariete

$$P_{\text{máx. sobrepresión}} = P_c + P_{\text{punto crítico del sistema}}$$

Donde el valor del *Punto crítico del sistema* normalmente coincide con la presión en la estación de bombeo (m).

3.6 Colapso por aplastamiento

3.6.1 Calculo del aplastamiento de los conductos enterrados

En condiciones de instalación la tubería debe tener la posibilidad de deformarse más de un 5% sin fracturarse. Este criterio viene dado por dos factores fundamentales: cargas permanentes y cargas variables debido al tráfico.

3.6.1.1 Calculo del coeficiente Cg

Se calcula el valor del coeficiente Cg de Marston, de acuerdo al tipo de terreno, de modo que:

Primero se establece el tipo de terreno entre: materiales no cohesivos (1), suelos saturados (2), material arcilloso húmedo (3), material arcilloso saturado (4).

COEFICIENTE DE CARGA PARA LA FORMULA DE MARSTON MODIFICADA [180]

H/B _d	VALORES APROXIMADOS DE C _g			
	1	2	3	4
0,5	0,46	0,47	0,47	0,48
1,0	0,85	0,86	0,88	0,90
1,5	1,18	1,21	1,25	1,27
2,0	1,47	1,51	1,56	1,62
2,5	1,70	1,77	1,83	1,91
3,0	1,90	1,99	2,08	2,19
3,5	2,08	2,18	2,28	2,43
4,0	2,22	2,35	2,47	2,65
4,5	2,34	2,49	2,63	2,85
5,0	2,45	2,61	2,78	3,02
5,5	2,54	2,72	2,90	3,18
6,0	2,61	2,81	3,01	3,32
6,5	2,68	2,89	3,11	3,44
7,0	2,73	2,95	3,19	3,55
7,5	2,78	3,01	3,27	3,65
8,0	2,82	3,06	3,33	3,74
9,0	2,88	3,14	3,44	3,89
10,0	2,92	3,20	3,52	4,01
11,0	2,95	3,25	3,58	4,11
12,0	2,97	3,28	3,63	4,19
13,0	2,99	3,31	3,67	4,25
14,0	3,00	3,33	3,70	4,30
15,0	3,01	3,34	3,72	4,34
∞	3,03	3,38	3,79	4,50

H : altura del relleno desde el tope de la tubería
 (1) materiales no cohesivos (3) material arcilloso húmedo
 (2) suelos saturados (4) material arcilloso saturado

Tabla 10-Coeficiente de carga formula de Marston

Tuberías a Presión

Manuel Vicente Méndez

3.6.1.2 Calculo de la carga del terreno

Se calcula la carga qr del terreno sobre un anillo del conducto de un centímetro de largo:

$$qr = C_g \gamma B D_e \quad (2.58)$$

3.6.1.3 Calculo de la carga del tráfico vial

Se calcula la carga qt debida al tráfico vial

$$qt = 1.5 P B_m \text{ (kgf/cm)} \quad (2.59)$$

$$P_t = \frac{nT}{2\pi H^2} \quad (2.60)$$

3.6.1.4 Calculo de la carga total

Se calcula la carga total q sobre un anillo del conducto de un cm de largo:

$$q = q_r + q_t \text{ (kgf)} \quad (2.61)$$

3.6.1.5 Calculo de la tensión por compresión de la pared

Se calcula la tensión por compresión de la pared:

$$\sigma_t = \frac{q}{2e} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \quad (2.62)$$

3.6.1.6 Calculo de diámetro medio

Se calcula el diámetro medio del tubo:

$$D_m = D_e - e \text{ (cm)} \quad (2.62)$$

3.6.1.7 Calculo de la deformación obtenida

Se determina la deformación obtenida:

$$\delta = \frac{1.3 * (0.10)q(r^3)}{E \left(\frac{e}{12} \right) + 3 \frac{kgf}{cm^2} (r)^3} \quad (2.62)$$

Donde 0.13 es un factor asociado con el tiempo y que relaciona la deflexión a largo plazo con la deflexión en ensayos de corta duración, 0.10 es un coeficiente que depende del tipo de apoyo de la tubería el lecho de la zanja, 3 es un modulo asociado a la reacción del suelo.

3.6.1.8 Calculo de la máxima deformación admisible

Se determina la máxima deformación admisible:

$$\delta_{\text{máx}} = 0,05 D_m \text{ (cm)} \quad (2.62)$$

Se verifica si el valor de la deformación admisible es aceptable, en cuyo caso se deberá cumplir que:

$\delta < \delta_{\text{máx}}$ Si no se cumple la condición anterior, se debe considerar un conducto de mayor espesor (es decir, con mayor resistencia) o aumentar el recubrimiento sobre la corona de la tubería, lo que usualmente es más recomendable

3.7 Corrida Hidráulica utilizando Water Gems

Hidrocapital utiliza el software “Water Gems” para realizar las corridas hidráulicas de sus proyectos de esta manera puede predecir el comportamiento en régimen permanente de las redes con respecto al tiempo, para ellos se debe introducir la información de las tuberías, los accesorios, los equipos de bombeo, tanques, topografía y las características de la demanda. La corrida se realizó utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach.

3.8 Cálculo de válvulas reguladoras de presión

Para el cálculo de las dimensiones de las válvulas reguladoras de presión se debe conocer la presión de entrada y de salida así como el caudal.

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{Q}{\sqrt{(p_1 - p_2)}} \right)$$

Donde:

Q = Caudal (GPM)

p_2 = Presión en el punto 2 (psi)

p_1 = Presión en el punto 1 (psi)

Diámetro	Tipo	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Cv	Globo	1,8	6	8,5	13	30	32	54
Cv	Angulo						29	66

Válvula CLAVAL

Para determinar si estas poseen problemas de cavitación se utiliza la siguiente tabla

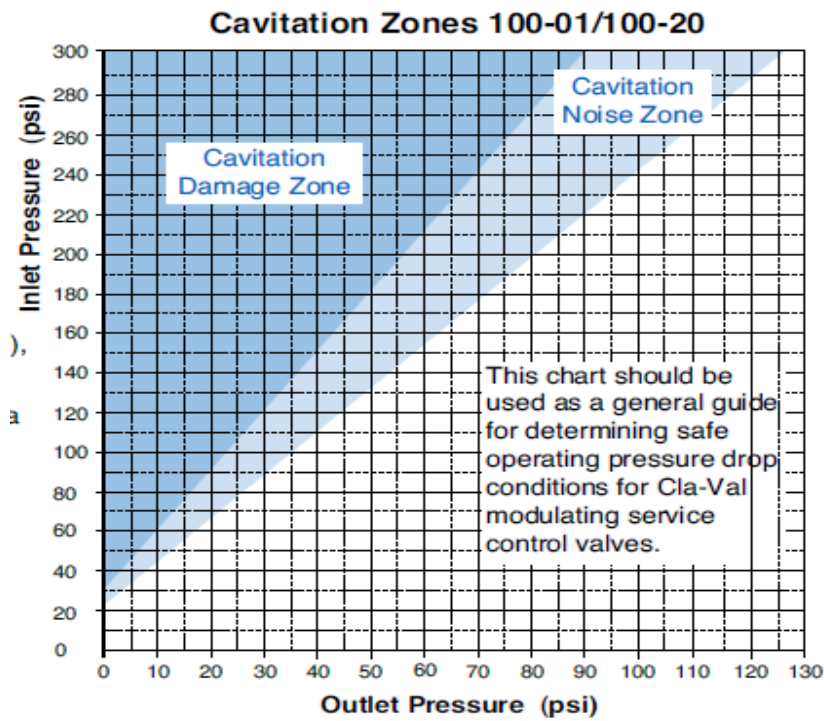


Grafico 4-Guía de cavitación CLA VAL

CAPITULO IV

CALCULOS Y RESULTADOS

4.1 Información

4.1.1 Aspecto social

4.1.1.1 Población actual

Se utilizo un censo para determinar la población actual en los sectores salvo en La Esperanza A y Barrio Venezuela donde por razones logísticas no fue posible y en su lugar se realizo un conteo de viviendas y se asigno un promedio de 5 habitantes por vivienda.

4.1.1.2 Población a 10 años

Se realizo una extrapolación de los datos utilizando la formula 3.1

Donde la rata de crecimiento fue aportada por Instituto Nacional de estadística (3.4% anual).

$$P_2 = P_1 \left[\left(\frac{R}{100} \right) + 1 \right]^t$$

Calculo tipo

$$P_2 = 10 \left[\left(\frac{3.4}{100} \right) + 1 \right]^{10} = 14 \text{ hab}$$

La Esperanza A

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
A1	2	10	14
A2	2	10	14
A3	2	10	14
A4	4	20	28
A5	2	10	14
A6	4	20	28
A7	4	20	28
A8	2	10	14
A9	2	10	14
A10	2	10	14
A11	3	15	21
A12	5	25	35
A13	3	15	21
A14	2	10	14
A15	2	10	14
A16	2	10	14
A17	7	35	49
A18	2	10	14
A19	3	15	21
A20	4	20	28
A21	2	10	14
A22	2	10	14
A23	2	10	14
A24	2	10	14
A25	3	15	21
A26	3	15	21
A27	3	15	21
Total	76	380	531

La Esperanza B

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
B1	5	38	53
B2	5	13	18
B3	4	17	24
B4	2	6	8
B5	6	29	41
B6	2	13	18
B7	1	13	18
B8	1	7	10
B9	1	7	10
B10	3	9	13
B11	1	8	11
B12	2	10	14
B13	0	0	0
B14	2	17	24
B15	3	9	13
B16	3	14	20
B17	2	8	11
B18	3	10	14
B19	0	19	27
B20	0	0	0
B21	1	6	8
B22	1	2	3
B23	0	0	0
B24	3	22	31
Total	51	277	387

Bertorelli Cisneros

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
C1	1	3	4
C2	0	0	0
C3	3	11	15
C4	2	4	6
C5	1	2	3
C6	9	38	53
C7	8	34	47
C8	1	3	4
C9	0	0	0
C10	1	4	6
C11	2	7	10
C12	1	2	3
C13	2	12	17
C14	4	11	15
C15	6	20	28
C16	5	24	34
C17	8	29	41
C18	11	40	56
C19	3	7	10
C20	2	15	21
C21	1	6	8
C22	0	0	0
C23	4	13	18
C24	8	33	46
C25	1	10	14
C26	3	16	22
Total	87	344	481

Virgen del Valle Parte
Baja

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
D1	2	6	8
D2	4	32	45
D3	5	26	36
D4	5	30	42
D5	3	6	8
D6	1	4	6
D7	8	40	56
D8	3	21	29
D9	1	6	8
D10	2	14	20
D11	5	17	24
D12	3	19	27
D13	1	26	36
D14	2	8	11
D15	3	20	28
Total	48	275	384

Virgen del Valle Parte
Alta

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
E1	1	3	4
E2	1	5	7
E3	3	14	20
E4	3	7	10
E5	1	7	10
E6	3	24	34
E7	1	4	6
E8	2	9	13
E9	1	6	8
E10	1	2	3
E11	4	15	21
E12	1	9	13
Total	22	105	147

La Parrilla

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
F1	7	20	28
F2	1	5	7
F3	2	4	6
F4	11	51	71
F5	1	3	4
F6	2	16	22
F7	1	5	7
Total	25	104	145

Barrio Venezuela

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
G1	0	0	0
G2	4	20	28
G3	12	60	84
G4	15	75	105
G5	6	30	42
G5.1	13	65	91
G6	6	30	42
G7	3	15	21
G8	14	70	98
G9	2	10	14
G10	14	70	98
G11	14	70	98
G12	2	10	14
G13	5	25	35
G14	11	55	77
G15	7	35	49
G16	15	75	105
G17	4	20	28
G18	8	40	56
Total	155	775	1083

Las
Lomitas

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
H1	5	61	85
H1	Prescolar	20	28
H2	5	33	46
H3	3	26	36
H3	Escuela	400	559
H4	3	13	18
H5	5	33	46
H5	Carnicería	3	4
H6	7	26	36
H7	5	13	18
H8	6	43	60
H9	2	5	7
H9	Iglesia	120	168
H10	6	24	34
H11	5	27	38
H12	6	26	36
H13	4	27	38
H14	3	13	18
H15	4	27	38
H16	5	23	32
H17	5	23	32
H18	4	15	21
H19	6	29	41
H20	8	31	43
H21	12	61	85
H22	7	36	50
H23	4	24	34
H24	3	15	21
H25	10	42	59
Total	133	696	972

La Esperanza - Las
Lomitas

Nodo	Nro de casas	Nro de Hab	Nro de Hab (10 años)
IA	76	380	531
IB	51	277	387
IC	87	344	481
ID	48	275	384
IE	22	105	147
IF	25	104	145
IG	37	185	258
IG1	118	590	824
IH	89	487	680
IH1	44	209	292
Total	464	2260	3158

4.1.2 Topografía

4.1.2.1 Aerografía, croquis y planos

Para la realización de los planos se solicitó a las comunidades organizadas la realización de un croquis referencial, el cual sirvió de apoyo al momento de realizar el levantamiento topográfico de la traza preliminar de la red de abastecimiento de agua, esta se realizó utilizando: altímetro, odómetro y GPS. Los datos aportados por el GPS se corrigieron del punto de referencia REGVEN a LA CANOA a fin de hacerlos compatibles con las aerografías.

La Esperanza A

	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	
Nodo	Este	Norte	Este	Norte	Alt (m)
A1	715521,00	1147083,00	715732,32	1147447,09	1135
A2	715775,00	1146703,00	715986,32	1147067,09	1135
A3	715794,00	1146673,00	716005,32	1147037,09	1140
A4	715820,00	1146660,00	716031,32	1147024,09	1155
A5	715816,00	1146655,00	716027,32	1147019,09	1162
A6	715839,00	1146651,00	716050,32	1147015,09	1165
A7	715865,00	1146649,00	716076,32	1147013,09	1157
A8	715862,00	1146633,00	716073,32	1146997,09	1167
A9	715885,00	1146621,00	716096,32	1146985,09	1183
A10	715813,00	1146646,00	716024,32	1147010,09	1172
A11	715813,00	1146632,00	716024,32	1146996,09	1180
A12	715777,00	1146671,00	715988,32	1147035,09	1160
A13	715762,00	1146663,00	715973,32	1147027,09	1165
A14	715777,00	1146646,00	715988,32	1147010,09	1175
A15	715782,00	1146632,00	715993,32	1146996,09	1185
A16	715761,00	1146670,00	715972,32	1147034,09	1166
A17	715750,00	1146662,00	715961,32	1147026,09	1180
A18	715754,00	1146690,00	715965,32	1147054,09	1177
A19	715722,00	1146698,00	715933,32	1147062,09	1182
A20	715769,00	1146708,00	715980,32	1147072,09	1165
A21	715782,00	1146737,00	715993,32	1147101,09	1162
A22	715792,00	1147099,00	716003,32	1147463,09	1140
A23	715793,00	1146697,00	716004,32	1147061,09	1140
A24	715816,00	1146697,00	716027,32	1147061,09	1135
A25	715834,00	1146686,00	716045,32	1147050,09	1140
A26	715843,00	1146683,00	716054,32	1147047,09	1135
A27	715809,00	1146703,00	716020,32	1147067,09	1135

La
Esperanza
B

Nodo	REG VEN Este	UTM Norte	LA CANOA Este	UTM Norte	Alt (m)
B1	716042,00	1146562,00	716253,32	1146926,09	1130
B2	715993,00	1146588,00	716204,32	1146952,09	1130
B3	715987,00	1146634,00	716198,32	1146998,09	1140
B4	715910,00	1146697,00	716121,32	1147061,09	1135
B5	715903,00	1146704,00	716114,32	1147068,09	1140
B6	715868,00	1146732,00	716079,32	1147096,09	1132
B7	715866,00	1146767,00	716077,32	1147131,09	1145
B8	715904,00	1146724,00	716115,32	1147088,09	1150
B9	715883,00	1146739,00	716094,32	1147103,09	1150
B10	715909,00	1146732,00	716120,32	1147096,09	1150
B11	715952,00	1146717,00	716163,32	1147081,09	1151
B12	715948,00	1146712,00	716159,32	1147076,09	1153
B13	715961,00	1146732,00	716172,32	1147096,09	1153
B14	715921,00	1146740,00	716132,32	1147104,09	1160
B15	715960,00	1146780,00	716171,32	1147144,09	1160
B16	715943,00	1146760,00	716154,32	1147124,09	1173
B17	715942,00	1146792,00	716153,32	1147156,09	1180
B18	715967,00	1146752,00	716178,32	1147116,09	1180
B19	715994,00	1146660,00	716205,32	1147024,09	1160
B20	715996,00	1146669,00	716207,32	1147033,09	1167
B21	716021,00	1146658,00	716232,32	1147022,09	1176
B22	715981,00	1146686,00	716192,32	1147050,09	1180
B23	715939,00	1146633,00	716150,32	1146997,09	1140
B24	715847,00	1146693,00	716058,32	1147057,09	1140

Bertorelli Cisneros

Nodo	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	Alt (m)
	Este	Norte	Este	Norte	
C1	715879	1147541	716090,32	1147905,09	1108
C2	715900	1147159	716111,32	1147523,09	1114
C3	715933	1147138	716144,32	1147502,09	1107
C4	715979	1147078	716190,32	1147442,09	1113
C5	715971	1147060	716182,32	1147424,09	1119
C6	715947	1146981	716158,32	1147345,09	1116
C7	715901	1146912	716112,32	1147276,09	1113
C8	715886	1146841	716097,32	1147205,09	1116
C9	715967	1147099	716178,32	1147463,09	1107
C10	715974	1147115	716185,32	1147479,09	1113
C11	715980	1147140	716191,32	1147504,09	1126
C12	715981	1147149	716192,32	1147513,09	1128
C13	715950	1147196	716161,32	1147560,09	1137
C14	715909	1147183	716120,32	1147547,09	1133
C15	715910	1147201	716121,32	1147565,09	1145
C16	715866	1146903	716077,32	1147267,09	1118
C17	715904	1146993	716115,32	1147357,09	1114
C18	715914	1147084	716125,32	1147448,09	1119
C19	715840	1147149	716051,32	1147513,09	1118
C20	715820	1147211	716031,32	1147575,09	1118
C21	715833	1146816	716044,32	1147180,09	1122
C22	715823	1146822	716034,32	1147186,09	1138
C23	715811	1146820	716022,32	1147184,09	1140
C24	715806	1146832	716017,32	1147196,09	1144
C25	715781	1148548	715992,32	1148912,09	1128
C26	715807	1147270	716018,32	1147634,09	1112

Virgen del Valle Parte
Baja

	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	
Nodo	Este	Norte	Este	Norte	Alt (m)
D1	715818	1148463	716029,32	1148827,09	1148
D2	715844	1148438	716055,32	1148802,09	1149
D3	715821	1148436	716032,32	1148800,09	1140
D4	715814	1148405	716025,32	1148769,09	1131
D5	715789	1148403	716000,32	1148767,09	1131
D6	715886	1148325	716097,32	1148689,09	1123
D7	715847	1148423	716058,32	1148787,09	1134
D8	715879	1148387	716090,32	1148751,09	1117
D9	715876	1148383	716087,32	1148747,09	1111
D10	715883	1148381	716094,32	1148745,09	1107
D11	715853	1148377	716064,32	1148741,09	1110
D12	715768	1148433	715979,32	1148797,09	1164
D13	715746	1148422	715957,32	1148786,09	1165
D14	715776	1148398	715987,32	1148762,09	1149
D15	715813	1148519	716024,32	1148883,09	1156

Virgen del Valle Parte
Alta

	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	
Nodo	Este	Norte	Este	Norte	Alt (m)
E1	715729	1148408	715940,32	1148772,09	1162
E2	715766	1148431	715977,32	1148795,09	1159
E3	715765	1148456	715976,32	1148820,09	1171
E4	715758	1148462	715969,32	1148826,09	1179
E5	715790	1148445	716001,32	1148809,09	1162
E6	715790	1148455	716001,32	1148819,09	1165
E7	715800	1148455	716011,32	1148819,09	1159
E8	715792	1148469	716003,32	1148833,09	1167
E9	715789	1148474	716000,32	1148838,09	1172
E10	715813	1148462	716024,32	1148826,09	1160
E11	715807	1148481	716018,32	1148845,09	1171
E12	715801	1148479	716012,32	1148843,09	1171

La Parrilla

	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	
Nodo	Este	Norte	Este	Norte	Alt (m)
F1	715815	1148515	716026,32	1148879,09	1145
F2	715800	1148558	716011,32	1148922,09	1144
F3	715784	1148558	715995,32	1148922,09	1153
F4	715809	1148561	716020,32	1148925,09	1144
F5	715830	1148580	716041,32	1148944,09	1148
F6	715822	1148598	716033,32	1148962,09	1167
F7	715801	1148609	716012,32	1148973,09	1177

Barrio Venezuela

	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	
Nodo	Este	Norte	Este	Norte	Alt (m)
G1	716031	1148845	716242,32	1149209,09	1147
G2	716046	1148771	716257,32	1149135,09	1138
G3	716050	1148755	716261,32	1149119,09	1130
G4	716078	1148736	716289,32	1149100,09	1116
G5	716028	1148681	716239,32	1149045,09	1107
G5.1	716028	1148681	716239,32	1149045,09	1107
G6	715929	1148615	716140,32	1148979,09	1105
G7	715919	1148523	716130,32	1148887,09	1105
G8	715954	1148591	716165,32	1148955,09	1095
G9	715975	1148557	716186,32	1148921,09	1086
G10	716016	1148633	716227,32	1148997,09	1097
G11	715926	1148644	716137,32	1149008,09	1112
G12	715917	1148634	716128,32	1148998,09	1109
G13	715896	1148655	716107,32	1149019,09	1118
G14	715905	1148593	716116,32	1148957,09	1115
G15	715873	1148657	716084,32	1149021,09	1128
G16	715944	1148717	716155,32	1149081,09	1150
G17	715850	1148593	716061,32	1148957,09	1149
G18	715880	1148582	716091,32	1148946,09	1129

Las Lomitas

	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	
Nodo	Este	Norte	Este	Norte	Alt (m)
H1	715938	1148767	716149,32	1149131,09	1149
H1	715938	1148767	716149,32	1149131,09	1149
H2	715991	1148805	716202,32	1149169,09	1147
H3	716033	1148856	716244,32	1149220,09	1147
H3	716033	1148856	716244,32	1149220,09	1147
H4	716035	1148871	716246,32	1149235,09	1154
H5	716075	1148899	716286,32	1149263,09	1149
H5	716075	1148899	716286,32	1149263,09	1149
H6	716058	1148904	716269,32	1149268,09	1164
H7	716034	1148899	716245,32	1149263,09	1164
H8	716037	1148924	716248,32	1149288,09	1179
H9	716015	1148940	716226,32	1149304,09	1193
H9	716015	1148940	716226,32	1149304,09	1193
H10	715999	1148929	716210,32	1149293,09	1191
H11	715950	1148993	716161,32	1149357,09	1222
H12	716008	1149020	716219,32	1149384,09	1218
H13	716055	1149000	716266,32	1149364,09	1196
H14	716010	1148969	716221,32	1149333,09	1186
H15	716052	1148970	716263,32	1149334,09	1186
H16	716085	1148965	716296,32	1149329,09	1181
H17	716027	1148966	716238,32	1149330,09	1181
H18	715971	1148866	716182,32	1149230,09	1169
H19	716081	1148894	716292,32	1149258,09	1147
H20	716134	1148873	716345,32	1149237,09	1130
H21	716091	1148832	716302,32	1149196,09	1130
H22	716109	1148777	716320,32	1149141,09	1114
H23	716135	1148933	716346,32	1149297,09	1150
H24	716142	1148912	716353,32	1149276,09	1142
H25	716209	1148922	716420,32	1149286,09	1110

La Esperanza - Las
Lomitas

	REG VEN	UTM	LA CANOA	UTM	
Nodo	Este	Norte	Este	Norte	Alt (m)
IA	715964	1146691	716175,32	1147055,09	1145
IB	715874	1146724	716085,32	1147088,09	1143
IC	715921	1146930	716132,32	1147294,09	1143
ID	715786	1148453	715997,32	1148817,09	1150
IE					
IF	715908	1148645	716119,32	1149009,09	1150
IG	715908	1148716	716119,32	1149080,09	1160
IG1	716002	1148814	716213,32	1149178,09	1160
IH	716048	1148849	716259,32	1149213,09	1150
IH1	716101	1148814	716312,32	1149178,09	1150

4.2 Planeamiento

4.2.1 Demanda del agua

4.2.1.1 Periodo de diseño

El periodo de diseño será de 10 años.

4.2.2 Dotación de suministro de agua

Utilizando la gaceta oficial 4044 se estableció como modulo de consumo residencial 150 litros por persona por día y un factor de utilización de 30%.

Para el cálculo del caudal medio se utiliza la formula 3.66

$$Q_m = 1.3 \frac{\text{modulo de consumo} \times \text{poblacion}}{86400 \text{ seg}}$$

Calculo tipo

$$Q_m = 1.3 \frac{150 \text{ lpd} \times 10 \text{ hab}}{86400 \text{ seg}} = 0.02 \text{ lps}$$

La Esperanza A

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
A1	0,02	0,03
A2	0,02	0,03
A3	0,02	0,03
A4	0,05	0,06
A5	0,02	0,03
A6	0,05	0,06
A7	0,05	0,06
A8	0,02	0,03
A9	0,02	0,03
A10	0,02	0,03
A11	0,03	0,05
A12	0,06	0,08
A13	0,03	0,05
A14	0,02	0,03
A15	0,02	0,03
A16	0,02	0,03
A17	0,08	0,11
A18	0,02	0,03
A19	0,03	0,05
A20	0,05	0,06
A21	0,02	0,03
A22	0,02	0,03
A23	0,02	0,03
A24	0,02	0,03
A25	0,03	0,05
A26	0,03	0,05
A27	0,03	0,05
Total	0,86	1,20

La Esperanza B

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
B1	0,09	0,12
B2	0,03	0,04
B3	0,04	0,05
B4	0,01	0,02
B5	0,07	0,09
B6	0,03	0,04
B7	0,03	0,04
B8	0,02	0,02
B9	0,02	0,02
B10	0,02	0,03
B11	0,02	0,03
B12	0,02	0,03
B13	0,00	0,00
B14	0,04	0,05
B15	0,02	0,03
B16	0,03	0,04
B17	0,02	0,03
B18	0,02	0,03
B19	0,04	0,06
B20	0,00	0,00
B21	0,01	0,02
B22	0,00	0,01
B23	0,00	0,00
B24	0,05	0,07
Total	0,63	0,87

Bertorelli Cisneros

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
C1	0,01	0,01
C2	0,00	0,00
C3	0,02	0,03
C4	0,01	0,01
C5	0,00	0,01
C6	0,09	0,12
C7	0,08	0,11
C8	0,01	0,01
C9	0,00	0,00
C10	0,01	0,01
C11	0,02	0,02
C12	0,00	0,01
C13	0,03	0,04
C14	0,02	0,03
C15	0,05	0,06
C16	0,05	0,08
C17	0,07	0,09
C18	0,09	0,13
C19	0,02	0,02
C20	0,03	0,05
C21	0,01	0,02
C22	0,00	0,00
C23	0,03	0,04
C24	0,07	0,10
C25	0,02	0,03
C26	0,04	0,05
Total	0,78	1,08

Virgen del Valle Parte Baja

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
D1	0,01	0,02
D2	0,07	0,10
D3	0,06	0,08
D4	0,07	0,09
D5	0,01	0,02
D6	0,01	0,01
D7	0,09	0,13
D8	0,05	0,07
D9	0,01	0,02
D10	0,03	0,04
D11	0,04	0,05
D12	0,04	0,06
D13	0,06	0,08
D14	0,02	0,03
D15	0,05	0,06
Total	0,62	0,87

Virgen del Valle Parte Alta

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
E1	0,01	0,01
E2	0,01	0,02
E3	0,03	0,04
E4	0,02	0,02
E5	0,02	0,02
E6	0,05	0,08
E7	0,01	0,01
E8	0,02	0,03
E9	0,01	0,02
E10	0,00	0,01
E11	0,03	0,05
E12	0,02	0,03
Total	0,24	0,33

La
Parrilla

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
F1	0,05	0,06
F2	0,01	0,02
F3	0,01	0,01
F4	0,12	0,16
F5	0,01	0,01
F6	0,04	0,05
F7	0,01	0,02
Total	0,23	0,33

Barrio Venezuela

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
G1	0,00	0,00
G2	0,05	0,06
G3	0,14	0,19
G4	0,17	0,24
G5	0,07	0,09
G5.1	0,15	0,20
G6	0,07	0,09
G7	0,03	0,05
G8	0,16	0,22
G9	0,02	0,03
G10	0,16	0,22
G11	0,16	0,22
G12	0,02	0,03
G13	0,06	0,08
G14	0,12	0,17
G15	0,08	0,11
G16	0,17	0,24
Total	1,61	2,25

Las Lomitas

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
H1	0,14	0,19
H1	0,01	0,02
H2	0,07	0,10
H3	0,06	0,08
H3	0,24	0,34
H4	0,03	0,04
H5	0,07	0,10
H5	0,01	0,01
H6	0,06	0,08
H7	0,03	0,04
H8	0,10	0,14
H9	0,01	0,02
H9	0,01	0,01
H10	0,05	0,08
H11	0,06	0,09
H12	0,06	0,08
H13	0,06	0,09
H14	0,03	0,04
H15	0,06	0,09
H16	0,05	0,07
H17	0,05	0,07
H18	0,03	0,05
H19	0,07	0,09
H20	0,07	0,10
H21	0,14	0,19
H22	0,08	0,11
H23	0,05	0,08
H24	0,03	0,05
H25	0,09	0,13
Total	1,84	2,56

La Esperanza - Las Lomitas

Nodo	Demanda actual (lps) +30%	Demanda (10 años) (lps) +30%
IA	0,86	1,20
IB	0,63	0,87
IC	0,78	1,09
ID	0,86	1,20
IE		
IF	0,23	0,33
IG	1,20	1,67
IG1	0,42	0,58
IH	1,36	1,91
IH1	0,47	0,66
Total	6,80	9,50

4.2.3 Fuentes de agua

4.2.3.1 Manantiales

Los manantiales del lugar fueron afectados por los trabajos de construcción del Metro Los Teques y a consecuencia de ello estos disminuyeron su caudal hasta secarse.

4.2.3.2 Ríos

En el sector se encuentra el Rio San Pedro el cual se encuentra altamente contaminado por descargas de aguas residuales descartando su uso para el consumo humano.

4.2.3.3 Aguas subterráneas

HIDROCAPITAL realizo múltiples estudios de factibilidad de pozos, destacando los siguientes

Pozo Las Lomitas: con una capacidad de 1 lps.

Pozo Las Delicias: con una capacidad de 10 lps.

Pozo Bertorelli: con una capacidad de 4 lps.

4.2.4 Calidad del agua

El agua de los pozos presentan una concentración de manganeso de 0.11 mg/l el cual se encuentra en el límite del valor deseable, además requieren cloración y supervisión permanente de su calidad debido a su cercanía con el Río San Pedro.

4.2.5 Sistemas de distribución de agua potable

Para la selección del sistema de distribución de agua potable se tomó en consideración que la capacidad de los pozos es inferior a la demanda del sector y por tanto es imposible ofrecer un servicio continuo solo con las fuentes indicadas. Por otro lado existen grandes distancias entre los pozos y las comunidades, así como diferencias de altura importantes entre ellas por lo cual sería muy costoso llevar el líquido hasta los puntos elevados de las comunidades utilizando un sistema centralizado de bombeo. Después de considerar las características del proyecto se seleccionó un sistema de distribución por combinación de estanque bajo, bomba de elevación y estanque alto para las comunidades. Así como bombeo directo para la tubería principal que abastecerá los estanques bajos de las comunidades desde los pozos

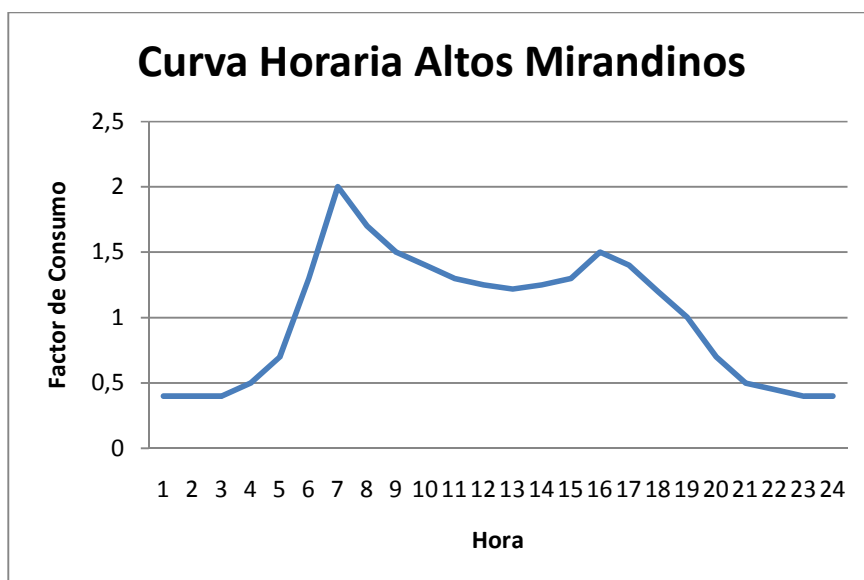
4.3 Tuberías

4.3.1 Cálculo de caudales

Para el cálculo de caudales se divide la red en nodos según las características del terreno (no más de 100 metros o diferencia de altura de 10 metros entre uno y otro nodo). Se asigna las demandas individuales al nodo más cercano (se

utiliza la población futura). Se utiliza la formula 3.66 para el cálculo de los caudales medios por nodo.

Los caudales varían a lo largo del tiempo debido a la diferencia en el consumo de acuerdo a la hora, la cual se debe a las actividades específicas del sector



Altos Mirandinos	
Hora	Factor de consumo
1	0,4
2	0,4
3	0,4
4	0,5
5	0,7
6	1,3
7	2
8	1,7
9	1,5
10	1,4
11	1,3
12	1,25
13	1,22
14	1,25
15	1,3
16	1,5
17	1,4
18	1,2
19	1
20	0,7
21	0,5
22	0,45
23	0,4
24	0,4

4.3.2 Resistencia a la presión

Las tuberías deben resistir la presión del régimen permanente y régimen transitorio, así como también las cargas externas que dependerán de la instalación (cargas permanentes y variables).

ASTM A 53 / COVENIN 3335

DIMENSIONES, PESOS Y PRESIONES DE PRUEBA

Nominal	Diámetro		Espesor de Pared		Sched.	Peso Nominal Tubo Liso				Peso Nominal Tubo Rosc./Acop.				Presión de Prueba	
	Externo					Negro		Galvanizado		Negro		Galvanizado		GradoA	GradoB
	pulg	mm	pulg	mm		lb/pie	kg/m	lb/pie	kg/m	lb/pie	kg/m	lb/pie	kg/m	psi	psi
1/2	0.840	21,3	0.108	2,77	40	0.85	1,27	0.80	1,33	0.85	1,27	0.80	1,33	700	700
			0.147	3,73	80	1.09	1,62	1.13	1,68	1.09	1,62	1.13	1,68	850	850
3/4	1.050	26,7	0.113	2,87	40	1.13	1,69	1.10	1,77	1.13	1,69	1.10	1,77	700	700
			0.154	3,91	80	1.47	2,20	1.53	2,28	1.48	2,21	1.54	2,29	850	850
1	1.315	33,4	0.133	3,38	40	1.68	2,50	1.75	2,61	1.68	2,50	1.75	2,61	700	700
			0.179	4,55	80	2.17	3,24	2.24	3,34	2.18	3,25	2.25	3,35	850	850
1 1/4	1.660	42,2	0.140	3,56	40	2.27	3,39	2.37	3,53	2.28	3,40	2.37	3,53	1200	1300
			0.191	4,85	80	3.00	4,47	3.09	4,60	3.02	4,49	3.10	4,62	1800	1900
1 1/2	1.900	48,3	0.145	3,68	40	2.72	4,05	2.82	4,20	2.73	4,07	2.84	4,22	1200	1300
			0.200	5,08	80	3.63	5,41	3.74	5,56	3.66	5,45	3.81	5,67	1800	1900
2	2.375	60,3	0.154	3,91	40	3.65	5,44	3.78	5,63	3.68	5,46	3.80	5,65	2300	2500
			0.218	5,54	80	5.02	7,48	5.15	7,67	5.07	7,55	5.20	7,74	2500	2500
2 1/2	2.875	73,0	0.203	5,16	40	5.79	8,63	5.96	8,87	5.82	8,67	5.98	8,90	2500	2500
			0.278	7,01	80	7.66	11,41	7.82	11,64	7.73	11,52	7.89	11,75	2500	2500
3	3.500	88,9	0.125	3,18		4.51	6,72	4.72	7,02				1200	1500	
4	4.500	114,3	0.125	3,18		5.84	8,71	6.11	9,10				1000	1170	
6	6.625	168,3	0.188	4,78		12.82	19,27	13.33	19,84				1020	1180	

Tabla 12-Tubos Acero galvanizado

CONDUVEN

4.3.3 Red

Se utiliza una red abierta tipo espina de pescado la cual se recomienda para pequeños poblados, consiste en un conducto que recorre la calle principal y disminuye de diámetro a medida que avanza y alimenta los conductos principales que se desprenden de él, este tipo de red demuestra ser idónea para asentamientos informales.

TUBOS EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA CONDUCCIÓN DE LÍQUIDOS
Sistema Imperial (pulgadas)

[Cambiar a Sistema Métrico \(milímetros\)>>](#)

Material, Rating	SDR 32,5		SDR 26		SDR 21		SDR 17		SDR 15,5		SDR 13,5		SDR 11		SDR 9		SDR 7		
PE 3408, C=1,5	50 psi		65 psi		80 psi		100 psi		110 psi		130 psi		160 psi		200 psi		265 psi		
PE 80, C=1,25	60 psi		75 psi		90 psi		120 psi		130 psi		160 psi		185 psi		235 psi		300 psi		
PE 100, C=1,25	75 psi		90 psi		120 psi		150 psi		160 psi		185 psi		235 psi		290 psi		380 psi		
Diámetro	Diámetro	Espeor	Peso	Espeor	Peso	Espeor	Peso	Espeor	Peso	Espeor	Peso	Espeor	Peso	Espeor	Peso	Espeor	Peso	Espeor	Peso
Nominal	Externo	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m
pulg.	mm	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.
½	21.34															2.36	0.13	3.05	0.18
¾	26.67													2.41	0.18	2.97	0.22	3.81	0.27
1	33.40													3.05	0.28	3.71	0.34	4.78	0.43
1¼	42.16											3.12	0.39	3.84	0.46	4.67	0.55	6.02	0.68
1½	48.26									3.12	0.43	3.58	0.49	4.39	0.60	5.36	0.71	6.88	0.89
2	60.33							3.56	0.62	3.89	0.68	4.47	0.77	5.40	0.94	6.71	1.12	8.61	1.38
3	88.90			3.43	0.91	4.24	1.12	5.23	1.37	5.74	1.49	6.58	1.70	8.08	2.04	9.88	2.44	12.70	3.02
4	114.30	3.51	1.22	4.39	1.50	5.44	1.85	6.73	2.26	7.37	2.45	8.46	2.80	10.39	3.36	12.70	4.03	16.33	4.98
6	168.28	5.18	2.63	6.48	3.27	8.00	4.00	9.91	4.90	10.85	5.33	12.47	6.06	15.29	7.31	18.89	8.72	24.03	10.82
8	219.08	6.73	4.40	8.43	5.54	10.44	6.79	12.88	8.29	14.12	9.03	16.23	10.27	19.91	12.38	24.33	14.79	31.29	18.33

Tabla 11-Tubos PEAD
REVINCA

4.3.4 Calculo de diámetro

Se utiliza la ecuación básica de continuidad

$$Q = CA \tag{3.23}$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{C\pi}} \tag{3.24}$$

Se realiza la suposición de una celeridad en el rango de $(0.6 - 3) \left(\frac{m}{s}\right)$ En las comunidades Hidrocapital recomendó utilizar acero galvanizado para las redes internas debido a las condiciones propias de los asentamientos informales

donde existirán tramos de tubería expuestas al entorno. Estas tuberías deberán soportar una presión no mayor a 100 m.c.a es decir 142 psi aproximadamente, la presión de prueba del acero galvanizado ASTM A-53 COVENIN 3335 es mínimo 700 psi. Se comienza calculando el diámetro suponiendo la celeridad más baja del rango con el fin de disminuir las pérdidas de carga por tubería, el valor obtenido se redondea a un valor normalizado y utilizando ASTM A-53 COVENIN 3335 seleccionamos el espesor de tubería, de esta manera garantizamos que la tubería seleccionada operar sin inconvenientes en régimen permanente, en el punto 5.6 se realiza el estudio en régimen transitorio y en el 5.7 los efectos de las cargas permanentes y variables.

Como se verificara en lo sucesivo los tubos seleccionados son Cedula 40 en sus respectivos diámetros (3/4", 1", 1 1/2", 2", 4", 6") y con el menor espesor según ASTM A-53 COVENIN 3335, en el caso de la tubería de la carretera HIDROCAPITAL seleccionó PEAD 8" PE 100, 75psi.

Calculo tipo:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{c\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \frac{1.17 \text{ lps}}{1000}}{0.6\pi}} = 0.0498 \text{ m} = 1.96 \approx 2 \text{ pul}$$

Espesor 0.154 pulg

Diámetro interno=D-2e= (2 – 2*0.154) pulg=1.692 pulg=0.0430 m

$$C = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{1.17 \text{ lps}}{1000}}{\pi \left(\frac{0.043 \text{ m}}{2}\right)^2} = 0.8057 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La Esperanza

A

N-N	Caudal lps	D (pulg)	D Nom(pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
A15-A14	1,17	1,96	2	0,154	1,692	0,81
A14-A13	1,14	1,94	2	0,154	1,692	0,79
A13-A16	0,22	0,85	1,5	0,145	1,21	0,30
A16-A17	0,19	0,79	1,5	0,145	1,21	0,26
A17-A18	0,08	0,51	1	0,133	0,734	0,29
A18-A19	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
A13-A12	0,87	1,69	2	0,154	1,692	0,60
A12-A20	0,18	0,77	1,5	0,145	1,21	0,24
A20-A21	0,12	0,63	1	0,133	0,734	0,44
A21-A22	0,09	0,54	1	0,133	0,734	0,33
A22-A23	0,06	0,44	0,75	0,113	0,524	0,43
A23-A24	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
A12-A4	0,61	1,42	2	0,154	1,692	0,42
A4-A5	0,29	0,98	1,5	0,145	1,21	0,39
A5-A10	0,08	0,51	1	0,133	0,734	0,29
A10-A11	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
A5-A6	0,18	0,77	1,5	0,145	1,21	0,24
A6-A7	0,12	0,63	1	0,133	0,734	0,44
A7-A8	0,06	0,44	0,75	0,113	0,524	0,43
A8-A9	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
A4-A3	0,26	0,93	1,5	0,145	1,21	0,35
A3-A25	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
A3-A2	0,18	0,77	1,5	0,145	1,21	0,24
A2-A1	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
A2-A26	0,10	0,57	1	0,133	0,734	0,37
A26-A27	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
AT2-A15	1,20	1,99	2	0,154	1,692	0,83
APMP1-AT2	4,79	3,97	4	0,125	3,75	0,67
AT1-APMP1	4,79	3,97	4	0,125	3,75	0,67
IA-AT1	4,79	3,97	4	0,125	3,75	0,67

La Esperanza B

N-N	Caudal lps	D (pulg)	D Nom(pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
B20-B22	0,01	0,18	0,75	0,113	0,524	0,07
B20-B21	0,02	0,26	0,75	0,113	0,524	0,14
B20-B19	0,84	1,66	2	0,154	1,692	0,58
B19-B3	0,78	1,60	2	0,154	1,692	0,54
B3-B2	0,23	0,87	1,5	0,145	1,21	0,31
B2-B1	0,12	0,63	1	0,133	0,734	0,44
B2-B23	0,07	0,48	1	0,133	0,734	0,26
B23-B24	0,07	0,48	1	0,133	0,734	0,26
B3-B4	0,50	1,28	2	0,154	1,692	0,34
B4-B5	0,48	1,26	2	0,154	1,692	0,33
B5-B6	0,08	0,51	1	0,133	0,734	0,29
B6-B7	0,04	0,36	0,75	0,113	0,524	0,29
B5-B8	0,31	1,01	2	0,154	1,692	0,21
B8-B9	0,02	0,26	0,75	0,113	0,524	0,14
B8-B10	0,27	0,94	2	0,154	1,692	0,19
B10-B11	0,06	0,44	0,75	0,113	0,524	0,43
B11-B12	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
B10-B14	0,18	0,77	2	0,154	1,692	0,12
B14-B15	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
B14-B16	0,10	0,57	2	0,154	1,692	0,07
B16-B17	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
B16-B18	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
BPMP1-BT2	3,49	3,39	4	0,125	3,75	0,49
BT1-BPMP1	3,49	3,39	4	0,125	3,75	0,49
BT2-B20	0,87	1,69	2	0,154	1,692	0,60
IB-BT1	3,49	3,39	4	0,125	3,75	0,49

Bertorelli Cisneros

N-N	Caudal lps	D (pulg)	D Nom(pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
C5-C4	1,07	1,88	2	0,154	1,692	0,74
C4-C9	0,21	0,83	2	0,145	1,71	0,14
C9-C3	0,04	0,36	0,75	0,113	0,524	0,29
C3-C2	0,01	0,18	0,75	0,113	0,524	0,07
C2-C1	0,01	0,18	0,75	0,113	0,524	0,07
C9-C10	0,17	0,75	1,5	0,145	1,21	0,23
C10-C11	0,16	0,73	1,5	0,145	1,21	0,22
C11-C12	0,14	0,68	1,5	0,133	1,234	0,18
C12-C13	0,13	0,65	1,5	0,133	1,234	0,17
C13-C14	0,09	0,54	1	0,133	0,734	0,33
C14-C15	0,06	0,44	0,75	0,113	0,524	0,43
C4-C6	0,85	1,67	2	0,154	1,692	0,59
C6-C7	0,73	1,55	2	0,154	1,692	0,50
C7-C8	0,01	0,18	0,75	0,113	0,524	0,07
C7-C16	0,61	1,42	2	0,154	1,692	0,42
C16-C17	0,34	1,06	1,5	0,145	1,21	0,46
C17-C18	0,25	0,91	1,5	0,145	1,21	0,34
C18-C19	0,12	0,63	1	0,133	0,734	0,44
C19-C20	0,10	0,57	1	0,133	0,734	0,37
C20-C26	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
C16-C25	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
C16-C21	0,16	0,73	2	0,145	1,71	0,11
C21-C22	0,14	0,68	1	0,133	0,734	0,51
C22-C23	0,14	0,68	1	0,133	0,734	0,51
C23-C24	0,10	0,57	1	0,133	0,734	0,37
CPMP1-CT2	4,34	3,78	4	0,125	3,75	0,61
CT1-CPMP1	4,34	3,78	4	0,125	3,75	0,61
CT2-B5	1,08	1,89	1,5	0,145	1,21	1,46
IC-CT1	4,34	3,78	4	0,125	3,75	0,61

Virgen del Valle Parte
Baja

N-N	Caudal lps	D (pulg)	D Nom(pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
D13-D12	0,79	1,61	2	0,154	1,692	0,54
D12-D14	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
D12-D1	0,70	1,52	2	0,154	1,692	0,48
D1-D2	0,68	1,50	2	0,154	1,692	0,47
D2-D15	0,06	0,44	1,5	0,145	1,21	0,08
D2-D3	0,61	1,42	2	0,154	1,692	0,42
D3-D7	0,31	1,01	1,5	0,145	1,21	0,42
D7-D8	0,18	0,77	1,5	0,145	1,21	0,24
D8-D9	0,11	0,60	1	0,133	0,734	0,40
D9-D11	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
D9-D10	0,04	0,36	0,75	0,113	0,524	0,29
D3-D4	0,24	0,89	1,5	0,145	1,21	0,32
D4-D5	0,02	0,26	0,75	0,113	0,524	0,14
D4-D6	0,13	0,65	1	0,133	0,734	0,48
DT1-D13	0,87	1,69	2	0,154	1,692	0,60

Virgen del Valle Parte Alta

N-N	Caudal lps	D (pulg)	D Nom(pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
E4-E3	0,31	1,01	1,5	0,145	1,21	0,42
E3-E2	0,27	0,94	1,5	0,145	1,21	0,36
E1-E2	0,01	0,18	0,75	0,113	0,524	0,07
E2-E5	0,22	0,85	1,5	0,145	1,21	0,30
E5-E6	0,08	0,51	1	0,133	0,734	0,29
E5-E7	0,15	0,70	1,5	0,145	1,21	0,20
E7-E8	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
E8-E9	0,02	0,26	0,75	0,113	0,524	0,14
E7-E10	0,09	0,54	1,5	0,145	1,21	0,12
E10-E11	0,08	0,51	1	0,133	0,734	0,29
E11-E12	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
DPMP1-DT2	4,79	3,97	4	0,125	3,75	0,67
DT1-DPMP1	4,79	3,97	4	0,125	3,75	0,67
ID-DT1	4,79	3,97	4	0,125	3,75	0,67
DT2-E4	0,33	1,04	2	0,154	1,692	0,23

La Parrilla

N-N	Caudal lps	D(pulg)	D Nom(pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
F7-F6	0,02	0,26	1,5	0,113	1,274	0,02
F6-F5	0,07	0,48	1,5	0,113	1,274	0,09
F5-F4	0,08	0,51	1,5	0,113	1,274	0,10
F4-F2	0,3	0,99	1,5	0,145	1,21	0,40
F3-F2	0,32	1,03	1,5	0,145	1,21	0,43
F1-F4	0,06	0,44	0,75	0,113	0,524	0,43
FPMP1-FT2	0,33	1,04	4	0,125	3,75	0,05
FT1-FPMP1	0,33	1,04	4	0,125	3,75	0,05
IF-FTI	0,33	1,04	4	0,125	3,75	0,05
FT2-F3	0,33	1,04	2	0,154	1,692	0,23

Barrio Venezuela

N-N	Caudal lps	D (pulg)	D Nom (pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
G1-G2	0,58	1,38	1,5	0,145	1,21	0,78
G2-G3	0,52	1,31	1,5	0,145	1,21	0,70
G3-G4	0,33	1,04	1,5	0,145	1,21	0,45
G4-G5	0,09	0,54	1	0,133	0,734	0,33
G16-G15	1,42	2,16	3	0,125	2,75	0,37
G15-G14	0,17	0,75	1,5	0,145	1,21	0,23
G15-G13	1,14	1,94	2	0,154	1,692	0,79
G13-G11	1,06	1,87	2	0,154	1,692	0,73
G11-G5,1	0,2	0,81	1,5	0,145	1,21	0,27
G11-G12	0,64	1,45	2	0,154	1,692	0,44
G12-G6	0,61	1,42	2	0,154	1,692	0,42
G6-G7	0,55	1,35	1,5	0,145	1,21	0,74
G6-G8	0,47	1,24	1,5	0,145	1,21	0,63
G8-G9	0,03	0,31	0,75	0,113	0,524	0,22
G8-G10	0,22	0,85	1,5	0,145	1,21	0,30
GT1-G16	1,67	2,34	4	0,125	3,75	0,23
IG-GT1	9,02	5,45	6	0,188	5,624	0,56
GT2-G1	0,58	1,38	2	0,154	1,692	0,40
IG1-GT2	4,51	3,85	4	0,125	3,75	0,63

Las Lomitas

N-N	Caudal lps	D(pulg)	D Nom(pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
H11-H12	0,43	1,19	1,5	0,145	1,21	0,58
H12-H13	0,35	1,07	1,5	0,145	1,21	0,47
H13-H14	0,26	0,93	1,5	0,145	1,21	0,35
H14-H17	0,22	0,85	1,5	0,145	1,21	0,30
H17-H15	0,15	0,70	1	0,133	0,734	0,55
H15-H16	0,07	0,48	1	0,133	0,734	0,26
H11-H10	1,35	2,11	2	0,154	1,692	0,93
H10-H9	1,27	2,04	2	0,154	1,692	0,88
H9-H8	1,24	2,02	2	0,154	1,692	0,86
H8-H7	1,1	1,90	2	0,154	1,692	0,76
H7-H18	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
H7-H6	1,01	1,82	2	0,154	1,692	0,70
H6-H5	0,93	1,75	2	0,154	1,692	0,64
H5-H19	0,82	1,64	2	0,154	1,692	0,57
H19-H3	0,73	1,55	2	0,154	1,692	0,50
H3-H4	0,04	0,36	0,75	0,113	0,524	0,29
H3-H2	0,31	1,01	1,5	0,145	1,21	0,42
H2-H1	0,21	0,83	1,5	0,145	1,21	0,28
H23-H19.1	0,4	1,15	1,5	0,145	1,21	0,54
H19.1-H20	0,1	0,57	1	0,133	0,734	0,37
H19.1-H21	0,3	0,99	1,5	0,145	1,21	0,40
H21-H22	0,11	0,60	1	0,133	0,734	0,40
H23-H24	0,05	0,41	0,75	0,113	0,524	0,36
H23-H25	0,13	0,65	1	0,145	0,71	0,51
HPMP1-HT3	7,62	5,01	6	0,188	5,624	0,48
HT1-HPMP1	7,62	5,01	6	0,188	5,624	0,48
IH-HT1	7,62	5,01	6	0,188	5,624	0,48
HT3-H11	1,91	2,51	4	0,125	3,75	0,27
IH1-HT2	3,95	3,61	4	0,125	3,75	0,55
HT2-H23	0,66	1,47	2	0,154	1,692	0,46

La Esperanza - Las
Lomitas

N-N	Caudal lps	D (pulg)	D Nom (pulg)	Espesor (pulg)	D Int (pulg)	Celeridad (m/s)
I-IA	4,8	3,97	8	0,265	7,47	0,17
IA-IB	3,60	3,44	8	0,265	7,47	0,13
IB-IC	2,73	3,00	8	0,265	7,47	0,10
IC-PB	1,65	2,33	8	0,265	7,47	0,06
PB-PD	5,65	4,31	8	0,265	7,47	0,20
PD-ID	15,65	7,18	8	0,265	7,47	0,55
ID-IE	14,45	6,90	8	0,265	7,47	0,51
IE-IF	14,45	6,90	8	0,265	7,47	0,51
IF-IG	14,12	6,82	8	0,265	7,47	0,50
IG-IG1	13,54	6,68	8	0,265	7,47	0,48
IG1-IH	11,87	6,25	8	0,265	7,47	0,42
IH-IH1	9,96	5,73	8	0,265	7,47	0,35
IH1-F	9,30	5,53	8	0,265	7,47	0,33

Todas las tuberías seleccionadas son Cedula 40, acero galvanizado

4.3.5 Perdidas en la red

4.3.5.1 Perdidas en tuberías y accesorios

Se utilizo la formula de Darcy-Weisbach para el cálculo de perdidas por tuberías

$$h_L = \frac{f \cdot L \cdot c^2}{2 \cdot D \cdot g} \quad (3.18)$$

Donde el factor de fricción fue calculado con la formula de Swamee la cual es una aproximación aceptable de la formula de Colebrook-White

$$f = \frac{0.25}{\left(\log_{10}\left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} \quad (3.21)$$

La rugosidad se encuentra alterada por el envejecimiento según la fórmula

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \alpha t \quad (3.25)$$

Calculo tipo:

Primero se determina la rugosidad a 10 años para ello utilizando el reporte de calidad del agua se verifica que el coeficiente α de proporcionalidad es 0.18.

Para el acero galvanizado

$$\varepsilon = 0.125 \text{ mm} + \left(0.18 \frac{\text{mm}}{\text{año}}\right) 10 \text{ años} = 1.925 \text{ mm} = 0.076 \text{ pulg}$$

Para el polietileno de alta densidad

$$\varepsilon = 0.0015 \text{ mm} + \left(0.18 \frac{\text{mm}}{\text{año}}\right) 10 \text{ años} = 1.8015 \text{ mm} = 0.0709 \text{ pulg}$$

PROPIEDADES MECANICAS DEL AGUA
EN CONDICIONES NORMALES DE PRESION

TEMPERAT. T °C	PESO ESPECIFICO γ kgf/m ³	DENSIDAD ρ kgf.s ³ /m ⁴	VISCOSIDAD μ kgf.s/m ²	VISCOSIDAD CINEMATICA ν m ² /s	PRESION DE VAPOR P _v kgf/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD E kgf/cm ²
0	999,90	101,97	1,827·10 ⁻⁴	1,792·10 ⁻⁶	0,006	20,320
5	1000,00	101,98	1,549	1,519	0,009	20,860
10	999,89	101,95	1,334	1,308	0,012	21,450
15	999,18	101,89	1,163	1,141	0,017	21,890
20	998,27	101,80	1,025	1,007	0,025	22,320
25	997,25	101,70	0,912	0,897	0,033	22,720
30	996,02	101,57	0,817	0,804	0,044	23,020
35	994,52	101,42	0,737·10 ⁻⁴	0,727·10 ⁻⁶	0,058	23,200
40	992,96	101,21	0,669	0,661	0,076	23,320
45	991,23	101,08	0,610	0,603	0,098	23,380
50	988,88	100,84	0,560	0,555	0,126	23,410
55	987,05	100,66	0,516	0,513	0,161	23,350
60	984,91	100,44	0,478	0,476	0,203	23,230
65	982,56	100,20	0,445	0,444	0,256	23,060
70	978,99	99,84	0,414·10 ⁻⁴	0,415·10 ⁻⁶	0,320	22,860
75	977,87	99,72	0,388	0,389	0,396	22,660
80	974,61	99,39	0,364	0,366	0,486	22,430
85	971,75	99,10	0,343	0,346	0,593	22,370
90	968,69	98,79	0,323	0,327	0,718	21,900
95	965,63	98,47	0,305	0,310	0,862	21,600
100	962,47	98,15	0,290	0,296	1,033	21,300

Tabla13-Propiedades Mecánicas del agua
Tuberías a Presión
Manuel Vicente Méndez 1.5

Segundo se calcula el numero de Reynolds

$$Re = \frac{CD}{\nu} \quad (3.10)$$

$$Re = \frac{0.81 \frac{m}{s} * 0.043m}{0.897 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 38829.43$$

Tercero se calcula el valor del factor f utilizando la formula de Swamee

$$f = \frac{0.25}{\left(\log_{10}\left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} \quad (3.21)$$

$$f = \frac{0.25}{\left(\log_{10}\left(\frac{0.076pulg}{3.7 * 1.692pulg} + \frac{5.74}{38829^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0691$$

Cuarto se calcula la longitud equivalente de los accesorios y se adiciona al tramo de mayor celeridad.

Quinto se calculan las perdidas por tuberías utilizando la formula de Darcy Weisbach

$$h_L = \frac{f.L.c^2}{2.Dg} \quad (3.18)$$

$$h_L = \frac{0.0691 * 18.36m * (0.81^2)}{2 * (1.692 * 0.0254)m * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.98m$$

Una vez determinados los valores de perdida por tubería establecemos como criterio que estas no deben ser mayores a 0.1 metro por metro de tubería, garantizando de esta manera la eficiencia de la red, aunque se debe tomar en cuenta que si bien al utilizar un diámetro mayor se pueden disminuir las perdidas también se puede disminuir la celeridad a valores que favorezcan la sedimentación.

Perdidas por bombeo

Los accesorios básicos de una estación de bombeo son los siguientes: entrada, válvula de pie, codo 90 válvula de compuerta, válvula de retención, te. La longitud equivalente de todos estos accesorios es la siguiente:

- Para 2 “ es 12.47m
- Para 4” es 24.04 m
- Para 6” es 24.79m

Estos valores serán utilizados para determinar las perdidas en la succión.

La Esperanza A

N-N	D Nom(pulg)	L (m)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
A15-A14	2	15	18,36	38662,4781	0,0692	0,9811
A14-A13	2	26	32,11	37671,1325	0,0692	1,6296
A13-A16	1,5	5	6,32	10165,7984	0,0830	0,0766
A16-A17	1,5	21	23,55	8779,55319	0,0835	0,2141
A17-A18	1	27	29,16	6093,93911	0,1083	0,7421
A18-A19	0,75	45	47,54	5335,10414	0,1314	3,0921
A13-A12	2	25	31,72	28749,0222	0,0695	0,9417
A12-A20	1,5	36	39,80	8317,47144	0,0837	0,3254
A20-A21	1	7	7,88	9140,90867	0,1069	0,4453
A21-A22	1	30	31,92	6855,6815	0,1078	1,0236
A22-A23	0,75	14	15,16	6402,12496	0,1306	1,4116
A23-A24	0,75	12	13,03	3201,06248	0,1343	0,3119
A12-A4	2	42	49,79	20157,3604	0,0700	0,7321
A4-A5	1,5	7	8,25	13400,3707	0,0823	0,1723
A5-A10	1	20	21,52	6093,93911	0,1083	0,5476
A10-A11	0,75	22	23,16	5335,10414	0,1314	1,5064
A5-A6	1,5	30	32,55	8317,47144	0,0837	0,2661
A6-A7	1	23	25,16	9140,90867	0,1069	1,4218
A7-A8	0,75	17	18,16	6402,12496	0,1306	1,6910
A8-A9	0,75	27	28,38	3201,06248	0,1343	0,6794
A4-A3	1,5	22	25,23	12014,1254	0,0826	0,4248
A3-A25	0,75	35	37,08	5335,10414	0,1314	2,4117
A3-A2	1,5	29	32,07	8317,47144	0,0837	0,2622
A2-A1	0,75	8	8,70	3201,06248	0,1343	0,2083
A2-A26	1	22	24,16	7617,42389	0,1074	0,9532
A26-A27	0,75	50	52,65	5335,10414	0,1314	3,4244
AT2-A15	2	10	10,46	71418,1226	0,0497	0,4225
APMP1-AT2	4	125	149,04	71418,1226	0,0497	1,7937
AT1-APMP1	4	1	25,04	71418,1226	0,0497	0,3014
IA-AT1	4	20	20,92	39653,8237	0,0692	0,3503

La
Esperanza B

N-N	D Nom(pulg)	L (m)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
B20-B22	0,75	40	42,96	1067,02083	0,1477	0,1257
B20-B21	0,75	41	44,44	2134,04165	0,1378	0,4851
B20-B19	2	7	8,68	27757,6766	0,0696	0,2404
B19-B3	2	35	42,79	25774,9854	0,0697	1,0232
B3-B2	1,5	50	55,24	10627,8802	0,0829	0,7307
B2-B1	1	66	70,72	9140,90867	0,1069	3,9964
B2-B23	1	50	53,20	5332,19672	0,1089	1,0421
B23-B24	1	140	148,96	5332,19672	0,1089	2,9180
B3-B4	2	100	114,13	16522,4265	0,0704	1,1336
B4-B5	2	12	15,99	15861,5295	0,0705	0,1465
B5-B6	1	52	56,23	6093,93911	0,1083	1,4309
B6-B7	0,75	115	122,68	4268,08331	0,1325	5,1502
B5-B8	2	35	38,87	10243,9044	0,0716	0,1510
B8-B9	0,75	22	24,56	2134,04165	0,1378	0,2681
B8-B10	2	11	13,22	8922,11032	0,0721	0,0392
B10-B11	0,75	42	45,44	6402,12496	0,1306	4,2312
B11-B12	0,75	9	10,04	3201,06248	0,1343	0,2403
B10-B14	2	10	11,37	5948,07355	0,0738	0,0153
B14-B15	0,75	60	64,08	3201,06248	0,1343	1,5339
B14-B16	2	51	55,24	3304,4853	0,0776	0,0242
B16-B17	0,75	60	63,84	3201,06248	0,1343	1,5282
B16-B18	0,75	47	50,20	3201,06248	0,1343	1,2017
BPMP1-BT2	4	200	224,04	52035,3336	0,0500	1,4392
BT1-BPMP1	4	1	25,04	52035,3336	0,0500	0,1608
BT2-B20	2	20	20,00	28749,0222	0,0695	0,5937
IB-BT1	4	20	20,00	52035,3336	0,0500	0,1285

Bertorelli Cisneros

N-N	D Nom (pulg)	L (m)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
C5-C4	2	30	36,11	35357,9928	0,0693	1,6159
C4-C9	2	55	60,93	6866,37262	0,0728	0,1047
C9-C3	0,75	25	27,31	4268,08331	0,1325	1,1465
C3-C2	0,75	54	57,84	1067,02083	0,1477	0,1692
C2-C1	0,75	100	106,40	1067,02083	0,1477	0,3112
C9-C10	1,5	22	24,31	7855,38969	0,0839	0,1777
C10-C11	1,5	42	45,20	7393,30795	0,0841	0,2935
C11-C12	1,5	9	9,64	6343,32641	0,0840	0,0434
C12-C13	1,5	75	80,12	5890,23167	0,0843	0,3121
C13-C14	1	100	106,40	6855,6815	0,1078	3,4121
C14-C15	0,75	30	32,16	6402,12496	0,1306	2,9946
C4-C6	2	100	117,17	28088,1251	0,0696	3,3217
C6-C7	2	87	100,37	24122,7427	0,0698	2,1050
C7-C8	0,75	70	74,48	1067,02083	0,1477	0,2179
C7-C16	2	43	50,55	20157,3604	0,0700	0,7433
C16-C17	1,5	100	108,97	15710,7794	0,0820	3,1149
C17-C18	1,5	92	100,50	11552,0437	0,0827	1,5663
C18-C19	1	100	106,64	9140,90867	0,1069	6,0263
C19-C20	1	60	63,84	7617,42389	0,1074	2,5187
C20-C26	0,75	50	53,44	5335,10414	0,1314	3,4758
C16-C25	0,75	80	85,12	3201,06248	0,1343	2,0376
C16-C21	2	100	106,64	5231,522	0,0742	0,1084
C21-C22	1	41	44,20	10664,3934	0,1065	3,3865
C22-C23	1	14	15,28	10664,3934	0,1065	1,1707
C23-C24	1	15	16,28	7617,42389	0,1074	0,6423
CPMP1-CT2	4	120	144,04	64708,6956	0,0498	1,4253
CT1-CPMP1	4	1	25,04	64708,6956	0,0498	0,2478
CT2-C5	1,5	20	20,00	49904,8286	0,0806	5,6687
IC-CT1	4	20	20,00	64708,6956	0,0498	0,1979

Virgen del Valle Parte Baja

N-N	D Nom(pulg)	L (m)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
D13-D12	2	24	30,69	26105,4339	0,0696	0,7526
D12-D14	0,75	51	55,14	3201,06248	0,1343	1,3199
D12-D1	2	60	68,50	23131,3971	0,0698	1,3222
D1-D2	2	6	7,34	22470,5001	0,0699	0,1338
D2-D15	1,5	74	79,76	2772,49048	0,0900	0,0780
D2-D3	2	32	38,48	20157,3604	0,0700	0,5658
D3-D7	1,5	16	19,05	14324,5341	0,0822	0,4537
D7-D8	1,5	71	76,36	8317,47144	0,0837	0,6243
D8-D9	1	15	16,68	8379,16628	0,1071	0,7940
D9-D11	0,75	20	21,28	5335,10414	0,1314	1,3841
D9-D10	0,75	15	16,43	4268,08331	0,1325	0,6897
D3-D4	1,5	40	43,92	11089,9619	0,0828	0,6317
D4-D5	0,75	26	28,31	2134,04165	0,1378	0,3090
D4-D6	1	40	42,80	9902,65106	0,1066	2,8326
DT1-D13	2	20	20,00	28749,0222	0,0695	0,5937

Virgen del Valle Parte Alta

N-N	D Nom(pulg)	L (m)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
E4-E3	1,5	15	16,70	14324,5341	0,0822	0,3978
E3-E2	1,5	30	33,54	12476,2072	0,0825	0,6083
E1-E2	0,75	58	62,08	1067,02083	0,1477	0,1816
E2-E5	1,5	25	28,07	10165,7984	0,0830	0,3402
E5-E6	1	10	11,43	6093,93911	0,1083	0,2909
E5-E7	1,5	15	16,92	6931,2262	0,0843	0,0968
E7-E8	0,75	19	20,28	3201,06248	0,1343	0,4855
E8-E9	0,75	9	9,64	2134,04165	0,1378	0,1052
E7-E10	1,5	16	17,28	4158,73572	0,0869	0,0367
E10-E11	1	36	38,71	6093,93911	0,1083	0,9851
E11-E12	0,75	9	9,64	5335,10414	0,1314	0,6270
DPMP1-DT2	4	65	89,04	71418,1226	0,0497	1,0716
DT1-DPMP1	4	1	25,04	71418,1226	0,0497	0,3014
ID-DT1	4	20	20,00	71418,1226	0,0497	0,2407
DT2-E4	2	20	20,00	10904,8015	0,0715	0,0878

La Parrilla

N-N	D Nom(pulg)	L (m)	Leq	Re	f	hf (m)
F7-F6	1,5	27	29,55	877,737698	0,1057	0,0029
F6-F5	1,5	34	37,40	3072,08194	0,0873	0,0373
F5-F4	1,5	21	23,70	3510,95079	0,0862	0,0305
F4-F2	1,5	22	24,31	13862,4524	0,0822	0,5427
F3-F2	1,5	25	27,32	14786,6159	0,0821	0,6928
F1-F4	0,75	70	75,27	6402,12496	0,1306	7,0089
FPMP1-FT2	4	160	184,04	4920,24644	0,0575	0,0121
FT1-FPMP1	4	1	25,04	4920,24644	0,0575	0,0017
IF-FTI	4	20	20,00	4920,24644	0,0575	0,0013
FT2-F3	2	20	20,00	10904,8015	0,0715	0,0878

Barrio Venezuela

N-N	D Nom(pulg)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
G1-G2	1,5	90,99	26800,7413	0,0811	7,4917
G2-G3	1,5	51,70	24028,2508	0,0813	3,4275
G3-G4	1,5	53,16	15248,6976	0,0820	1,4325
G4-G5	1	100,79	6855,6815	0,1078	3,2322
G16-G15	3	118,53	28870,8675	0,0569	0,6768
G15-G14	1,5	60,00	7855,38969	0,0839	0,4386
G15-G13	2	55,93	37671,1325	0,0692	2,8385
G13-G11	2	45,93	35027,5442	0,0693	2,0174
G11-G5,1	1,5	94,84	9241,63494	0,0833	0,9533
G11-G12	2	37,36	21148,706	0,0700	0,6040
G12-G6	2	38,21	20157,3604	0,0700	0,5619
G6-G7	1,5	113,67	25414,4961	0,0812	8,4228
G6-G8	1,5	29,75	21717,8421	0,0814	1,6141
G8-G9	0,75	69,63	3201,06248	0,1343	1,6668
G8-G10	1,5	94,84	10165,7984	0,0830	1,1495
GT1-G16	4	30,00	24899,429	0,0510	0,0450
IG-GT1	6	20,00	89673,766	0,0429	0,0970
GT2-G1	2	30,00	19166,0148	0,0701	0,3993
IG1-GT2	4	20,00	67243,368	0,0498	0,2136

Las Lomitas

N-N	D Nom(pulg)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
H11-H12	1,5	97,33	19869,5151	0,0816	4,4274
H12-H13	1,5	87,72	16172,8611	0,0819	2,6553
H13-H14	1,5	81,11	12014,1254	0,0826	1,3657
H14-H17	1,5	10,85	10165,7984	0,0830	0,1315
H17-H15	1	50,44	11426,1358	0,1063	4,4294
H15-H16	1	39,56	5332,19672	0,1089	0,7749
H11-H10	2	67,45	44610,5516	0,0691	4,7896
H10-H9	2	20,36	41966,9634	0,0691	1,2805
H9-H8	2	36,04	40975,6178	0,0691	2,1615
H8-H7	2	57,05	36349,3384	0,0693	2,6971
H7-H18	0,75	102,55	5335,10414	0,1314	6,6700
H7-H6	2	43,72	33375,3016	0,0693	1,7448
H6-H5	2	108,80	30731,7133	0,0694	3,6864
H5-H19	2	71,15	27096,7795	0,0696	1,8785
H19-H3	2	71,52	24122,7427	0,0698	1,5000
H3-H4	0,75	24,16	4268,08331	0,1325	1,0143
H3-H2	1,5	72,26	14324,5341	0,0822	1,7211
H2-H1	1,5	73,95	9703,71668	0,0832	0,8180
H23-H19.1	1,5	96,06	18483,2699	0,0817	3,7867
H19.1-H20	1	87,15	7617,42389	0,1074	3,4384
H19.1-H21	1,5	97,96	13862,4524	0,0822	2,1870
H21-H22	1	94,91	8379,16628	0,1071	4,5178
H23-H24	0,75	32,47	5335,10414	0,1314	2,1119
H23-H25	1	181,03	10237,3886	0,1085	14,3933
HPMP1-HT3	6	244,79	75755,4431	0,0430	0,8503
HT1-HPMP1	6	25,79	75755,4431	0,0430	0,0896
IH-HT1	6	20,00	75755,4431	0,0430	0,0695
HT3-H11	4	20,00	28477,79	0,0508	0,0391
IH1-HT2	4	20,00	58893,8589	0,0499	0,1642
HT2-H23	2	30,00	21809,603	0,0699	0,5154

La Esperanza - Las Lomitas

N-N	D Nom(pulg)	Leq (m)	Re	f	hf (m)
I-IA	8	350,00	35927,3197	0,0394	0,1068
IA-IB	8	100,00	26945,4898	0,0400	0,0174
IB-IC	8	250,00	20433,6631	0,0407	0,0255
IC-PB	8	180,00	12350,0162	0,0425	0,0070
PB-PD	8	800,00	42289,4493	0,0391	0,3358
PD-ID	8	1000,00	117138,032	0,0380	3,1303
ID-IE	8	160,00	108156,202	0,0381	0,4276
IE-IF	8	40,00	108156,202	0,0381	0,1069
IF-IG	8	200,00	105686,199	0,0381	0,5106
IG-IG1	8	130,00	101344,981	0,0381	0,3054
IG1-IH	8	85,00	88845,2678	0,0382	0,1539
IH-IH1	8	60,00	74549,1885	0,0384	0,0768
IH1-F	8	500,00	69609,182	0,0384	0,5591

4.4 Sistema de Bombeo

4.4.1 Tanque de regulación

Se calcula la capacidad del tanque de descarga con un volumen igual a 1/3 de la demanda diaria del sector.

Se calcula la capacidad del tanque de succión con un volumen igual a 2/3 de la demanda diaria del sector.

Calculo tipo

$$\text{Capacidad Tanques} = Qm * 86400$$

$$\text{Capacidad de Tanques} = 1.2\text{lps} * 86400 = 103680\text{lpd} = 103.68\text{m}^3$$

Si el tanque de descarga la capacidad se multiplica por 1/3 y si el tanque de succión la capacidad se multiplica por 2/3.

$$\text{Tanque de descarga} = \frac{1}{3} * 1.2\text{lps} * 86400 = 34560\text{lpd} = 34.56\text{m}^3$$

$$\text{Tanque de succión} = \frac{2}{3} * 1.2\text{ lps} * 86400 = 69120\text{ lpd} = 69.12\text{ m}^3$$

La Esperanza A		lpd	m ³
Capacidad del tanque		103519,8408	103,519841

La Esperanza A		l	m ³
Calculo tanque de descarga		34506,61	34,51
Calculo tanque de succión		69013,23	69,01

La Esperanza B		lpd	m ³
Capacidad del tanque		75460,51555	75,4605156

La Esperanza B		l	m ³
Calculo tanque de descarga		25153,51	25,15
Calculo tanque de succión		50307,01	50,31

Bertorelli Cisneros		lpd	m ³
Capacidad del tanque		93712,69801	93,712698

Bertorelli Cisneros		l	m ³
Calculo tanque de descarga		31237,57	31,24
Calculo tanque de succión		62475,13	62,48

Virgen del Valle		lpd	m ³
Capacidad del tanque		103519,8408	103,519841

Virgen del Valle		l	m ³
Calculo tanque de descarga		34506,61	34,51
Calculo tanque de succión		69013,23	69,01

La Parrilla		lpd	m ³
Capacidad del tanque		28331,74591	28,3317459

La Parrilla		l	m ³
Calculo tanque de descarga		9443,92	9,44
Calculo tanque de succión		18887,83	18,89

Barrio Venezuela		lpd	m ³
Capacidad del tanque		194780,7531	194,780753

Barrio Venezuela		l	m ³
Calculo Estanque 1		64926,92	64,93
Calculo Estanque 2		129853,84	129,85

La Parrilla		lpd	m ³
Capacidad del tanque 1		164651,031	164,65
Capacidad del tanque 2		56935,91	56,94

Las Lomitas		l	m ³
Calculo tanque de descarga 1		54883,68	54,88
Calculo tanque de succión 1		109767,35	109,77
Calculo Tanque 2		56935,91	56,94

4.4.2 Caudal de diseño

El caudal de diseño para el bombeo se determina tomando en consideración que el tanque de descarga debe tener una capacidad de al menos 1/3 de la dotación diaria y debe poder ser abastecido en un lapso no mayor a dos horas. En el caso del tanque de succión debe tener una capacidad no menor a 2/3 de la dotación diaria y debe poder ser abastecido en un lapso no mayor a 4 horas.

Tanque de descarga:

$$Q = 1.3 * \frac{1}{3} \frac{150 * Nro Hab}{7200} \left(\frac{l}{s} \right)$$

Tanque de succión:

$$Q = 1.3 * \frac{2}{3} \frac{150 * Nro Hab}{14400} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Calculo Tipo

Tanque de descarga:

$$Q = 1.3 * \frac{1}{3} \frac{150 * 531}{7200} = 4.79 \left(\frac{l}{s} \right)$$

Tanque de succión:

$$Q = 1.3 * \frac{2}{3} \frac{150 * 531}{14400} = 4.79 \left(\frac{l}{s} \right)$$

La Esperanza A			
Caudal mínimo		lps	m ³ /s
Tanque de descarga		4,79	0,00479
Tanque de succión		4,79	0,00479

La Esperanza B			
Caudal mínimo		lps	m ³ /s
Tanque de descarga		3,49	0,00349
Tanque de succión		3,49	0,00349

Bertorelli Cisneros			
Caudal mínimo		lps	m ³ /s
Tanque de descarga		4,34	0,00434
Tanque de succión		4,34	0,00434

Virgen del Valle			
Caudal mínimo		lps	m ³ /s
Tanque de descarga		4,79	0,00479
Tanque de succión		4,79	0,00479

La Parrilla			
Caudal mínimo		lps	m ³ /s
Tanque de descarga		1,31	0,00131
Tanque de succión		1,31	0,00131

Barrio Venezuela			
Caudal mínimo		lps	m ³ /s
Tanque 1		4,51	0,00451
Tanque 2		9,02	0,00902

Las Lomitas			
Caudal mínimo		lps	m ³ /s
Tanque de descarga 1		7,62	0,00762
Tanque de succión 1		7,62	0,00762
Tanque de succión 2		3,95	0,00395

4.4.3 Calculo de la curva característica del sistema

Aplicando la ecuación de la energía entre la succión de la bomba y la entrada del estanque elevado se tiene:

$$H = h_2 - h_1 + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} + h_{f\ 1-2}$$

h_1 Corresponde al nivel de bombeo

h_2 Corresponde al punto más alto del sistema

$\frac{p_1}{\gamma} = 0$ Presión manométrica igual a la referencia atmosférica

$\frac{p_2}{\gamma} = 0$ Salida a presión atmosférica

$\frac{C_1^2}{2g} = 0$ Variación del nivel de bombeo despreciable

$\frac{C_2^2}{2g}$ Corresponde al caudal de diseño

$h_{f\ 1-2}$ Perdidas en la impulsión

$$H_{sist} = h_2 - h_1 + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{C_2^2}{2 * g} + \frac{f.L.C_2^2}{2.Dg}$$

$$H_{sist} = \left(h_2 - h_1 + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} \right) + \left(1 + \frac{fL}{D} \right) \left(\frac{8}{g\pi^2 D^4} \right) Q^2$$

La Esperanza A

$$H_{sist} = 75m + \left(1 + \frac{0.0497 * 149.04}{0.0953m} \right) \left(\frac{8}{9.81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0.0953m)^4} \right) Q^2$$

$$H_{sist} = 75m + 78862.0070Q^2$$

La Esperanza B

$$H_{sist} = 65m + \left(1 + \frac{0.05 * 224.04}{0.0953m} \right) \left(\frac{8}{9.81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0.0953m)^4} \right) Q^2$$

$$H_{sist} = 65m + 118749.3977Q^2$$

Bertorelli Cisneros

$$H_{sist} = 35m + \left(1 + \frac{0.0498 * 144.04}{0.0953m} \right) \left(\frac{8}{9.81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0.0953m)^4} \right) Q^2$$

$$H_{sist} = 35m + 76401.3541Q^2$$

Virgen del Valle

$$H_{sist} = 45m + \left(1 + \frac{0.0497 * 89.04}{0.0953m}\right) \left(\frac{8}{9.81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0.0953m)^4}\right) Q^2$$

$$H_{sist} = 45m + 47517.29031Q^2$$

La Parrilla

$$H_{sist} = 55m + \left(1 + \frac{0.0515 * 184.04}{0.0953m}\right) \left(\frac{8}{9.81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0.0953m)^4}\right) Q^2$$

$$H_{sist} = 55m + 100628.5303Q^2$$

Barrio Venezuela

Solo bombeo por gravedad

Las Lomitas

$$H_{sist} = 95m + \left(1 + \frac{0.0430 * 244079}{0.1428m}\right) \left(\frac{8}{9.81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0.1428m)^4}\right) Q^2$$

$$H_{sist} = 95m + 14845.4955Q^2$$

4.4.4 Parámetros para la selección de Bombas

Parámetros:

- Velocidad de rotación bajo (1800rpm) con el fin de disminuir el desgaste en los elementos móviles de los equipos.
- Eficiencia mínima 55%.
- El equipo debe ser capaz de impulsar el caudal de diseño.

Se utilizaran dos bombas idénticas, un equipo como principal y el otro equipo de reserva para utilización alterna e instalada en paralelo con el fin de ser utilizado en caso de incendio.

4.4.6 Selección de equipo

Se realiza el cálculo de la velocidad específica

$$N_s = \frac{\omega\sqrt{Q}}{(gH)^{3/4}} \quad (\text{Formula 3.46})$$

$$N_s = \frac{30rps\sqrt{0.00479\frac{m^3}{s}}}{\left(9.81\frac{m}{s^2} * 71.67m\right)^{3/4}} = 0.0152$$

Establecemos la velocidad del motor en 1800rpm (2 pares de polos y 60hz) con el fin de disminuir el desgaste en las piezas del equipo y omitir un variador de velocidad en el motor, finalmente la celeridad del rotor de la bomba será 1750 rpm aproximadamente producto deslizamiento propio de los motores asincrónicos.

La Esperanza A		m
Perdidas en la impulsión		1,7937
Hsistema		76,82

La Esperanza A		
n	1800	rpm
Q	0,00479	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
H	76,82	m
Ns	0,0144	Bomba Radial

La Esperanza B		m
Perdidas en la impulsión		1,4392
Hsistema		66,45

La Esperanza B		
n	1800	rpm
Q	0,00349	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
H	66,45	m
Ns	0,0137	Bomba Radial

Bertorelli Cisneros		m
Perdidas en la impulsión		1,4253
Hsistema		36,44

Bertorelli Cisneros		
n	1800	rpm
Q	0,00434	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
H	36,4442015	m
Ns	0,0240	Bomba Radial

Virgen del Valle		m
Perdidas en la impulsión		1,0716
Hsistema		46,09

Virgen del Valle		
n	1800	rpm
Q	0,00479	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
H	46,0946303	m
Ns	0,0212	Bomba Radial

La Parrilla		m
Perdidas en la impulsión		0,1716
Hsistema		55,17

La Parrilla		
n	1800	rpm
Q	0,00131	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
H	55,173365	m
Ns	0,0097	Bomba Radial

Las Lomitas		m
Perdidas en la impulsión		0,8503
Hsistema		95,86

Las Lomitas		
n	1800	rpm
Q	0,00762	m ³ /s
g	9,81	m/s ²
H	95,8618302	m
Ns	0,0154	Bomba Radial

La Esperanza A (76.82 m y 4.79 lps)

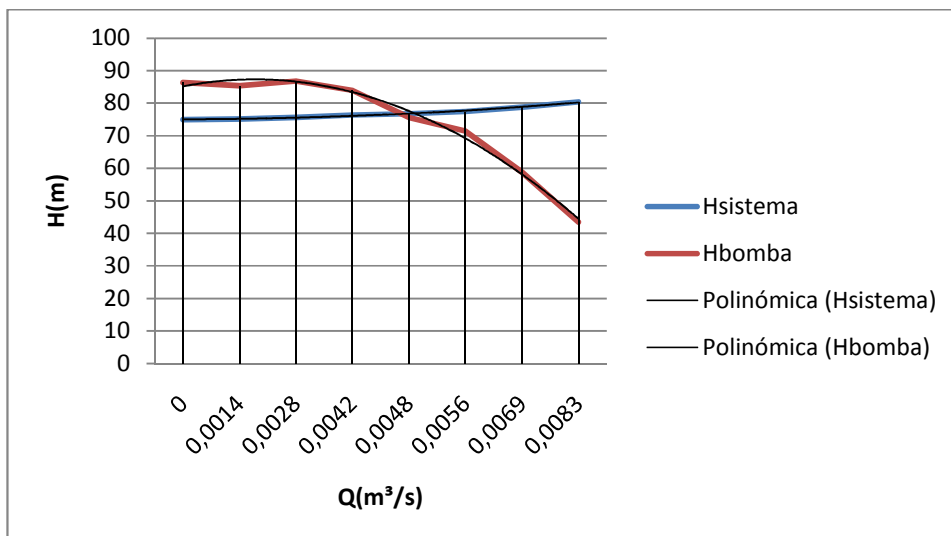
Bomba KSB WK 1750 RPM 50/7

7 Etapas

Φ 160

Rendimiento 64%

NPSH 2.5 m



La Esperanza B (66.42m y 3.49 lps)

Bomba KSB WK 1750 rpm 40/8

8 Etapas

Φ 150

Rendimiento 62%

NPSH 4 m

La Esperanza
B

KSB WK 40/8 1750 RPM
150mm

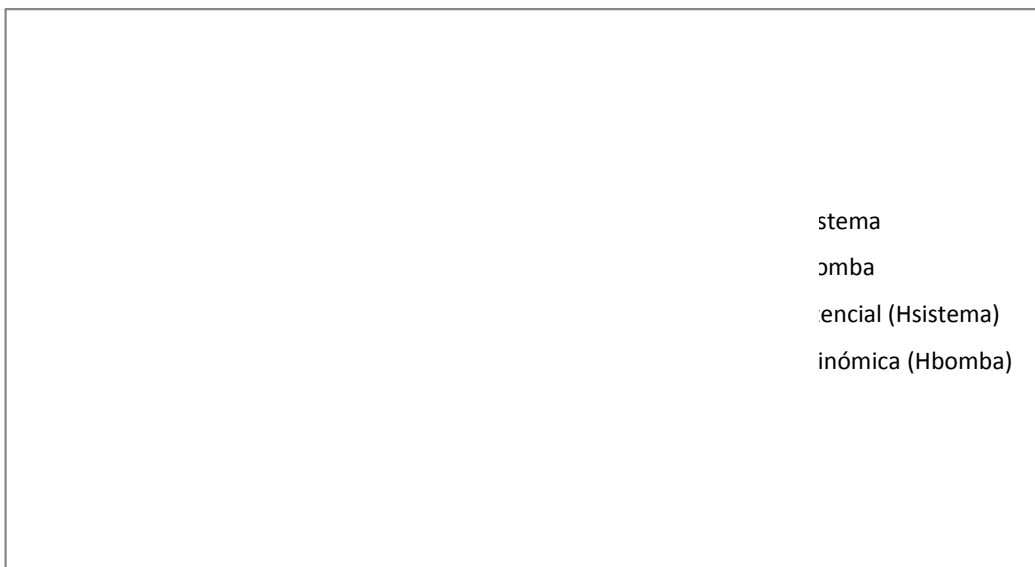
Punto de Trabajo

Caudal (m ³ /s)	Hsistema (m)	Hbomba (m)
0	65	84
0,0014	65,23274882	82
0,0028	65,93099528	76
0,0035	66,45468012	72
0,0042	67,09473938	64
0,0056	68,72398111	40

Punto de operación

Caudal 0,0042 m³/s

H 64 m



Bertorelli Cisneros (36.44m y 4.34 lps)

Bomba KSB WK 1750 rpm 40/5

5 Etapas

Φ 150

Rendimiento 60%

NPSH 5.5 m

Bertorelli Cisneros

KSB WK 40/5 1750 RPM

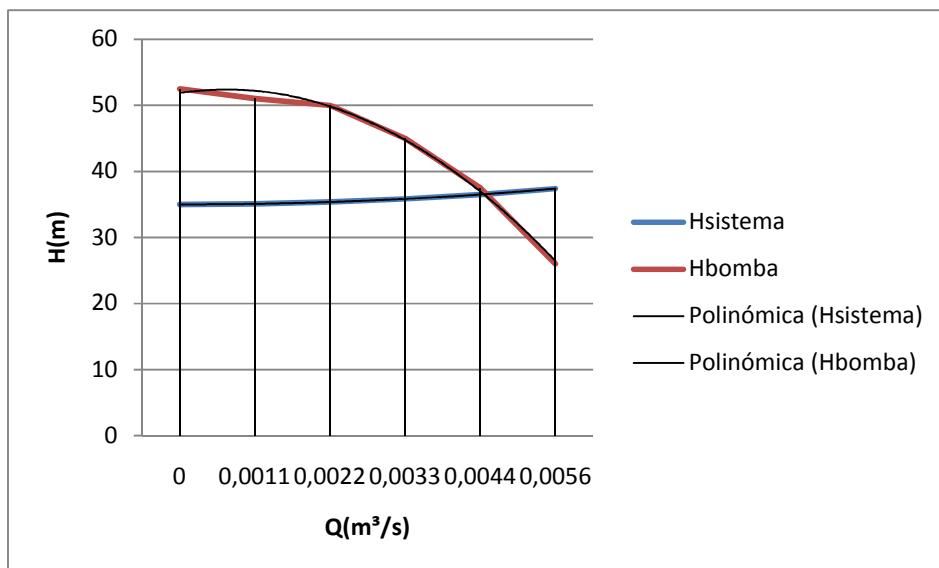
Punto de Trabajo

150mm

Caudal (m ³ /s)	Hsistema (m)	Hbomba (m)
0	35	52,5
0,0011	35,09244564	51
0,0022	35,36978255	50
0,0033	35,83201075	45
0,0044	36,47913022	37,5
0,0056	37,39594646	26

Punto de operación

Caudal 0,004 m³/s
H 3,6 m



Virgen del Valle (46.09m y 4.79 lps)

Bomba KSB WK 1750 rpm 40/7

7 Etapas

Φ 150

Rendimiento 60%

NSPH 5.0m

Virgen del Valle
Punto de Trabajo

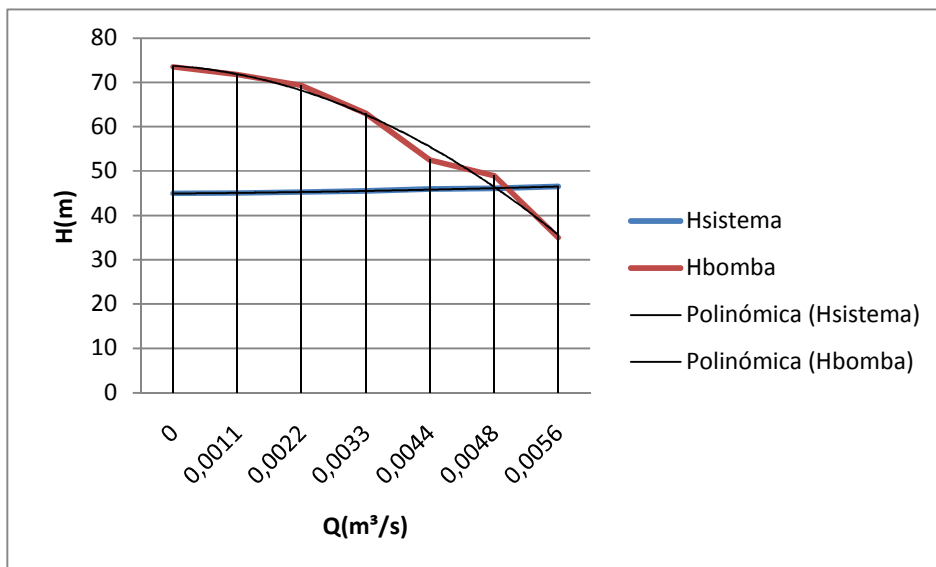
KSB WK 40/7 1750 RPM 150mm

Caudal (m ³ /s)	Hsistema (m)	Hbomba (m)
0	45	73,5
0,0011	45,05749592	71,75
0,0022	45,22998369	69,3
0,0033	45,51746329	63
0,0044	45,91993474	52,5
0,0048	46,09479837	49
0,0056	46,49014222	35

Punto de operación

Caudal 0,0052 m³/s

H 46,28 m



La Parrilla (55.17m y 1.31 lps)

Bomba KSB WKL 1750 rpm 32/9

9 Etapas

Φ 120

Rendimiento 56%

NSPH 6.8

La Parrilla

KSB WKL 40/9 1750 RPM

Punto de Trabajo

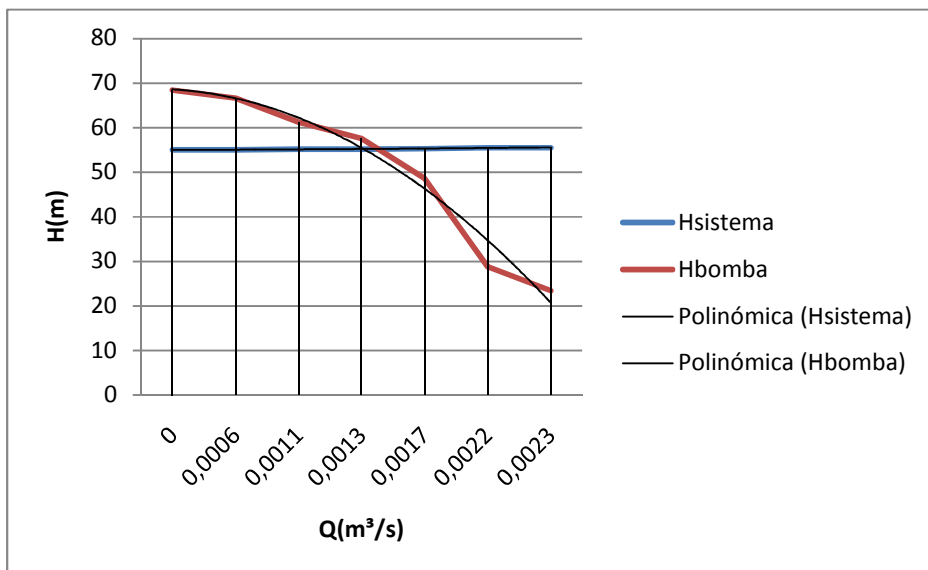
120mm

Caudal (m ³ /s)	Hsistema (m)	Hbomba (m)
0	55	68,4
0,0006	55,0362263	66,6
0,0011	55,1217605	61,2
0,0013	55,1700622	57,6
0,0017	55,2908165	48,6
0,0022	55,4870421	28,8
0,0023	55,5323249	23,4

Punto de operación

Caudal 0,0016 m³/s

H 55,25 m



Barrio Venezuela

Solo bombeo por gravedad

Las Lomitas (95.86m 7.62 lps)

Bomba KSB WK 1750 rpm 65/8

8 Etapas

Φ 185

Rendimiento 66%

NSPH 2.4m

Las Lomitas

KSB WK 65/8 1750 RPM

Punto de Trabajo

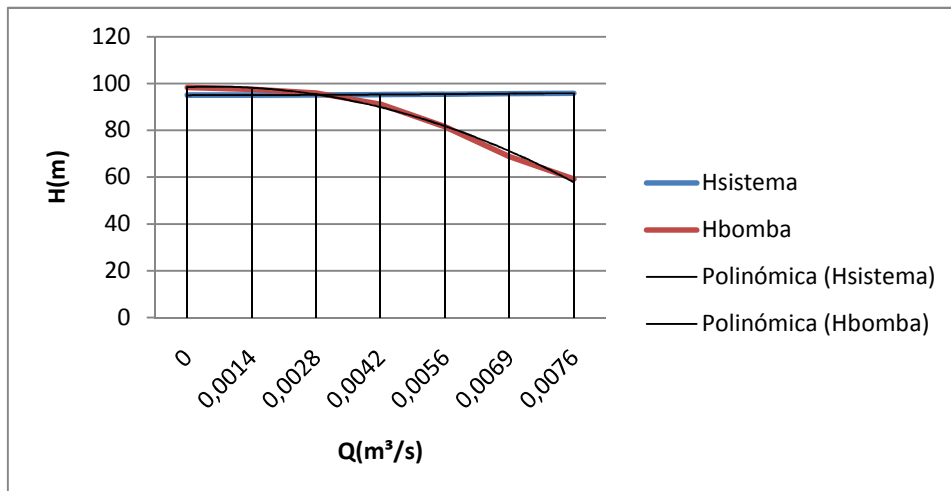
160mm

Caudal (m ³ /s)	Hsistema (m)	Hbomba (m)
0	95	98,4
0,0014	95,02909717	97,6
0,0028	95,11638868	96
0,0042	95,26187454	91,2
0,0056	95,46555474	81,6
0,0069	95,70679404	68,8
0,0076	95,85747582	59,2

Punto de operación

Caudal 0,0041 m³/s

H 95,24 m



Bombas de Pozo

Pozo Bertorelli

$Q=4\text{ lps}$

$L=3885\text{ m}$

$N_e=13.53\text{ m}$

$N_d=40\text{ m}$

$D= 4''$ (acero)

Tres codos de 90° y dos válvulas de compuerta de hierro fundido

$h_2 - h_1=(1180\text{ m}-1132\text{ m})=48\text{ m}$

Calculo de la carga dinámica total

$$H = Nd + h_2 - h_1 + h_f + h_{fc} + h_{fa}$$

Donde:

H =Altura total del sistema (m)

N_d = Nivel dinámico (m)

$h_2 - h_1$ =Desnivel Topográfico (m)

h_{fc} =Perdidas por fricción en la columna (m)

h_f = Perdidas por fricción en la tubería (m)

h_{fa} =Perdidas por fricción en accesorios (m)

$N_d=40\text{ m}$ y $h_2 - h_1=48\text{ m}$ son conocido, al valor del nivel dinámico se debe agregar el NPSHR, para el caso de bombas pequeñas de hasta 16 lps y 6" el valor es 2m, adicionalmente un factor de seguridad de 5 m para preveer una disminución del nivel dinámico

Para el cálculo de h_{fc} usando la tabla de perdidas por fricción que revela 0.5 m de pérdida por cada 100m de columna.

Donde:

Longitud de columna=48m de nivel dinámico+2m de sumergencia NPSHR+5m de abatimiento futuro=55m

$$h_{fc} = \frac{55 * 0.5}{100} = 0.275m$$

Para el cálculo de h_f se tomaron en cuenta todos los tramos de la tubería de Pead dando como resultado 5.7631m

Para los accesorios:

Tres codos 90° 4"= 3*3.3m=9.6m

Dos válvulas de compuerta 4"=2*0.7m=1.4m

Una válvula de retención 4"=6.7m

Leq=9.6+1.4+6.7=17.7m

$$h_{fa} = \frac{17.7 * 0.5}{100} = 0.085m$$

Finalmente

$$H = 40m + 48m + 0.275m + 5.7631m + 0.085m = 94.1231m$$

Y el caudal es 4 lps

La bomba sumergible tendrá las siguientes especificaciones

General Pump 4SX-14 4 etapas

Hp=0.5*12=6hp

Rendimiento 48%

Pozo Las Delicias

Q=10 lps

L=3885m

Ne=47m

Nd=54m

D= 6" (acero)

Tres codos de 90° y dos válvulas de compuerta de hierro fundido

$h_2 - h_1 = (1180\text{m} - 1102\text{m}) = 78\text{m}$

Calculo de la carga dinámica total

$$H = Nd + h_2 - h_1 + h_f + h_{fc} + h_{fa}$$

Donde:

H=Altura total del sistema (m)

Nd= Nivel dinámico (m)

$h_2 - h_1$ =Desnivel Topográfico (m)

h_{fc} =Perdidas por fricción en la columna (m)

h_f = Perdidas por fricción en la tubería (m)

h_{fa} =Perdidas por fricción en accesorios (m)

Nd=54m y $h_2 - h_1=78\text{m}$ son conocido, al valor del nivel dinámico se debe agregar el NPSHR, para el caso de bombas pequeñas de hasta 16 lps y 6" el valor es 4m, adicionalmente un factor de seguridad de 5 m para preveer una disminución del nivel dinámico

Para el cálculo de h_{fc} usando la tabla de perdidas por fricción que revela 5.5m de pérdida por cada 100m de columna.

Donde

Longitud de columna=54m de nivel dinámico+4m de sumergencia NPSHR+5m de abatimiento futuro=61m

$$h_{fc} = \frac{64 * 5.5}{100} = 3.52m$$

Para el cálculo de h_f se tomaron en cuenta todos los tramos de la tubería de Pead dando como resultado 5.7631m

Para los accesorios:

Tres codos 90° 6"= 3*4.8m=14.4m

Dos válvulas de compuerta 6"=2*1.0m=2.0m

Una válvula de retención 6"=10m

Leq=14.4+2+10=26.4m

$$h_{fa} = \frac{26.4 * 5.5}{100} = 1.452m$$

Finalmente

$$H = 54m + 78m + 3.52 + 5.7631m + 4.452 = 145.7351m$$

Y el caudal es 10 lps

La bomba sumergible tendrá las siguientes especificaciones

Franklin Pumps Systems Serie 4400 125FA-12 (30HP)

7 etapas

Rendimiento 60%

4.4.7 Potencia requerida por el equipo

Cálculos tipo

Potencia Hidráulica

$$P_h = \gamma QH$$

$$P_h = 9770 \frac{N}{m^3} * 0.00479 \frac{m^3}{s} * 76.82m = 3596.83w$$

Potencia en el árbol

$$P_m = \frac{\gamma QH}{\eta}$$

$$P = \frac{9770 \frac{N}{m^3} * 0.00479 \frac{m^3}{s} * 76.82m}{0.64} = 5620.05w$$

Potencia eléctrica

$$P_e = \frac{P_m}{\eta}$$

$$P_e = \frac{5620.05w}{0.85} = 6611.82w = 8.87hp$$

La Esperanza A	w		w		w	hp
Pot. Hidraulica	3596,83	Pot. en el árbol	5620,05	Pot. Motor	6611,82	8,87
Rendimiento	0,64	Eficiencia Elec	0,85			

La Esperanza B	w		w		w	hp
Potencia	3658,2473	Pot. en el árbol	5900,40	Pot. Motor	6941,65	9,31
Rendimiento	0,62	Eficiencia Elec	0,85			

Bertorelli Cisneros	w		w		w	hp
Potencia	2574,63959	Pot. en el árbol	4291,07	Pot. Motor	5048,31	6,77
Rendimiento	0,6	Eficiencia Elec	0,85			

Virgen del Valle	w		w		w	hp
Potencia	3597,19096	Pot. en el árbol	5995,32	Pot. Motor	7053,32	9,46
Rendimiento	0,6	Eficiencia Elec	0,85			

La Parrilla	w		w		w	hp
Potencia	1262,57038	Pot. en el árbol	2254,59	Pot. Motor	2652,46	3,56
Rendimiento	0,56	Eficiencia Elec	0,85			

Las Lomitas	w		w		w	hp
Potencia	10817,0054	Pot. en el árbol	16389,40	Pot. Motor	19281,65	25,86
Rendimiento	0,66	Eficiencia Elec	0,85			

4.4.8 Calculo de la cavitación

$$NPSH_{disponible} = H_s + \frac{P_{at}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - Z_s - h_f (\text{bombeo}) \quad (3.50)$$

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica (Pa)	
m	ft	m	Pa
0	0	10.33	14.69
250	820	10.03	14.26
500	1640	9.73	13.83
750	2460	9.43	13.41
1000	3280	9.13	12.98
1250	4101	8.83	12.55
1500	4921	8.53	12.13
1750	5741	8.25	11.73
2000	6561	8.00	11.38
2250	7381	7.75	11.02
2500	8202	7.57	10.68
2750	9022	7.38	10.35
3000	9842	7.05	10.02
3250	10662	6.83	9.71
3500	11483	6.62	9.42
3750	12303	6.41	9.12
4000	13123	6.20	8.82
4250	13943	5.98	8.52
4500	14764	5.78	8.22

Tabla14- Disminución de la presión atmosférica
Tuberías a Presión
Manuel Vicente Méndez 1.5

$$NPSH_{disponible} = 8.83m - 0.33m - 0.30m = 8.2m$$

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

$$8.2m > 3m$$

Lo cual significa que la altura de colocación de la bomba puede ser de hasta 5.2 m por encima del nivel del agua (se debe tomar en cuenta las perdidas en la tubería para dicha colocación)

La Esperanza A	m
NPSH	8,1986
P vapor	0,33
Hs	0
Pat	8,83
Zs	0
hf	0,3014

La Esperanza B	m
NPSH	8,3392
P vapor	0,33
Hs	0
Pat	8,83
Zs	0
hf	0,1608

Bertorelli Cisneros	m
NPSH	8,2522
P vapor	0,33
Hs	0
Pat	8,83
Zs	0
hf	0,2478

Virgen del Valle	m
NPSH	8,1986
P vapor	0,33
Hs	0
Pat	8,83
Zs	0
hf	0,3014

La Parrilla	m
NPSH	8,3284
P vapor	0,33
Hs	0
Pat	8,83
Zs	0
hf	0,1716

Las Lomitas	m
NPSH	8,4104
P vapor	0,33
Hs	0
Pat	8,83
Zs	0
hf	0,0896

4.5 Estado Transitorio

4.5.1 Calculo del golpe de ariete

4.5.1.1 Calculo de la celeridad de la onda

$$C_T = \sqrt{\frac{\frac{E}{\rho}}{1 + \frac{ED}{E_{ce}}}} \quad (3.36)$$

Calculo tipo:

$$C_T = \sqrt{\frac{\frac{22720 \frac{Kgf}{cm^3}}{0.000001017 \frac{Kgf * s^2}{cm^4}}}{1 + \frac{22720 \frac{Kgf}{cm^3} * 9.525cm}{2100000 \frac{Kgf}{cm^2} * 0.3175cm}} = 1298.69 \frac{m}{s}}$$

La Esperanza A

E	22720	Kgf/cm ³
ρ	0,000001017	kgf*s ² /cm ⁴
Ec	2100000	kgf/cm ²
D	9,525	cm
e	0,3175	cm
Ct	129869,15	cm/s
	1298,69	m/s

La Esperanza B

E	22720	Kgf/cm ³
ρ	0,000001017	kgf*s ² /cm ⁴
Ec	2100000	kgf/cm ²
D	9,525	cm
e	0,125	cm
Ct	110657,87	cm/s
	1106,58	m/s

Bertorelli Cisneros

E	22720	Kgf/cm ³
ρ	0,000001017	kgf*s ² /cm ⁴
Ec	2100000	kgf/cm ²
D	9,525	cm
e	0,125	cm
Ct	110657,87	cm/s
	1106,58	m/s

Virgen del Valle

E	22720	Kgf/cm ³
ρ	0,000001017	kgf*s ² /cm ⁴
Ec	2100000	kgf/cm ²
D	9,525	cm
e	0,125	cm
Ct	110657,87	cm/s
	1106,58	m/s

La Parrilla

E	22720	Kgf/cm ³
ρ	0,000001017	kgf*s ² /cm ⁴
Ec	2100000	kgf/cm ²
D	9,525	cm
e	0,125	cm
Ct	110657,87	cm/s
	1106,58	m/s

Las
Lomitas

E	22720	Kgf/cm ³
ρ	0,000001017	kgf*s ² /cm ⁴
Ec	2100000	kgf/cm ²
D	14,28496	cm
e	0,188	cm
Ct	110728,86	cm/s
	1107,29	m/s

La Esperanza - Las Lomitas

E	22720	Kgf/cm ³
ρ	0,000001017	kgf*s ² /cm ⁴
Ec	2000	kgf/cm ²
D	18,9738	cm
e	0,265	cm
Ct	5237,61	cm/s
	52,38	m/s

4.5.1.2 Calculo del periodo del ciclo

$$T_c = 1 + \frac{K_T L C}{g H_m} (s) \quad (3.41)$$

Calculo tipo:

$$T_c = 1 + \frac{2 * 14.04m * 0.67 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2} * 76.82m} = 1.27(s)$$

La Esperanza A

Kt	2	
L	149,04	m
C	0,67	m/s
g	9,81	m/s ²
Hm	76,82	m
Tc	1,27	s

La Esperanza B

Kt	2	
L	200	m
C	0,49	m/s
g	9,81	m/s ²
Hm	66,4514	m
Tc	1,30	s

Bertorelli Cisneros

Kt	2	
L	120	m
C	0,61	m/s
g	9,81	m/s ²
Hm	36,4442	m
Tc	1,41	s

Virgen del Valle

Kt	2	
L	65	m
C	0,67	m/s
g	9,81	m/s ²
Hm	46,0946	m
Tc	1,19	s

La Parrilla

Kt	2	
L	160	m
C	0,18	m/s
g	9,81	m/s ²
Hm	55,1734	m
Tc	1,11	s

Las
Lomitas

Kt	2	
L	220	m
C	0,79	m/s
g	9,81	m/s ²
Hm	95,8618	m
Tc	1,37	s

La Esperanza - Las
Lomitas

Kt	2	
L	160	m
C	0,51	m/s
g	9,81	m/s ²
Hm	40,0000	m
Tc	1,42	s

4.5.1.3 Calculo de la longitud en la impulsión para que el golpe sea directo contra la válvula de cheque

$$L = \frac{C_T T_c}{2} (m) \quad (3.42)$$

$$L = \frac{1298.69 \frac{m}{s} * 1.27(s)}{2} = 822.10 (m)$$

La Esperanza A

L	822,10	m
Pc	16,14	m

La Esperanza B

L	719,66	m
Pc	15,36	m

Bertorelli Cisneros

L	779,63	m
Pc	10,58	m

Virgen del Valle

L	660,27	m
Pc	7,47	m

La Parrilla

L	613,46	m
Pc	5,41	m

Las
Lomitas

L	757,32	m
Pc	25,78	m

La Esperanza - Las
Lomitas

LGA	37,11	m
Pc	11,77	m

N-N	Ct (m/s)	L (m)	C (m/s)	Tc (s)	LGA (m)	Pc (m)
I-IA	52,38	350,00	0,17	1,30	34,12	0,91
IA-IB	52,38	100,00	0,13	1,06	27,89	0,68
IB-IC	52,38	250,00	0,10	1,12	29,41	0,52
IC-PB	52,38	180,00	0,06	1,05	27,59	0,31
PB-PD	52,38	800,00	0,20	1,82	47,54	1,07
PD-ID	52,38	1000,00	0,55	3,82	100,10	2,96
ID-IE	52,38	160,00	0,51	1,42	37,11	2,73
IE-IF	52,38	40,00	0,51	1,10	28,92	2,73
IF-IG	52,38	200,00	0,50	1,51	39,53	2,67
IG-IG1	52,38	130,00	0,48	1,32	34,50	2,56
IG1-IH	52,38	85,00	0,42	1,18	30,95	2,24
IH-IH1	52,38	60,00	0,35	1,11	29,01	1,88
IH1-F	52,38	500,00	0,33	1,84	48,15	1,76
Caso Limite	52,38	3855,00	0,55	11,88	311,14	2,96

4.5.1.4 Comparación de la longitud calculada con la longitud real del conducto

Si $L < L_{conducto}$, la impulsión es larga, el golpe es directo contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Allievi.

Si $L > L_{conducto}$, la impulsión es corta, el golpe es indirecto contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Michaud.

4.5.1.5 Cálculo de la presión crítica

Fórmula de Allievi

$$p_c = \frac{c_T C}{g} \quad (3.43)$$

Fórmula de Michaud

$$p_c = \frac{2LC}{gT_c} \quad (3.44)$$

Calculo tipo:

$$p_c = \frac{2 * 125m * 0.67 \frac{m}{s}}{9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right) * 1.27(s)} = 16.14m$$

4.5.1.6 Cálculo de la presión máxima de colapso que se va a producir en el instante en que ocurra el golpe de ariete

Pmáx. sobrepresión = Pc + Ppunto crítico del sistema

Calculo tipo:

$$P_{máx. sobrepresión} = 76.82m + 16.14m = 92.96m$$

Donde el valor del *Punto crítico del sistema* normalmente coincide con la presión en la estación de bombeo (m).

4.6 Colapso por aplastamiento

4.6.1 Calculo del aplastamiento de los conductos enterrados

En condiciones de instalación la tubería debe tener la posibilidad de deformarse más de un 5% sin fracturarse. Este criterio viene dado por dos factores fundamentales: cargas permanentes y cargas variables debido al tráfico.

4.6.1.1 Calculo del coeficiente Cg

Se calcula el valor del coeficiente Cg de Marston, de acuerdo al tipo de terreno, Los terrenos de la zona son considerados suelos saturados.

La profundidad de la zanja es 1m y el ancho de la zanja depende del diámetro de la tubería según

$$B = \text{Diametro del conducto} + 0.60m$$

$$B = 0.2032m + 0.60m = 0.8032m$$

$$\text{Luego } C_g = 1.21$$

4.6.1.2 Calculo de la carga del terreno

Se calcula la carga qr del terreno sobre un anillo del conducto de un centímetro de largo:

$$qr = C_g \gamma B D_e \quad (3.58)$$

$$\begin{aligned} qr &= 1.21 * 1900 \frac{kgf}{m^3} * 0.8023m * 0.2191m = 404.1273 \frac{kgf}{m} \\ &= 4.0413 \frac{kgf}{cm} \end{aligned}$$

Si realizamos el cálculo unitario para 1cm tenemos 4.0413 kg por cada centímetro de tubería.

4.6.1.3 Calculo de la carga del tráfico vial

Se calcula la carga qt debida al tráfico vial

$$qt = 1.5 P B_m \left(\frac{Kg}{cm} \right) \quad (3.59)$$

$$qt = 1.5 * 0.4774 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) * \frac{21.91cm}{2} = 7.8449 \left(\frac{Kg}{cm} \right)$$

Si realizamos el cálculo unitario para 1cm tenemos 7.8449 kg por cada centímetro de tubería.

$$P_t = \frac{nT}{2\pi H^2} \quad (3.60)$$

$$P_t = \frac{3 * 10000Kg}{2\pi(1m)^2} = 4774.6483 \left(\frac{Kg}{m^2} \right) = 0.4774 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$$

4.6.1.4 Calculo de la carga total

Se calcula la carga total q sobre un anillo del conducto de un cm de largo:

$$q = q_r + q_t \text{ (kgf)} \quad (3.61)$$

$$q = 4.0413 \text{ kg} + 7.8449 \text{ kg} = 11.8862 \text{ kg}$$

4.6.1.5 Calculo de la tensión por compresión de la pared

Se calcula la tensión por compresión de la pared:

$$\sigma_t = \frac{q}{2e} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \quad (3.62)$$

$$\sigma_t = \frac{11.8862 \frac{kg}{cm}}{2 * 0.6730cm} = 8.8308 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

4.6.1.6 Calculo de diámetro medio

Se calcula el diámetro medio del tubo:

$$D_m = D_e - e \text{ (cm)} \quad (3.62)$$

$$D_m = 21.91cm - 0.6730cm = 21.2370(cm)$$

4.6.1.7 Calculo de la deformación obtenida

Se determina la deformación obtenida:

$$\delta = \frac{1.3 * (0.10) q (r^3)}{E \left(\frac{e}{12} \right) + 3 \frac{kgf}{cm^2} (r)^3} \quad (3.62)$$

Donde 0.13 es un factor asociado con el tiempo y que relaciona la deflexión a largo plazo con la deflexión en ensayos de corta duración, 0.10 es un coeficiente que depende del tipo de apoyo de la tubería el lecho de la zanja, 3 es un modulo asociado a la reacción del suelo.

$$\delta = \left(\frac{1.3 * (0.10) * 11.8862 \left(\frac{kg}{cm} \right) * (10.955cm)^3}{2000 \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \left(\frac{0.673cm}{12} \right) + 3 \frac{kgf}{cm^2} (10.955cm)^3} \right) = 0.5008cm$$

4.6.1.8 Calculo de la máxima deformación admisible

Se determina la máxima deformación admisible:

$$\delta_{\text{máx}} = 0,05 D_m \text{ (cm)} \quad (3.62)$$

$$\delta_{\text{máx}} = 0,05 * 21.91\text{cm} = 1.0955(\text{cm})$$

Se verifica si el valor de la deformación admisible es aceptable, en cuyo caso se deberá cumplir que:

$$\delta < \delta_{\text{máx}}$$

$$0.5008\text{cm} < 1.0955\text{cm}$$

De esta manera podemos concluir que la tubería PEAD 100 8" SDR 32,5 0.265 pulgadas de espesor cumple los requerimientos producto de carga permanente y variable.

4.7 Corrida Hidráulica utilizando Water Gems

Se realizaron las corridas hidráulicas de todas las redes, para ello se ejecuto la introducción de la información de las tuberías (longitud, diámetro, rugosidad, localización y altura entre puntos), accesorios, equipos de bombeo (curva característica), tanques y las características de la demanda.

De los resultados fijamos nuestra atención a los valores de presión y demanda a las 12:00 am (menor demanda) y 07:00 am (mayor demanda). Verificando que las presiones se encuentran en los niveles permisibles.

La Esperanza A

		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (mH2O)	Demanda (l/s)	Presión (mH2O)
A1	1.135,00	0,01	34,941	0,06	34,398
A2	1.135,00	0,01	34,955	0,06	34,596
A3	1.140,00	0,01	29,977	0,06	29,92
A4	1.150,00	0,02	54,704	0,11	53,64
A5	1.162,00	0,01	42,715	0,06	41,483
A6	1.165,00	0,02	39,705	0,11	38,179
A7	1.157,00	0,02	47,612	0,11	44,895
A8	1.167,00	0,01	37,571	0,06	33,557
A9	1.183,00	0,01	21,558	0,06	16,944
A10	1.172,00	0,01	32,711	0,06	30,967
A11	1.180,00	0,02	24,658	0,09	21,556
A12	1.160,00	0,03	44,777	0,15	44,43
A13	1.165,00	0,02	39,851	0,09	40,379
A14	1.175,00	0,01	29,976	0,06	31,953
A15	1.185,00	0,01	20,059	0,06	22,905
A16	1.166,00	0,01	38,848	0,06	39,295
A17	1.180,00	0,04	24,862	0,20	25,077
A18	1.177,00	0,01	27,823	0,06	27,344
A19	1.182,00	0,02	22,831	0,09	22,342
A20	1.165,00	0,02	39,767	0,11	39,061
A21	1.162,00	0,01	42,737	0,06	41,658
A22	1.140,00	0,01	41,945	0,06	41,737
A23	1.140,00	0,01	41,893	0,06	40,069
A24	1.135,00	0,01	46,862	0,06	44,762
A25	1.140,00	0,02	29,879	0,09	27,897
A26	1.135,00	0,02	34,912	0,09	33,71
A27	1.135,00	0,02	34,772	0,09	30,837

La Esperanza

B

		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)
B1	1.130,00	0,048	44,369	0,222	29,309
B2	1.130,00	0,016	44,867	0,074	42,674
B3	1.140,00	0,02	59,771	0,093	59,878
B4	1.135,00	0,008	64,572	0,037	61,074
B5	1.140,00	0,036	59,558	0,167	55,593
B6	1.132,00	0,016	42,919	0,074	38,305
B7	1.145,00	0,016	29,742	0,074	11,945
B8	1.150,00	0,008	49,554	0,037	45,108
B9	1.150,00	0,008	49,528	0,037	44,335
B10	1.150,00	0,012	49,549	0,056	44,977
B11	1.151,00	0,012	48,374	0,056	29,855
B12	1.153,00	0,012	46,362	0,056	27,065
B14	1.160,00	0,02	39,568	0,093	34,946
B15	1.160,00	0,012	39,466	0,056	29,875
B16	1.173,00	0,016	26,591	0,074	21,894
B17	1.180,00	0,012	19,504	0,056	9,856
B18	1.180,00	0,012	19,526	0,056	10,935
B19	1.160,00	0,024	39,978	0,111	43,355
B20	1.167,00	0	33,032	0	37,177
B21	1.176,00	0,008	24,003	0,037	26,796
B22	1.180,00	0,004	20,035	0,019	24,098
B23	1.140,00	0	34,836	0	29,232
B24	1.140,00	0,028	34,692	0,13	19,535

Bertorelli Cisneros

		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)
C1	1.108,00	0,01	27,711	0,01	27,711
C2	1.114,00	0	21,865	0	21,865
C3	1.107,00	0,03	28,927	0,03	28,927
C4	1.113,00	0,01	49,761	0,01	54,637
C5	1.119,00	0,01	45,385	0,01	50,261
C6	1.116,00	0,12	43,451	0,12	48,327
C7	1.113,00	0,11	44,343	0,11	49,219
C8	1.116,00	0,01	41,251	0,01	46,127
C9	1.107,00	0	55,638	0	60,514
C10	1.113,00	0,01	49,473	0,01	54,349
C11	1.126,00	0,02	36,207	0,02	41,083
C12	1.128,00	0,01	34,163	0,01	39,039
C13	1.137,00	0,04	24,836	0,04	29,712
C14	1.133,00	0,03	25,442	0,03	30,318
C15	1.145,00	0,06	10,5	0,06	15,376
C16	1.118,00	0,08	38,611	0,08	43,487
C17	1.114,00	0,09	39,513	0,09	44,389
C18	1.119,00	0,13	32,968	0,13	37,844
C19	1.118,00	0,02	27,992	0,02	32,868
C20	1.118,00	0,05	25,494	0,05	30,37
C21	1.122,00	0,02	33,93	0,02	38,806
C22	1.138,00	0	14,607	0	19,483
C23	1.140,00	0,04	11,451	0,04	16,327
C24	1.144,00	0,1	6,822	0,1	11,698
C25	1.128,00	0,03	27,615	0,03	32,491
C26	1.112,00	0,05	28,036	0,05	32,912

Virgen del Valle Parte Baja

		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)
D1	1.148,00	0,008	16,637	0,037	11,174
D2	1.149,00	0,04	15,617	0,185	9,737
D3	1.140,00	0,032	24,533	0,148	17,38
D4	1.131,00	0,036	33,505	0,167	25,824
D5	1.131,00	0,008	33,475	0,037	24,933
D6	1.123,00	0,004	41,483	0,019	33,781
D7	1.134,00	0,052	30,446	0,241	21,849
D8	1.117,00	0,028	29,999	0,13	29,973
D9	1.111,00	0,008	35,908	0,037	33,308
D10	1.107,00	0,016	39,865	0,074	35,009
D11	1.110,00	0,02	36,85	0,093	29,695
D12	1.154,00	0,024	10,861	0,111	9,527
D13	1.155,00	0,032	9,984	0,148	11,011
D14	1.149,00	0,012	15,764	0,056	10,154
D15	1.150,00	0,024	14,61	0,111	8,486

Virgen del Valle Parte Alta

		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)
E1	1.162,00	0,004	27,816	0,019	26,717
E2	1.159,00	0,008	30,843	0,037	29,863
E3	1.171,00	0,016	18,976	0,074	20,074
E4	1.179,00	0,008	11,062	0,037	13,509
E5	1.162,00	0,008	27,776	0,037	25,407
E6	1.165,00	0,032	24,769	0,148	21,445
E7	1.159,00	0,004	30,764	0,019	28,079
E8	1.167,00	0,012	22,726	0,056	15,701
E9	1.172,00	0,008	17,727	0,037	10,448
E10	1.160,00	0,004	29,763	0,019	26,961
E11	1.171,00	0,02	18,74	0,093	12,703
E12	1.171,00	0,012	18,724	0,056	11,941

La Parrilla

		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)
F1	1.145,00	0,024	46,393	0,111	18,735
F2	1.144,00	0,008	47,774	0,037	44,946
F3	1.153,00	0,004	38,907	0,019	38,285
F4	1.144,00	0,064	47,684	0,296	43,128
F5	1.148,00	0,004	43,689	0,019	39,071
F6	1.167,00	0,02	24,722	0,093	19,949
F7	1.177,00	0,008	14,711	0,037	9,039

Barrio
Venezuela

		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)	Demanda (l/s)	Presión (m H2O)
G1	1.147,00	0	23,053	0	27,925
G2	1.138,00	0,024	31,833	0,111	32,821
G3	1.130,00	0,076	39,259	0,351	29,282
G4	1.116,00	0,096	19,973	0,444	19,45
G5	1.107,00	0,036	28,774	0,167	17,655
G5.1	1.107,00	0,08	24,857	0,37	21,672
G6	1.105,00	0,036	26,803	0,167	23,263
G7	1.105,00	0,02	26,792	0,093	23,014
G8	1.095,00	0,088	36,548	0,407	28,422
G9	1.086,00	0,001	45,519	0,006	37,352
G10	1.097,00	0,088	34,373	0,407	22,589
G11	1.112,00	0,088	19,993	0,407	19,86
G12	1.109,00	0,012	22,896	0,056	20,993
G13	1.118,00	0,032	46,448	0,148	40,396
G14	1.115,00	0,068	49,845	0,314	51,101
G15	1.128,00	0,044	36,91	0,204	39,586
G16	1.150,00	0,096	15,062	0,444	19,816

Las Lomitas					
		12:00 a.m.		07:00 a.m.	
	Alt(m)	Demanda (l/s)	Presión (mH2O)	Demanda (l/s)	Presión (mH2O)
H1	1.149,00	0,08	48,824	0,39	6,974
H2	1.147,00	0,04	50,939	0,19	11,699
H3	1.147,00	0,17	51,224	0,78	17,463
H4	1.154,00	0,02	44,187	0,07	7,108
H5	1.149,00	0,04	49,842	0,2	28,087
H6	1.164,00	0,03	35,528	0,15	26,686
H7	1.164,00	0,02	35,837	0,07	33,077
H8	1.179,00	0,06	46,996	0,26	28,856
H9	1.193,00	0,01	33,399	0,04	22,69
H10	1.191,00	0,03	35,614	0,15	29,234
H11	1.222,00	0,04	28,039	0,17	29,947
H12	1.218,00	0,03	31,273	0,15	18,377
H13	1.196,00	0,04	31,822	0,17	29,286
H14	1.186,00	0,02	41,558	0,07	34,345
H15	1.186,00	0,04	40,71	0,17	16,995
H16	1.181,00	0,03	45,662	0,13	19,41
H17	1.181,00	0,03	46,524	0,13	38,856
H18	1.169,00	0,02	30,575	0,09	5,868
H19	1.147,00	0,04	51,498	0,17	23,099
H19.1	1.147,00	0	12,418	0	4,555
H20	1.138,00	0,04	21,142	0,19	2,059
H21	1.130,00	0,08	29,022	0,35	14,198
H22	1.114,00	0,04	44,971	0,2	29,185
H23	1.150,00	0,03	10,045	0,15	14,27
H24	1.142,00	0,02	17,943	0,09	15,219
H25	1.115,00	0,05	43,217	0,24	9,103

4.8 Calculo de válvulas reguladoras de presión

La Esperanza A

La válvula APRV1 ubicada entre los nodos A21 y A22

12:00am

$$Q = 0.04 \text{ lps} = 0.63 \text{ GPM}$$

$$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$$

$$p_1 = 42.737 \text{ m} = 60.73 \text{ psi}$$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{0.63}{\sqrt{(60.73 - 28.42)}} \right) = 0.1663$$

07:00am

$$Q = 0.17 \text{ lps} = 2.69 \text{ GPM}$$

$$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$$

$$p_1 = 41.651 \text{ m} = 59.18 \text{ psi}$$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{2.69}{\sqrt{(59.18 - 28.42)}} \right) = 0.7275$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/8" Reguladora ANSI 150PSI

La válvula APRV2 ubicada entre los nodos A4 y A3

12:00am

$$Q = 0.06 \text{ lps} = 0.95 \text{ GPM}$$

$$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$$

$$p_1 = 54.70 \text{ m} = 77.72 \text{ psi}$$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{0.95}{\sqrt{(77.72 - 28.42)}} \right) = 0.2030$$

07:00am

$$Q = 0.28 \text{ lps} = 4.43 \text{ GPM}$$

$$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$$

$$p_1 = 53.637 \text{ m} = 76.21 \text{ psi}$$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{4.43}{\sqrt{(76.21 - 28.42)}} \right) = 0.9612$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/8" Reguladora ANSI 150PSI

Tuberías A23-A24; A26-A27

Válvula de compuerta 3/4" 150psi

Tuberías A13-A16; A12-A20; A4-A5; A4-A3

Válvula de compuerta 1 1/2" 150psi

Tuberías A13-A12

Válvula de compuerta 2" 150psi

La Esperanza B

La válvula BPRV1 ubicada entre los nodos B3 Y 2

12:00am

Q = 0.18 lps=2.85 GPM

$p_2 = 35 \text{ m} = 49.73 \text{ psi}$

$p_1 = 59.76 \text{ m} = 84.91 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{2.85}{\sqrt{(84.91 - 49.73)}} \right) = 0.62$$

07:00am

Q=0.426 lps= 6.75 GPM

$p_2 = 35 \text{ m} = 49.73 \text{ psi}$

$p_1 = 59.83 \text{ m} = 85.01 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{6.75}{\sqrt{(85.01 - 49.73)}} \right) = 1.70$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/8" Reguladora ANSI 150PSI

La válvula BPRV2 ubicada entre los nodos B5 Y B6

12:00am

$Q = 0.032 \text{ lps} = 0.50 \text{ GPM}$

$p_2 = 35 \text{ m} = 49.73 \text{ psi}$

$p_1 = 59.55 \text{ m} = 84.62 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{0.50}{\sqrt{(84.62 - 49.73)}} \right) = 0.11$$

07:00am

$Q = 0.148 \text{ lps} = 2.34 \text{ GPM}$

$p_2 = 35 \text{ m} = 49.73 \text{ psi}$

$p_1 = 53.637 \text{ m} = 76.21 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{2.34}{\sqrt{(76.21 - 49.73)}} \right) = 0.6821$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/8" Reguladora ANSI 150PSI

Tuberías B5-B6

Válvula de compuerta 1" 150psi

Tuberías B3-B2

Válvula de compuerta 1 1/2" 150psi

Tuberías B3-B4; B5-B8

Válvula de compuerta 2" 150psi

Bertorlli Cisneros

La válvula CPRV1 ubicada entre los nodos C9 Y C3

12:00am

Q = 0.04 lps=0.63 GPM

$p_2 = 30 \text{ m} = 42.63 \text{ psi}$

$p_1 = 55.59 \text{ m} = 78.99 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{0.63}{\sqrt{(78.99 - 42.63)}} \right) = 0.1567$$

07:00am

Q=0.04 lps= 0.63 GPM

$p_2 = 30 \text{ m} = 42.63 \text{ psi}$

$p_1 = 60.47 \text{ m} = 85.92 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{0.63}{\sqrt{(85.92 - 42.63)}} \right) = 0.1436$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/8" Reguladora ANSI 150PSI

Tuberías C9-C3

Válvula de compuerta 3/4" 150psi

Tuberías C9-C10; C16-C17

Válvula de compuerta 1 1/2" 150psi

Tuberías C4-C6

Válvula de compuerta 2" 150psi

Virgen del Valle

La válvula DPRV1 ubicada entre los nodos D7 y D8

12:00am

$Q = 0.072 \text{ lps} = 1.14 \text{ GPM}$

$p_2 = 30 \text{ m} = 42.63 \text{ psi}$

$p_1 = 47.34 \text{ m} = 67.27 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{1.14}{\sqrt{(67.27 - 42.63)}} \right) = 0.34$$

07:00am

$Q = 0.33 \text{ lps} = 5.23 \text{ GPM}$

$p_2 = 30 \text{ m} = 42.63 \text{ psi}$

$p_1 = 36.736 \text{ m} = 52.19 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{2.69}{\sqrt{(59.18 - 28.42)}} \right) = 0.7275$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/8" Reguladora ANSI 150PSI

Tuberías D12-D14; D9-D10; D4-D5

Válvula de compuerta 3/4" 150psi

Tuberías E5-E6; E10-E11

Válvula de compuerta 1" 150psi

Tuberías D3-D7; E3-E2

Válvula de compuerta 1 1/2" 150psi

Tuberías D2-D3

Válvula de compuerta 2" 150psi

La Parrilla

Tuberías F1-F4

Válvula de compuerta ¾" 150psi

Tuberías F5-F4

Válvula de compuerta 1 1/2" 150psi

Barrio Venezuela

La válvula GPRV1 ubicada entre los nodos G13 Y G11

12:00am

Q = 0.41 lps=6.49 GPM

$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$

$p_1 = 52.131 \text{ m} = 74.07 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{6.49}{\sqrt{(74.07 - 28.42)}} \right) = 1.44$$

07:00am

Q=1.91 lps= 30.27 GPM

$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$

$p_1 = 40.07 \text{ m} = 56.94 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{30.27}{\sqrt{(56.94 - 28.42)}} \right) = 8.5$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/4" Reguladora ANSI 150PSI

La válvula GPRV2 ubicada entre los nodos G3 y G4

12:00am

Q = 0.132 lps=2.09 GPM

$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$

$p_1 = 52.99 \text{ m} = 75.30 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{2.09}{\sqrt{(75.30 - 28.42)}} \right) = 0.4579$$

07:00am

Q=0.611 lps= 9.68 GPM

$p_2 = 20 \text{ m} = 28.42 \text{ psi}$

$p_1 = 38.54 \text{ m} = 54.76 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{9.68}{\sqrt{(54.76 - 28.42)}} \right) = 2.82$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 3/8" Reguladora ANSI 150PSI

Tuberías G8-G9

Válvula de compuerta 3/4" 150psi

Tuberías G4-G5

Válvula de compuerta 1" 150psi

Tuberías G1-G2; G11-G5.1; G6-G7; G6-G8; G8-G10

Válvula de compuerta 1 1/2" 150psi

Tuberías G16-G15

Válvula de compuerta 2" 150psi

Las Lomitas

La válvula HPRV1 ubicada entre los nodos H11 y H10

12:00am

Q = 0.55 lps=8.71 GPM

$p_2 = 5 \text{ m} = 7.10 \text{ psi}$

$p_1 = 28.03 \text{ m} = 39.83 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{8.71}{\sqrt{(39.83 - 7.10)}} \right) = 2.283$$

07:00am

Q=2.55 lps= 40.41 GPM

$p_2 = 5 \text{ m} = 7.10 \text{ psi}$

$p_1 = 29.84 \text{ m} = 42.40 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{40.41}{\sqrt{(42.40 - 7.10)}} \right) = 10.20$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 1" Reguladora ANSI 150PSI

La válvula HPRV2 ubicada entre los nodos H8 y H7

12:00am

Q = 0.45 lps=6.81 GPM

$p_2 = 25 \text{ m} = 35.53 \text{ psi}$

$p_1 = 50.93 \text{ m} = 72.37 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{6.81}{\sqrt{(72.37 - 35.53)}} \right) = 1.68$$

07:00am

Q=2.1 lps= 33.28 GPM

$p_2 = 25 \text{ m} = 35.53 \text{ psi}$

$p_1 = 31.81 \text{ m} = 45.28 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{33.28}{\sqrt{(45.28 - 35.53)}} \right) = 15.98$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 1 1/4" Reguladora ANSI 150PSI

La válvula HPRV3 ubicada entre los nodos H12 y H13

12:00am

$Q = 0.14 \text{ lps} = 2.21 \text{ GPM}$

$p_2 = 10 \text{ m} = 14.21 \text{ psi}$

$p_1 = 31.27 \text{ m} = 44.43 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{2.21}{\sqrt{(44.43 - 14.21)}} \right) = 0.6030$$

07:00am

$Q = 0.66 \text{ lps} = 10.46 \text{ GPM}$

$p_2 = 10 \text{ m} = 14.21 \text{ psi}$

$p_1 = 18.34 \text{ m} = 26.06 \text{ psi}$

$$C_v = 1.5 * \left(\frac{10.46}{\sqrt{(26.06 - 14.21)}} \right) = 4.55$$

La válvula no tiene problemas de cavitación

Válvula CLAVAL 1/2" Reguladora ANSI 150PSI

Tuberías H23-H24

Válvula de compuerta 3/4" 150psi

Tuberías H19.1-H20; H21-H22; H23-H25

Válvula de compuerta 1" 150psi

Tuberías H11-H12

Válvula de compuerta 1 1/2" 150psi

Tuberías H11-H10; H7-H18; H19-H3

Válvula de compuerta 2" 150psi

CONCLUSIONES

- Se presenta la optimización del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector carretera vieja Los Teques – Las Adjuntas del Estado Miranda.
- Se presenta la topografía de los sectores La Esperanza A y B, Bertorelli Cisneros, Virgen del Valle, La Parrilla, Barrio Venezuela, Las Lomitas.
- Debido a que la topografía de los sectores es irregular existirán puntos con una presión elevada pero permisible necesaria para garantizar los valores mínimos por norma en otros puntos.
- El estudio del censo evidencia una distribución irregular de la demanda lo cual exige que la ubicación del tanque de suministro se encuentre lo más cerca posible de la zona de mayor demanda.
- La relación entre el número de habitantes, el tipo de consumo y la demanda horaria permite determinar la demanda total del sistema.
- La selección de diámetros de tubería no solo depende de las velocidades de flujo y presiones sino también de los diámetros disponibles en el mercado.
- La selección del material de la tubería depende de las presiones permisibles y del terreno donde se realizara la instalación.
- Para mejorar los diseños de abastecimiento de agua, se debe contar con información aproximada del consumo de los sectores, esto es imposible en los casos de la Carretera Vieja donde el sistema es casi totalmente informal.
- Debido a que el caudal disponible en los pozos es inferior a las necesidades del lugar se hace imprescindible la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua.
- Los bajos valores de celeridad en el sistema garantizan disminuir las pérdidas en tubería, sin embargo aumentan el riesgo de sedimentación.

- Las presiones críticas se determinaron preliminarmente realizando un estudio de golpe de ariete cuyos resultados son valores pequeños, debido a los bajos caudales, bajas celeridades y conductos cortos para el caso de los subsistemas de las comunidades.
- Estas comunidades son denominadas por HIDROCAPITAL como rurales motivo por el cual no se realiza el estudio de caudal en caso de incendios, sin embargo en caso de presentarse dicha situación se puede aprovechar la bomba auxiliar conectada en paralelo lo cual garantiza un caudal de 8 veces el caudal medio del sector y con el estanque bajo a plena capacidad se garantiza al menos 3 horas de suministro.
- El diseño de sistemas de abastecimiento de agua en zonas populares debe realizarse de la mano de las comunidades organizadas, ya que es imposible tener un levantamiento completo de la información sin el apoyo de estas.

RECOMENDACIONES

De la red

- Realizar un estudio específico del consumo de agua potable de los sectores, a fin de realizar la curva de consumo propia del lugar.
- Mantener la selección de diámetros sugerida para las tuberías.
- Realizar un estudio de la calidad del agua del pozo de forma periódica, ya que la descarga informal de aguas negras en la zona puede afectar la calidad de la misma.
- Realizar un estudio del sistema de aguas negras del lugar.
- Realizar un estudio del crecimiento demográfico del sector.
- Utilizar válvulas reguladoras para disminuir la presión en los puntos problema.
- Verificar antes de ejecutar la obra la ubicación de todos los servicios públicos de la zona (Gas, Luz, Teléfono) a fin de evitar inconvenientes.
- Instalar válvulas de regulación de caudal en las tuberías de distribución de los sectores, para controlar los caudales de operación.
- Realizar estudio de suelos en los posibles puntos de construcción de los estanques.
- El sistema debe estar provisto de válvulas de expulsión y admisión de aire a fin de facilitar el vaciado y llenado de la tubería.
- El sistema debe estar provisto de válvulas de descarga en los puntos más bajos a fin de garantizar el vaciado de la tubería en el caso de mantenimiento.
- El sistema debe estar provisto de válvulas de sectorización que permitan el mantenimiento de tramos sin afectar la red completa.

Del almacenaje de tubos para la instalación

- El apilado de tubos debe hacerse sobre terreno nivelado hasta una altura máxima de 3 m.
- Los tubos no deben estar expuestos al sol (caso Pead).

De la excavación de la zanja

- Es recomendable no abrir las zanjas con demasiada anticipación para evitar derrumbes, inundaciones, problemas de tránsito y accidentes.
- La altura de recubrimiento (sobre el tubo) debe ser como mínimo 0.8 m en zonas sin tránsito vehicular. En zonas de tránsito vehicular ligero la altura mínima debe ser 1.00 y en zonas de tránsito pesado 1.20 m.
- El fondo de la zanja debe estar refinado y nivelado, evitando que existan protuberancias rocosas que hagan contacto con el piso.

Del relleno de zanjas

- Lecho de apoyo: Para brindar un soporte firme, estable y uniforme a la tubería, se colocará un lecho nivelado de 10 cm de espesor (máximo 15 cm en terrenos rocosos) con material granular (suelos gravo – arenosos), con tamaño máximo de 2 cm.
- Etapas: En cualquier caso, el relleno se hará inicialmente en el cuerpo de la tubería, dejando libre las uniones, hasta realizar la prueba hidráulica.

De la prueba Hidráulica

- Realizar una prueba hidráulica con el fin de detectar las fugas.
- Se recomienda realizar pruebas en tramos no mayores a 300m

De los anclajes

- Se recomienda realizar un estudio a fin de determinar los anclajes necesarios para instalar la tubería.
- Los anclajes de concreto deben colocarse con al menos 22 días de antelación para garantizar el adecuado fraguado del concreto.

Del ciclo de operación

- Se recomienda realizar un cronograma de abastecimiento, tomando en cuenta que los pozos existentes no garantizan el suministro necesario de los sectores.

De los Pozos

- Se recomienda la exploración de pozos adicionales a fin de satisfacer la demanda de los sectores.
- Se recomienda al Sistema Panamericano dotar del caudal adicional necesario para el abastecimiento de los sectores.

BIBLIOGRAFÍA

- CRANE. (1992). *Flujo de fluidos en valvulas, accesorios y tuberia*(15º ed). Mexico: Mc Graw Hill.
- POTTER, M. C. (2002). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: Thompson.
- Mendez, M. V. (1995). *Tuberias a Presion*. Caracas: Fondo Polar UCAB.
- POTTER, M. C. (2002). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: Thompson.
- Saldarriaga, J. G. (1998). *Hidraulica de Tuberias*. MC GRAW HILL.
- LOPEZ, L. A. (1990). *AGUA Intalaciones Sanitarias en los Edificios*. Maracay: Betanzos.
- MATAIX, C. (1982). *Mecanica de fluidos y Maquinas Hidraulicas*. MEXICO: OXFORD.
- UCV. (1967). *Desarrollo de Aguas Subterraneas*. Caracas: UCV.

Documentos de carácter oficial

- GACETA OFICIAL 4044. (1988). *Normas sanitarias para proyecto, cosntruccion, reparacion, reforma y mantenimineto de edificaciones*. Caracas: GACETA OFICIAL.
- NORMA INOS. (1976). *Especificaciones de cosntruccion de obras de acueductos y alcantarillados*. Caracas: INOS.
- COVENIN 1619-91, C. (1991). *Bombas Turbinas para Pozo Profundo y Sumergibles*. Caracas: COVENIN.
- COVENIN 1774-81, C. (1981). *Tubos de Polietileno de Alta Densidad*. Caracas: COVENIN.
- HIDROCAPITAL. (2006). *Manual de Organizacion Sede Corporativa*. Caracas: Hidrocapital.
- NORMA INOS. (1976). *Especificaciones de cosntruccion de obras de acueductos y alcantarillados*. Caracas: INOS.

Páginas Web

Hidrocapital. (2010). *HIDROCAPITAL*. Recuperado el 15 de Febrero de 2010, de <http://www.hidrocapital.com.ve/>

INE. (2010). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA*. Recuperado el 10 de Febrero 2010, de <http://www.ocei.gov.ve/fichastecnicas/censo/censo.htm>

Revinca (Fabrica de tubos PEAD) <http://www.revinca.com/>

<http://prof.usb.ve/orlandop/pdf/mc2143/TEMA%2004%20cat%20PERFILES%20CONDUVEN.pdf>

Revistas

HIDROVEN. (2001). El Agua en Nuestras Vidas. 25.

Trabajos Especiales de Grado

MATOS M, C. (2000). *Estudio del Acueducto del Municipio Guaicaipuro*. Caracas: Hidrocapital.

TERAN, M. (2009). *Evaluacion, Diagnostico y Propuesta para la Optimizacion del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Sector Guaremal. Municipio Guaicaipuro- Estado Miranda*. Caracas: UCV.

Catálogos

KSB Manual Técnico de Curvas Características

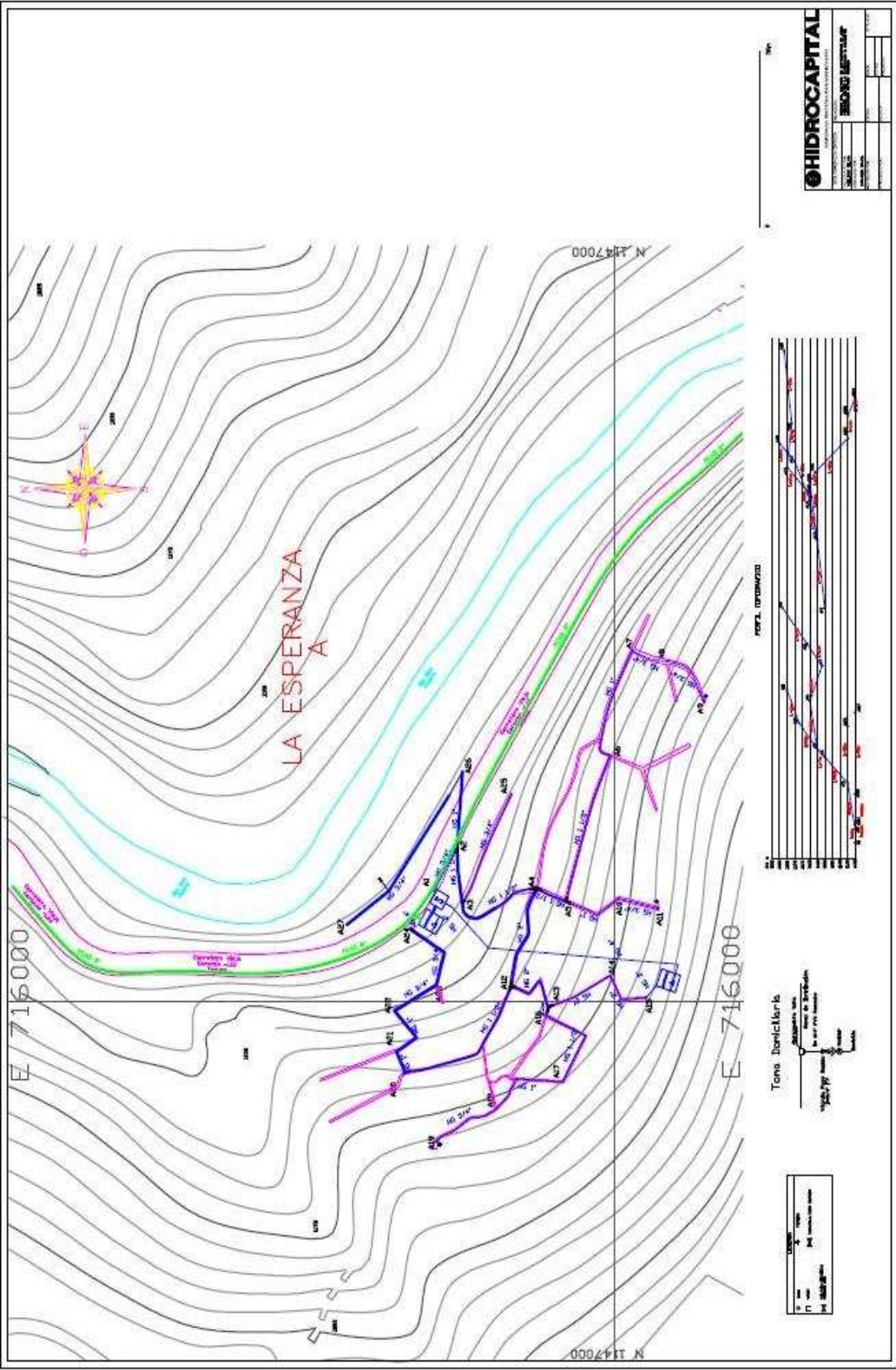
FRANKLIN Electric Manual Técnico de curvas Características

General Pumps Manual Técnico de Curvas Características

CONDUVEN Catalogo general de productos

REVINCA Catalogo Revinca Tuberías PEAD

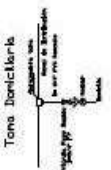
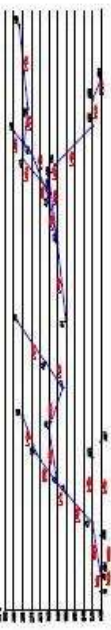
Apéndices



HIDROCAPITAL

PROYECTO DE INVERSIÓN PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL AGUA

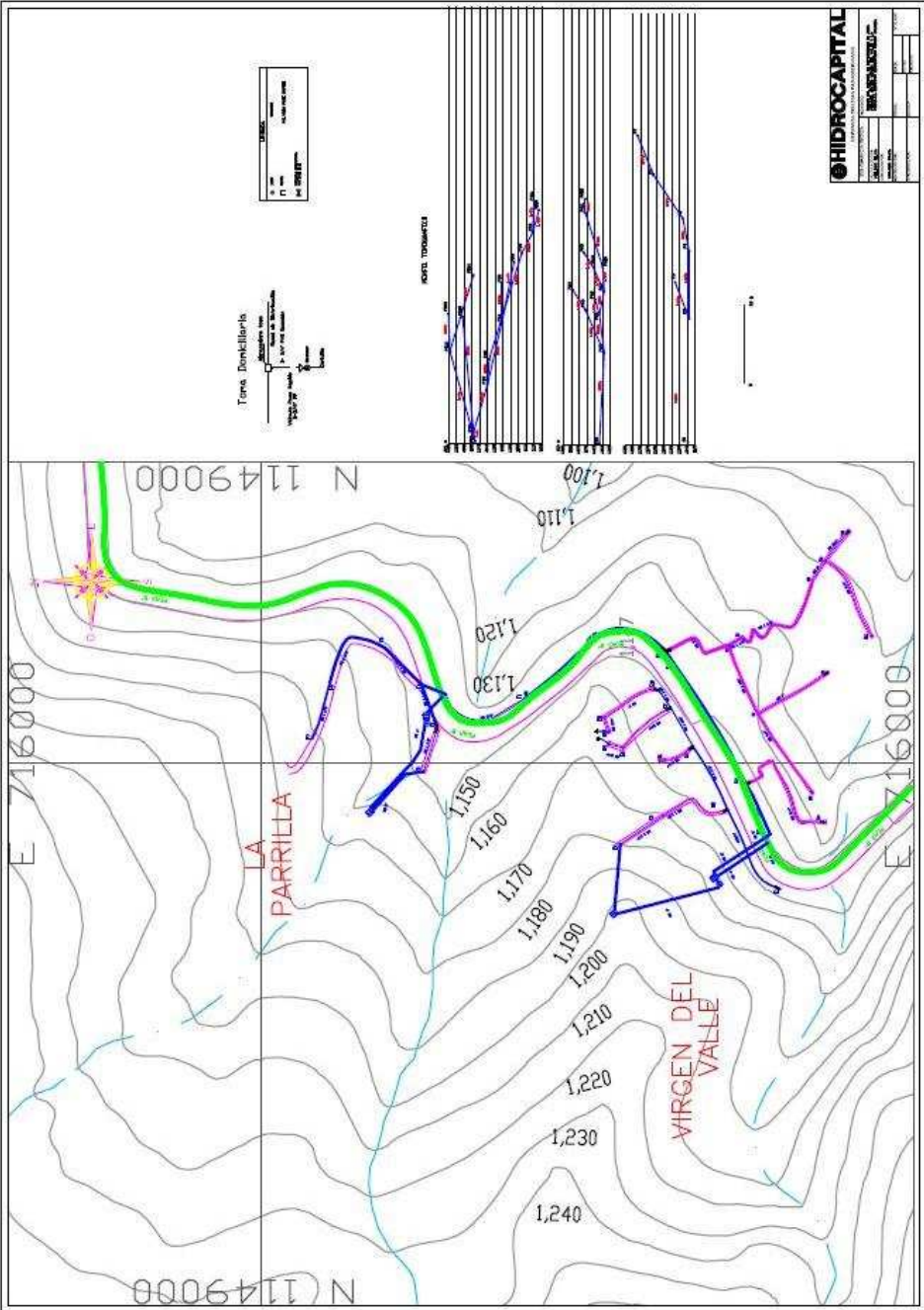
PROYECTO:	SECTOR:	FECHA:	HOJA:
DEPARTAMENTO:	MUNICIPIO:	ESCALA:	PROYECTANTE:
CLIENTE:	PROYECTO:	FECHA:	HOJA:



Scale bar and other information:

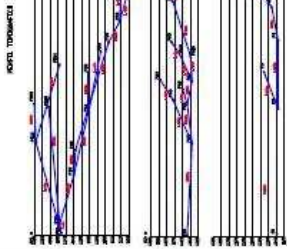
1:50,000

0 100 200 300 400 500



Torneo Demarcación
 1. Límite de la zona
 2. Límite del terreno
 3. Límite del lote

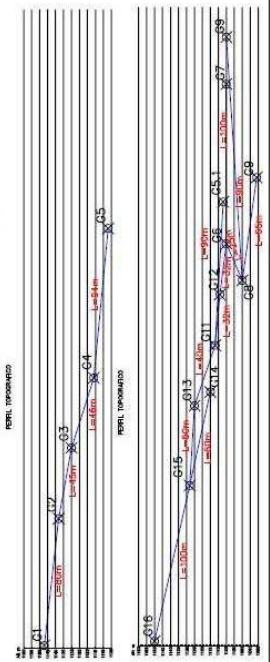
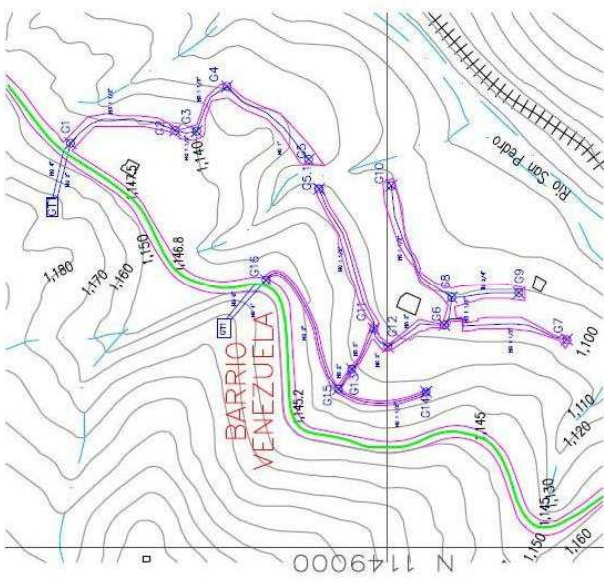
NO	DESCRIPCIÓN	VALOR
1
2
3



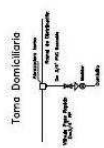
0 10 20

HIDROCAPITAL

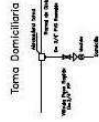
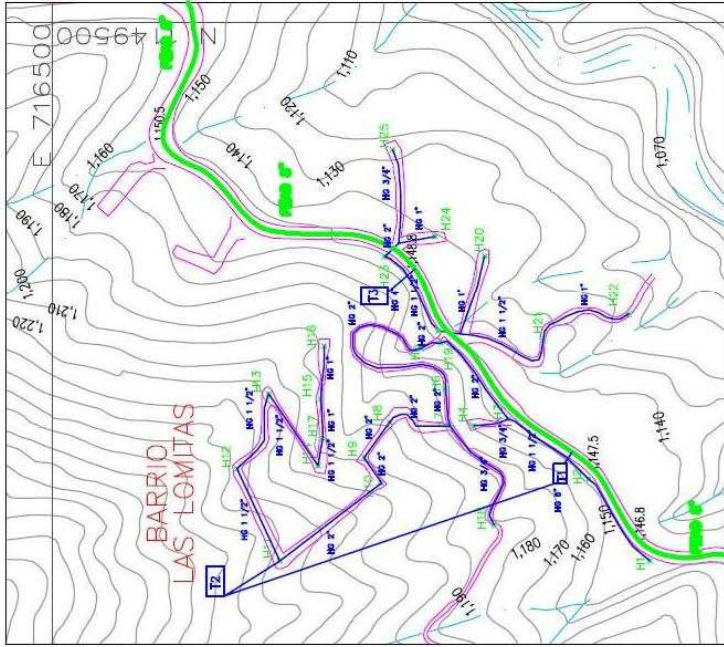
PROYECTO: ...
 CLIENTE: ...
 FECHA: ...
 ESCALA: ...
 HOJA: ...



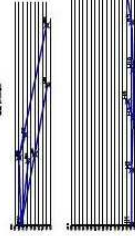
0 50m



HIDROCAPITAL
 INGENIERIA DE AGUAS
 INGENIERIA DE SANEAMIENTO
 INGENIERIA DE SISTEMAS DE AGUAS
 INGENIERIA DE TRÁNSITO DE AGUAS
 INGENIERIA DE OBRAS DE OBRAS DE AGUAS
 INGENIERIA DE OBRAS DE SANEAMIENTO
 INGENIERIA DE OBRAS DE SISTEMAS DE AGUAS
 INGENIERIA DE OBRAS DE TRÁNSITO DE AGUAS
 INGENIERIA DE OBRAS DE SANEAMIENTO



1	1.50	1.50	1.50
2	1.25	1.25	1.25
3	1.00	1.00	1.00
4	0.75	0.75	0.75
5	0.50	0.50	0.50



HIDROCAPITAL
 INGENIERIA DE AGUAS
 INGENIERIA DE SANEAMIENTO
 INGENIERIA DE DISEÑO
 INGENIERIA DE OPERACIONES
 INGENIERIA DE MANTENIMIENTO
 INGENIERIA DE MONITOREO
 INGENIERIA DE EVALUACION
 INGENIERIA DE INVESTIGACION
 INGENIERIA DE CONSULTORIA
 INGENIERIA DE ASesorIA

