Alcance a los Diseños Definitivos para Agua Potable del Ecoparque Industrial Chaullayacu

Red Diseño del Sistema de Distribución de Agua Potable

Ing. Víctor Manuel Chacón Cedeño
Ing. Mauricio Amoroso Farfán
Ing. Juan Fernando Abril

Julio de 2014

ALCANCE A LOS DISEÑOS DEFINITIVOS 1
1.1 Red de Agua Potable 1
1.1.1 Características del Modelo Hidráulico 1
- Modelamiento 1
- Presión disponible en la Acometida 1
- Dimensionamiento 1
1.1.2 Redistribución de consumos que se cargará a cada red 4
- Ramal Planta baja 4
- Ramal Primera Plataforma Alta 5
- Ramal Segunda Plataforma Alta 6
- Ramal Tercera Plataforma Alta 7
- Ramal Cuarta Plataforma Alta 8
- Ramal Quinta Plataforma Alta 10
1.1.3 Cálculos 12
- Datos: 12
- Incógnitas: 12
- Hipótesis Simplificativas 12
  - Ecuaciones Fundamentales 13
- Ecuaciones de Comportamiento de los Elementos de la Red 14
- Parámetros de Calculo 15
1.1.4 Resultados 15
1.2 Comprobaciones Adicionales de la red. 20
1.2.1 Cálculos 20
1.3 Diseño de Acometidas interiores para lotes. 21
1.3.1 Consideraciones de Dimensionamiento 21
1.3.2 Cálculos y Resultados 24
2 BIBLIOGRAFIA 25

Índice de Tablas

Tabla 1Consumo requerido por industria 3
Tabla 2 Distribución a tramos de Tubería, plataforma baja 4
Tabla 3 Dotación en cada Tramo de Tubería, Plataforma Baja 5
Tabla 4 Repartición media a Cada Nodo 5
Tabla 5 Distribución a tramos de Tubería, Primera Plataforma Alta 5
Tabla 6 Dotación en Cada Tramo de Tubería 1era Plataforma Alta 6
Tabla 7 Repartición al Media al Nodo 6
Tabla 8 Distribución a tramos de Tubería, Segunda Plataforma Alta 6
Tabla 9 Dotación en cada Tramo de Tubería 2da Plataforma Alta 7
Tabla 10 Repartición al Media al Nodo 7
Tabla 11 Distribución a tramos de Tubería, Tercera Plataforma Alta 7
Tabla 12 Dotación en cada Tramo de Tubería 3ra Plataforma Alta 8
Tabla 13 Repartición al Media al Nodo 8
Tabla 14 Distribución a tramos de Tubería, Cuarta Plataforma Alta 8
Tabla 15 Dotación en cada Tramo de Tubería 4ta Plataforma Alta 9
Tabla 16 Repartición al Media al Nodo 9
Tabla 17 Distribución a tramos de Tubería, Quinta Plataforma Alta 10
Tabla 18 Dotación en cada Tramo de Tubería 5ta Plataforma Alta 11
Tabla 19 Repartición al Media al Nodo 11
Tabla 20 Formulas de Pérdidas de Carga para Tubería en Presión 14
Tabla 21 Coeficientes de Perdida Menores 15
Tabla 22 Demanda y presiones en los nudos 18
Tabla 23 Resultados en cada Tubería 19
Tabla 24 Demanda y presiones en los nudos 21
Tabla 25 Áreas Útiles de Lotes 23
Tabla 26 Diseño Lotes de Mayor Tamaño 24
Tabla 27 Acometida lotes Promedio 24

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 División de las Plataformas 2
Ilustración 2 Distribución Plataforma Baja 4
Ilustración 3 Distribución Primera Plataforma Alta 6
Ilustración 4 Distribución Segunda Plataforma Alta 7
Ilustración 5 Distribución Tercera Plataforma Alta 8
Ilustración 6 Distribución Cuarta Plataforma Alta 9
Ilustración 7 Distribución Quinta Plataforma Alta 10
Ilustración 8 Conducción Interna 11
Ilustración 9 Red de Agua potable Nodos 16
Ilustración 10 Red de Agua potable Nodos- DETALLE 1 16
Ilustración 11 Red de Agua potable Nodos- DETALLE 2 16
Ilustración 12 Red de Agua potable Nodos- DETALLE 3 17
Ilustración 13 Tuberías 18

ALCANCE A LOS DISEÑOS DEFINITIVOS

1.1 Red de Agua Potable

Para el nuevo dimensionamiento de la red de agua potable se realizó mediante el software de computador WaterCad V8.i , este es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. En general, una red Consta de Tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas y tanque de almacenamiento o depósitos. Watercad determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en EL tanque y la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red en un determinado periodo de simulación analizado en diferentes intervalos de tiempo.

1.1.1 Características del Modelo Hidráulico

a) No existe limite en el tamaño de la red que se desea analizar
b) Calcula las perdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning
c) Incluye perdidas menores en elementos tales como codos, acoplamientos, etc.
d) Modela bombas funcionando tanto a velocidades de giro constante como a velocidades de giro variables
e) Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones
f) Modela diferentes tipos de válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de control de caudal
g) Permite el almacenamiento de agua en tanques que presenten cualquier geometría.
h) Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación
i) Modela consumos dependientes de la presión que salen al exterior del sistema a través de emisores
j) Puede determinar el funcionamiento del sistema simplemente con el nivel de agua en el tanque y controles de tiempo o utilizar un complicado sistema de regulación temporal.

- **Modelamiento**

Para el Nuevo Modelamiento de la red de distribución de agua potable se tomó en consideración los siguientes parámetros:

- **Presión disponible en la Acometida**

La presión con la que contara el Proyecto Ecoparque Industrial Chaullayacu según los últimos datos provistos por funcionarios de ETAPA – EP es de 120 metros de Columna de Agua, esta presión estará garantizada a la entrada del mismo.

- **Dimensionamiento**

El dimensionamiento de una red mallada tratamos de encontrar los gastos de circulación para cada tramo, para esto utilizamos en método de repartición media, que divide por la mitad el gasto de circulación de cada tramo hacia los extremos del mismo (nodos). Adicionalmente a

los consumos de cada industria, la red se simulará y diseñará considerando el consumo simultáneo de 1 hidrante contra incendios en la posición y condición más desfavorable.

El caudal contraincendios según se estableció en la tabla 50 del informe original Diseños definitivos para Alcantarillado y Agua Potable del Ecoparque Industrial Chaullayacu es de 8l/s.

La concepción de la distribución es por red cerrada en cada plataforma con excepción de la segunda plataforma donde se terminará en un tapón sin cerrar la red. La red principal será alimentada por una conducción que corre por la vía de 12 metros desde el empalme que se encontrara en la vía de entrada al Ecoparque y terminará a la entrada de la cuarta plataforma.

Como se puede observar el parque está dividida en seis plataformas de la siguiente manera:

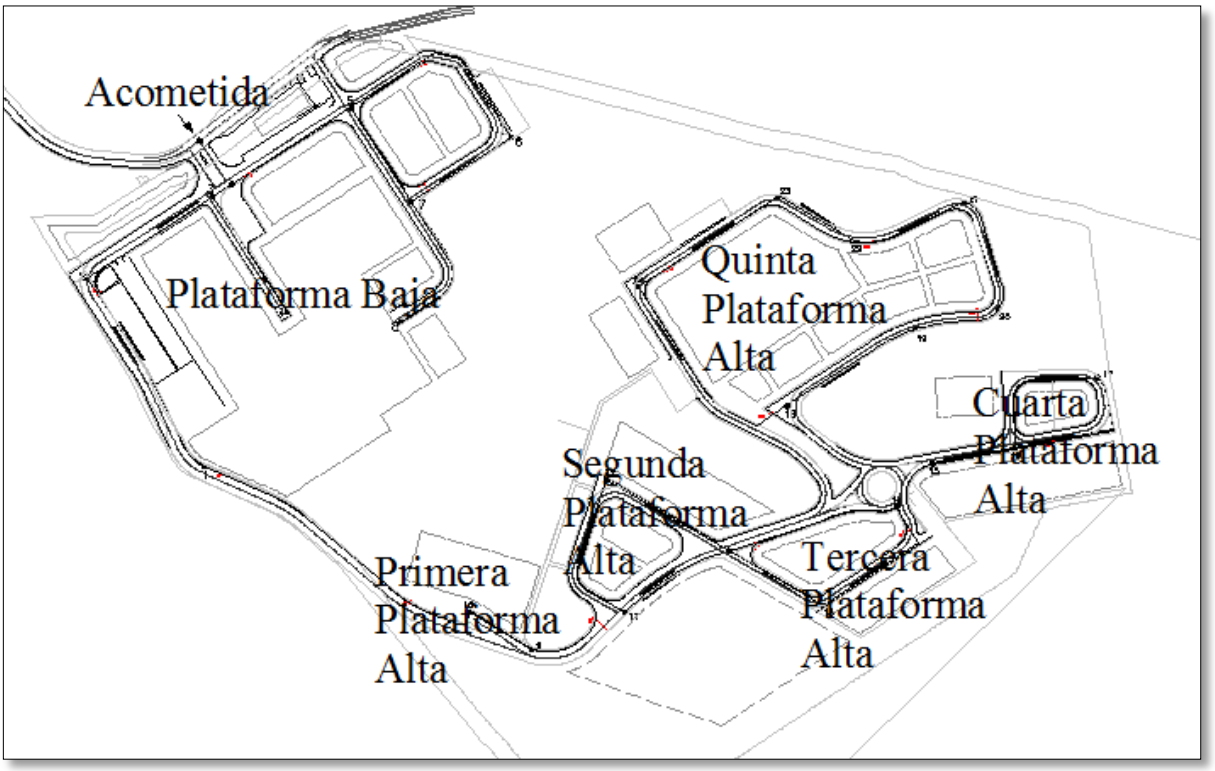

Ilustración 1 División de las Plataformas
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Es así que cada lote tiene un área establecida, donde se alberga un número máximo de empleados como se detalló en el informe de Diseños Definitivos para Alcantarillado y Agua Potable del Ecoparque Industrial Chaullayacu, presentando un resumen de consumos en la siguiente tabla

Industria	DOTACION (L/s)	Asignacion de uso del suelo	Industria	DOTACION (L/s)	Asignacion de uso del suelo
1	0,14	2-C	38	0,04	2 -B
2	0,29		39	0,02	
3	0,23		40	0,02	
4	0,18		41	0,36	
5	0,02	2-A	42	0,30	
6	0,22		43	0,27	
7	0,04		44	0,27	
8			45	0,33	
9	0,19		46	0,18	2-A
10	0,03		47		
11	0,01		48		
12	0,01		49	0,05	
13	0,15		50		
14			51	0,14	
15	0,01		52	0,02	
16	0,01		53		
17	0,18		54	0,01	
18	0,03	2-B	55		
19			56	0,18	
20			57	0,18	
21	0,12		58	0,16	
22	0,12		59		
23	0,12		60		
24	0,12		61		
25	0,12		62		
26	0,14		63		
27	0,02		64		
28	1,21	Naves Existentes	65	0,01	
29	0,01		66		
30	0,01		68		
31	0,15		69	0,02	
32	0,02	2-B	70		
33	0,02		71		
34	0,02		72	0,01	
35			73		
36	0,18	Naves Existentes	74		
37	0,60	Cenecyt	75	2,74	
67	0,6128	Nave Industrial	76		

Tabla 1Consumo requerido por industria

Fuente: Diseños Definitivos para Alcantarillado y Agua Potable del Ecoparque Industrial Chaullayacu, 2013

Elaborado: Equipo Consultor

Adicionalmente a estos consumos se les deberá multiplicar por un factor K de 1.3 para obtener un caudal máximo diario más un 10% recomendado por fugas, con el que finalmente se diseñara la red.

En resumen tendremos un caudal máximo diario de consumo de 10.7l/s X 1.4 = 14.98L/s que sumado al caudal contra incendios de 8L/s nos da un caudal de diseño total de **22.98L/s**

1.1.2 Redistribución de consumos que se cargará a cada red

- **Ramal Planta baja**

La distribución de la dotación a cada tramo se realizó de la siguiente manera:

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Lotes por tramo
1	2	2629.96	2622.62	209.3	17
5	7	2622.00	2622.22	161.78	1,2
5	6	2622.00	2622.03	104.58	3
4	12	2621.99	2622.53	120.10	28,29,30,31
4	8	2621.99	2622.03	116.26	5,6,7,8
8	9	2622.03	2626.42	172.85	4,9,10,12
8	10	2622.03	2623.70	97.90	11,36
9	10	2626.42	2623.70	99.30	13,14
10	11	2623.70	2622.83	127.50	15,16,28

Tabla 2 Distribución a tramos de Tubería, plataforma baja

Fuente: Equipo Consultor

Elaborado: Equipo Consultor

Ilustración 2 Distribución Plataforma Baja

Fuente: Equipo Consultor

Elaborado: Equipo Consultor

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Dotación (l/s)
1	2	2629.96	2622.62	209.3	0.672
5	7	2622.00	2622.22	161.78	0.532
5	6	2622.00	2622.03	104.58	0.266
4	12	2621.99	2622.53	140.31	0.882
4	8	2621.99	2622.03	116.26	0.406
8	9	2622.03	2626.42	172.85	0.574
8	10	2622.03	2623.70	97.9	0.042
9	10	2626.42	2623.70	99.3	0.216
10	11	2623.70	2622.83	127.5	0.476
				TOTAL	4.066

Tabla 3 Dotación en cada Tramo de Tubería, Plataforma Baja
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

DOTACION AL NODO (L/S)	
1	0.672
4	0.210
6	0.266
7	0.532
8	0.504
9	0.392
10	0.132
11	0.476
12	0.882
TOTAL	4.066

Tabla 4 Repartición media a Cada Nodo
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

- **Ramal Primera Plataforma Alta**

La distribución de la dotación a cada tramo se realizó de la siguiente manera:

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Lotes por tramo
13	14	2654.91	2654.91	62.6	18,19,20

Tabla 5 Distribución a tramos de Tubería, Primera Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

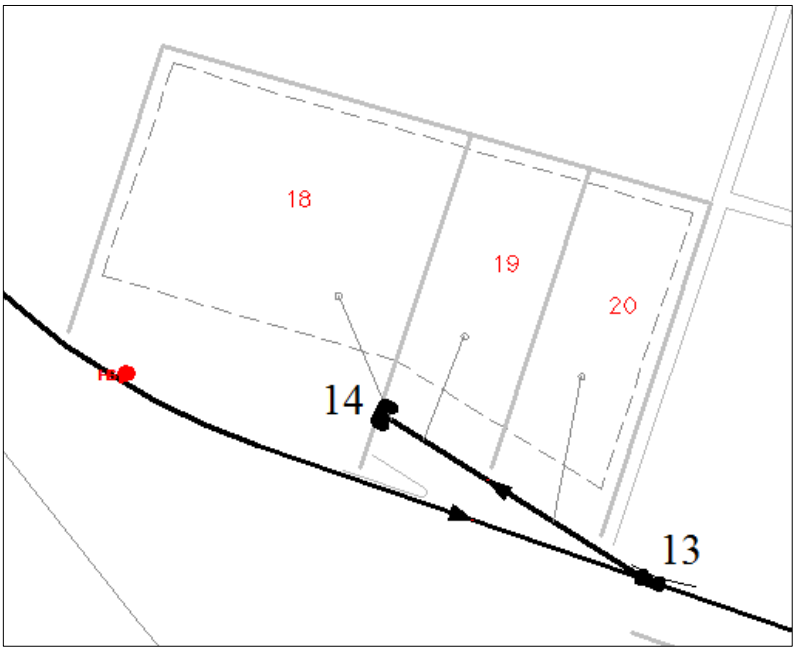

Ilustración 3 Distribución Primera Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Dotación (l/s)
13	14	2654.91	2654.91	62.6	0.056
				Total	0.056

Tabla 6 Dotación en Cada Tramo de Tubería 1^{era} Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Dotación al Nodo(l/s)	
10	0.056

Tabla 7 Repartición al Media al Nodo
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

- **Ramal Segunda Plataforma Alta**

La distribución de la dotación a cada tramo se realizó de la siguiente manera:

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Lotes por tramo
14	15	2668.15	2664.39	124.05	26,27,32,33,34,35,23,24
15	16	2664.39	2660.47	143.5	25,21,22

Tabla 8 Distribución a tramos de Tubería, Segunda Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

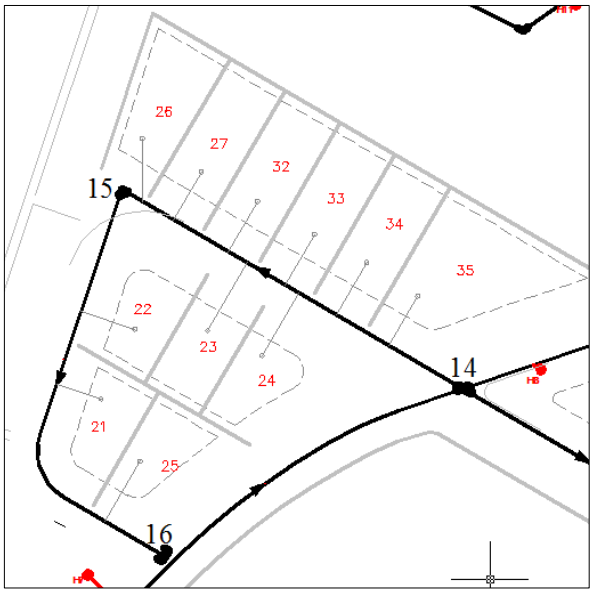

Ilustración 4 Distribución Segunda Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Dotación (l/s)
14	15	2668.15	2664.39	124.05	0.63
15	16	2664.39	2660.47	143.5	0.49
				Total	1.12

Tabla 9 Dotación en cada Tramo de Tubería 2da Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Dotación al Nodo(l/s)	
15	0.63
16	0.49

Tabla 10 Repartición al Media al Nodo
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

- **Ramal Tercera Plataforma Alta**

La distribución de la dotación a cada tramo se realizó de la siguiente manera:

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Lotes por tramo
17	18	2666.89	2679.00	158.1	42,43,44,45
14	18	2664.39	2679.00	148.44	36,39,40,41

Tabla 11 Distribución a tramos de Tubería, Tercera Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

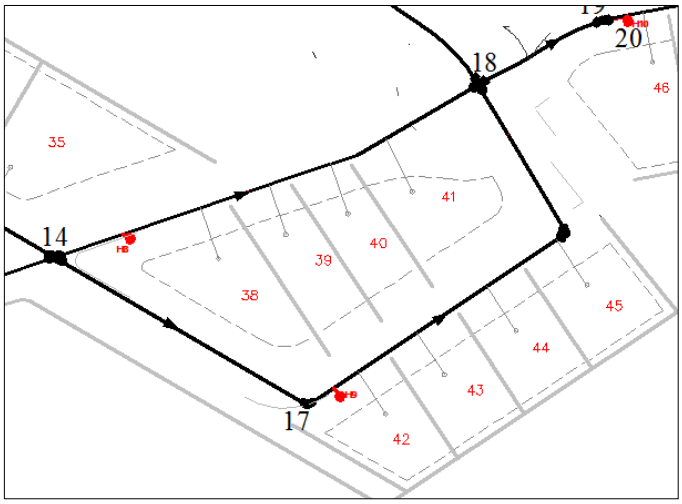

Ilustración 5 Distribución Tercera Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Dotación (l/s)
17	18	2666.89	2679.00	158.1	1.638
14	18	2664.39	2679.00	148.44	1.456
				Total	3.094

Tabla 12 Dotación en cada Tramo de Tubería 3ra Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

DOTACION AL NODO (L/S)	
14	0.728
17	0.819
18	1.547
TOTAL	3.094

Tabla 13 Repartición al Media al Nodo
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

- **Ramal Cuarta Plataforma Alta**

La distribución de la dotación a cada tramo se realizó de la siguiente manera:

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Lotes por tramo
19	20	2684.34	2685.29	8.00	HIDRANTE
19	21	2684.34	2692.06	73.00	46,47,48
21	22	2692.06	2697.40	135.70	49,50,51,52,53
22	21	2697.40	2692.06	125.80	54,55,56,57

Tabla 14 Distribución a tramos de Tubería, Cuarta Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

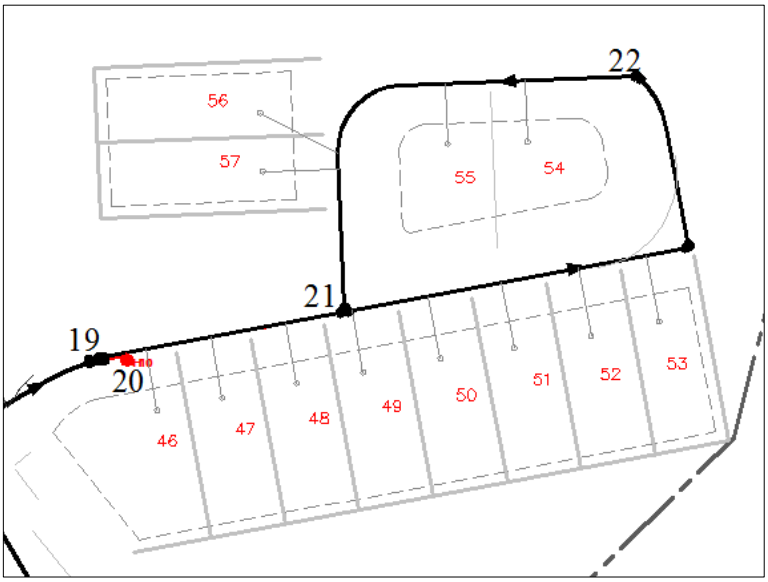

Ilustración 6 Distribución Cuarta Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Dotación (l/s)
19	20	2684.34	2685.29	8.00	8.00
19	21	2684.34	2692.06	73.00	0.504
21	22	2692.06	2697.40	135.70	0.420
22	21	2697.40	2692.06	125.80	0.924
				Total	9.848

Tabla 15 Dotación en cada Tramo de Tubería 4ta Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Dotación al Nodo (lt/s)	
19	0.252
20 (hidrante)	8.00
21	0.924
22	0.672
Total	9.848

Tabla 16 Repartición al Media al Nodo
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

- **Ramal Quinta Plataforma Alta**

La distribución de la dotación a cada tramo se realizó de la siguiente manera:

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Lotes por tramo
23	24	2684.50	2680.83	131.1	59,60,61,62,63
24	25	2680.83	2679.41	76.5	64,65
25	26	2679.41	2679.81	103.7	66,68
26	27	2679.81	2680.18	100.9	69,70,71
27	28	2680.18	2680.29	80.2	67 –A,67-B
29	30	2680.12	2680.03	63.23	72,73,74
30	31	2680.03	2679.88	51.70	75,76
31	23	2679.88	2684.50	145.37	67-A, 67-B

Tabla 17 Distribución a tramos de Tubería, Quinta Plataforma Alta

Fuente: Equipo Consultor

Elaborado: Equipo Consultor

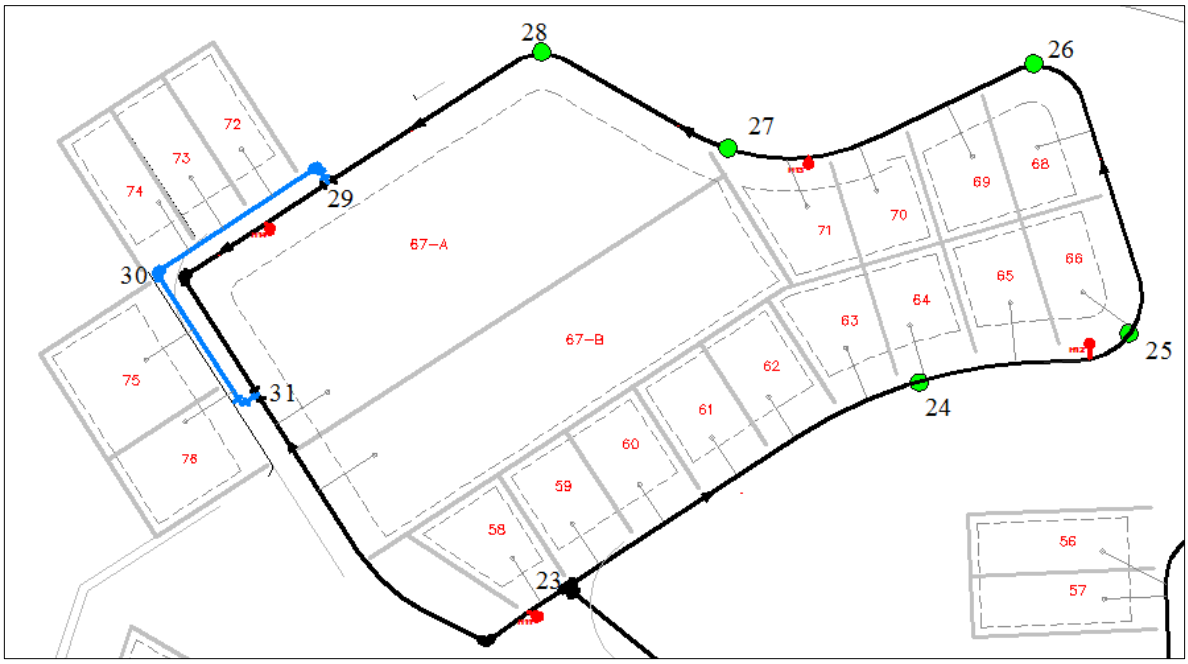

Ilustración 7 Distribución Quinta Plataforma Alta

Fuente: Equipo Consultor

Elaborado: Equipo Consultor

Tramos		Cota inicio	Cota Final	Longitud de tubería (m)	Dotación (l/s)
23	24	2684.50	2680.83	131.1	0.228
24	25	2680.83	2679.41	76.5	0.042
25	26	2679.41	2679.81	103.7	0.042
26	27	2679.81	2680.18	100.9	0.07
27	28	2680.18	2680.29	80.2	0.28
29	30	2680.12	2680.03	63.23	0.154

30	31	2680.03	2679.88	51.70	0.154
31	23	2679.88	2684.50	145.37	3.824
				Total	4.795

Tabla 18 Dotación en cada Tramo de Tubería 5ta Plataforma Alta
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

Dotación al Nodo (lt/s)	
23	2.1
24	0.126
25	0.042
26	0.056
27	0.182
28	0.147
29	0.077
30	0.154
31	1.911
Total	4.795

Tabla 19 Repartición al Media al Nodo
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

La conducción abastecerá cada malla y el sistema contra incendios del Ecoparque como se detalla en la siguiente ilustración.

Ilustración 8 Conducción Interna
Fuente: Equipo Consultor
Elaborado: Equipo Consultor

1.1.3 Cálculos

Para acometer el análisis hidráulico de redes de distribución se debe formular primeramente el problema, estableciendo las ecuaciones que representan con mayor fidelidad el sistema, con el fin de obtener los valores de alturas piezométrica en los nudos y los caudales que circulan por las tuberías a partir de las características de los componentes de la red. De modo que tenemos:

- **Datos:**

Características de las conducciones:

- Longitud
- Diámetro
- Rugosidad

Características de componentes especiales:

- Niveles de depósitos
- Curvas características de los grupos de bombeo
- Consigna de válvulas

Consumos en los nudos

Altura piezométrica de referencia (suma de altura de presión y cota)

- **Incógnitas:**
- Caudales circulantes por tuberías
- Alturas piezométrica en los nudos

- **Hipótesis Simplificativas**

Cuando las variaciones de caudal y presión son pequeñas, podemos despreciarlas sin conducir a demasiados errores, considerando el sistema como permanente. De este modo, las hipótesis simplificativas serán las siguientes:

Hipótesis referentes al flujo:

- flujo unidimensional en el sentido del eje de la conducción.
- invariabilidad temporal de las variables relacionadas con el flujo.
- distribución uniforme de velocidad y presión en secciones transversales.

Hipótesis referentes al fluido:

- incompresible
- monofásico
- homogéneo
- newtoniano

Hipótesis referentes a las conducciones:

- homogeneidad y constancia en:
  - material
  - sección transversal
  - espesor

- **Ecuaciones Fundamentales**

Se aplican los principios de conservación de masa y energía. De modo que las ecuaciones planteadas serán:

La ecuación de continuidad en nudos: Enunciada de la siguiente manera

"La suma algebraica de los caudales másicos (o volumétricos, ya que el fluido es incompresible) que confluyen en el nudo debe ser 0".

$$\sum_{j=1}^{nti} Q_{ij} = C_i$$

$Donde$:

$Q_{ij} = Caudal\ que\ Circula\ en\ la\ linea\ que\ une\ el\ nudo\ i\ al\ j$
$nt_i = Numero\ total\ de\ lineas\ que\ convergen\ en\ el\ nudo\ i$
$C_i = Caudal\ de\ Alimentacion\ o\ Consumo\ en\ el\ nudo\ i$

Ecuación de Bernoulli: Expresa lo Siguiente

"La energía por unidad de peso del fluido en la sección aguas arriba (E_1), más la energía por unidad de peso cedida al mismo a través de elementos activos, tales como bombas (h_b) en el trayecto de 1 a 2 es igual a la energía por unidad de peso en la sección aguas abajo (E_2) más las pérdidas de energía por unidad de peso entre las secciones 1 y 2 (h_{1-2})".

$$E_1 + h_b = E_2 + h_{1-2}$$

La energía por unidad de peso en una determinada sección consta de tres componentes:

$$E = \frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2g}$$

$Donde$:

$\frac{P}{\gamma} = Altura\ de\ Presion$
$Z = Cota\ geometrica$
$\frac{V^2}{2g} = Altura\ Cinetica$

- **Ecuaciones de Comportamiento de los Elementos de la Red**

Tuberías

La pérdida de carga o altura piezométrica en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, puede calcularse con Watercad utilizando las siguientes formulaciones:

- Darcy-Weisbach (para todo tipo de líquidos y regímenes)
- Hazen-Williams (sólo para agua)
- Chezy-Manning (para canales y tuberías de gran diámetro)

La ecuación básica de estas tres fórmulas es:

$$h_L = AQ^B$$

$Donde$:
$h_L = Perdida\ de\ Carga$
$Q = Caudal$
$A = Coeficiente\ de\ Resistencia$
$B = Exponente\ de\ Caudal$

Los exponentes de los parámetros de A y B se encuentran representados en la Siguiente tabla

Fórmula	*Coeficiente de Resistencia (A)*	*Exponente de Caudal (B)*
Hazen-Williams	$10.674\ C^{-1.852}\ d^{-4.871}\ L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827\ f(\varepsilon, d, Q)\ d^{-5}\ L$	2
Chezy-Manning	$10.294\ n^2\ d^{-5.33}\ L$	2

donde:
C: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
ε: coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)
f: factor de fricción (depende de ε, d y Q)
n: coeficiente de rugosidad de Manning
d: diámetro de la tubería (m)
L: longitud de la tubería (m)
Q: caudal (m^3/seg)

Tabla 20 Formulas de Pérdidas de Carga para Tubería en Presión
Fuente: TESIS Modelación y Simulación de redes Hidráulicas a Presión Mediante Herramientas Informáticas
Elaborado: TESIS Modelación y Simulación de redes Hidráulicas a Presión Mediante Herramientas Informáticas

WATERCAD calcula las pérdidas con la expresión en función del caudal, de la siguiente manera:

$$h = \left(\frac{0.02517}{D^4}\right) Q^2$$

En unidades del sistema internacional el coeficiente numérico 0.02517 se transforma en 0.08262, es decir se utilizará la ecuación de Darcy Weisbach.

Válvulas y Accesorios

Las válvulas abiertas se consideran como tuberías lisas (con factor de fricción *f* igual a *0.02*) de longitud igual a dos veces su diámetro.

En el caso de válvulas cerradas se aplica la siguiente formulación lineal:

$$h = 10^8\, Q$$

Las pérdidas localizadas en válvulas activas y accesorios se evalúan como el producto de la altura cinética multiplicada por un coeficiente de pérdidas *K*, en la forma:

$$h = K\left(\frac{V^2}{2g}\right) \qquad \text{o} \qquad h = \left(\frac{8*K}{\pi^2 g D^2}\right) Q^2$$

$Donde$:
$K = Coeficiente\ de\ Perdidas\ Menores$
$V = Velocidasd\ del\ Flujo$
$g = Aceleracion\ de\ la\ Gravedad$
$D = Diemetros\ del\ elemento$
$Q = Caudal\ Circulante$

En la siguiente tabla se listan los valores de K para algunos de los accesorios más comunes. Estos valores son sólo aproximados, ya que K depende de la geometría del accesorio, de Re y, en ocasiones, de las condiciones de flujo.

ACCESORIO	*COEF. PÉRDIDAS*
Válvula de Globo, todo abierta	*10.0*
Válvula de Ángulo, todo abierta	*5.0*
Válv. Retenc. Clapeta, todo abierta	*2.5*
Válvula Compuerta, todo abierta	*0.2*
Codo de radio pequeño	*0.9*
Codo de radio mediano	*0.8*
Codo de radio grande	*0.6*
Codo a 45°	*0.4*
Codo de retorno (180°)	*2.2*
Té Estándar – flujo recto	*0.6*
Té Estándar – flujo desviado	*1.8*
ACCESORIO	*COEF. PÉRDIDAS*
Entrada brusca	*0.5*
Salida brusca	*1.0*

Tabla 21 Coeficientes de Perdida Menores

Fuente: TESIS Modelación y Simulación de redes Hidráulicas a Presión Mediante Herramientas Informáticas

Elaborado: TESIS Modelación y Simulación de redes Hidráulicas a Presión Mediante Herramientas Informáticas

Sin embargo existen válvulas especiales, cuya pérdida de carga no puede calcularse solamente en función del caudal, si no que intervienen otras variables, como son las alturas piezométrica aguas arriba y abajo.

- **Parámetros de Calculo**

- Como parámetro de cálculo según ETAPA para redes de conducción la pérdida de carga total no podrá ser mayor a 10m/km. Además la presión dinámica mínima para el cálculo del hidrante más desfavorable será de 50m.c.a según datos de los Bomberos de Cuenca y para los lotes se tomará una presión mínima de 10 m.c.a y máxima de 70 m.c.a.

1.1.4 Resultados

Mediante el cálculo del programa Watercad se realizó la el modelamiento

En la siguinete ilustracion se pueden observar los nodos que se tomaron en cuenta para el cálculo, donde se consideraron otros nodos como hidrantes y tees de union que no necesariamentes son de consumo y que nos ayudaran en el control de presiones.

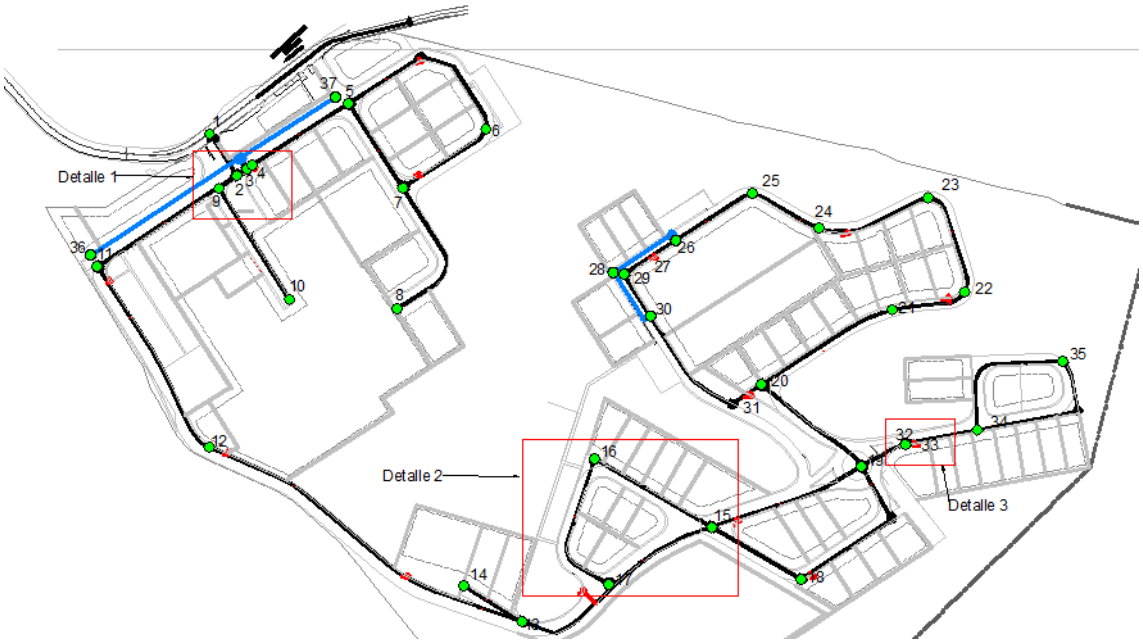

Ilustración 9 Red de Agua potable Nodos
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

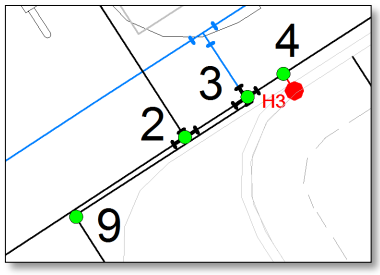

Ilustración 10 Red de Agua potable Nodos- DETALLE 1
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

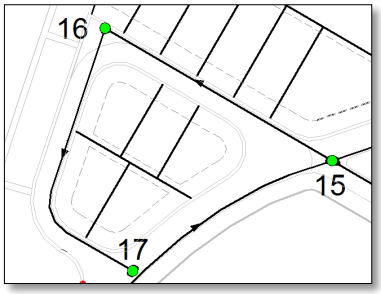

Ilustración 11 Red de Agua potable Nodos- DETALLE 2
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

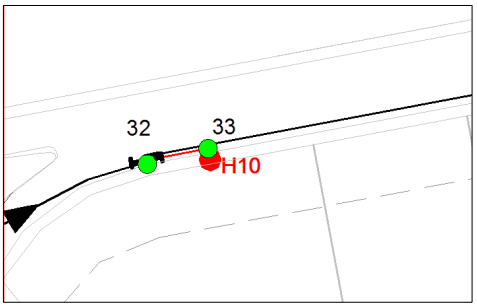

Ilustración 12 Red de Agua potable Nodos- DETALLE 3
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

Tabla de Red - Nudos				
	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	m	m
Nodo 1	2620.00	20.98	2740.00	120.00
Nodo 2	2621.99	0.000	2739.89	117.84
Nodo 3	2621.99	0.210	2682.02	60.00
Nodo 4	2622.00	0.000	2682.02	59.99
Nodo 5	2622.03	0.504	2682.01	59.95
Nodo 6	2626.42	0.392	2682.01	55.55
Nodo 7	2623.70	0.132	2682.01	58.28
Nodo 8	2622.83	0.476	2682.00	59.14
Nodo 9	2621.99	0.000	2681.97	59.95
Nodo 10	2622.53	0.882	2681.67	59.11
Nodo 11	2622.62	0.000	2739.42	116.74
Nodo 12	2629.96	0.672	2738.82	108.80
Nodo 13	2654.91	0.000	2737.87	82.92
Nodo 14	2654.91	0.056	2737.87	82.92
Nodo 15	2668.15	0.728	2737.37	69.18
Nodo 16	2664.39	0.630	2727.59	63.16
Nodo 17	2660.47	0.490	2727.48	66.97
Nodo 18	2666.89	0.819	2737.32	70.40
Nodo 19	2679.00	1.547	2737.08	58.05
Nodo 20	2684.50	2.100	2737.01	52.49
Nodo 21	2680.83	0.126	2736.99	56.13
Nodo 22	2679.41	0.042	2736.98	57.53
Nodo 23	2679.82	0.056	2736.96	57.12
Nodo 24	2680.19	0.182	2736.95	56.73
Nodo 25	2680.29	0.147	2736.94	56.62
Nodo 26	2680.12	0.077	2736.94	56.78
Nodo 27	2680.10	0.000	2736.94	56.81
Nodo 28	2680.03	0.154	2736.93	56.87
Nodo 29	2680.03	0.000	2736.94	56.88
Nodo 30	2679.88	1.911	2736.93	57.03
Nodo 31	2683.54	0.000	2737.01	53.44

Nodo 32	2684.34	0.252	2736.98	52.61
Nodo 33	2685.29	8.000	2736.91	51.59
Nodo 34	2692.06	0.924	2736.95	44.86
Nodo 35	2697.40	0.672	2736.77	39.35
Nodo 36	2622.22	0.532	2681.84	59.59
Nodo 37	2622.03	0.266	2681.97	59.91

Tabla 22 Demanda y presiones en los nudos
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

La identificación de las tuberías se muestra en la siguiente imagen.

Ilustración 13 Tuberías
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

Tabla de Red - Líneas					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería 1	45.80	200	22.98	0.89	3.7954
Tubería 2	116.26	160	1.50	0.09	0.0717
Tubería 3	140.31	63	0.88	0.35	2.5181
Tubería 4	371.19	200	19.59	0.76	2.8931
Tubería 5	161.78	63	0.53	0.21	0.9880
Tubería 6	104.58	63	0.27	0.10	0.2732
Tubería 7	97.90	110	0.58	0.07	0.0760
Tubería 8	172.85	110	0.42	0.05	0.0430

Tubería 9	99.73	110	0.03	0.00	0.0000
Tubería 10	127.50	110	0.48	0.06	0.0537
Tubería 11	352.62	200	18.91	0.74	2.6759
Tubería 12	62.60	63	0.06	0.02	0.0143
Tubería 14	207.30	200	18.86	0.71	2.4372
Tubería 15	124.05	63	1.12	0.42	3.5416
Tubería 16	143.50	63	0.49	0.18	0.7654
Tubería 17	94.66	110	1.54	0.19	0.4497
Tubería 18	158.50	63	0.72	0.27	1.5598
Tubería 20	148.64	200	15.47	0.58	1.7022
Tubería 21	111.51	160	4.80	0.28	0.5632
Tubería 22	131.10	110	1.03	0.13	0.1998
Tubería 23	76.50	110	0.90	0.11	0.1595
Tubería 24	103.70	110	0.86	0.11	0.1435
Tubería 25	100.90	110	0.81	0.10	0.1269
Tubería 26	80.20	110	0.62	0.08	0.0817
Tubería 27	82.64	110	0.48	0.06	0.0468
Tubería 28	69.66	63	0.10	0.04	0.0463
Tubería 29	57.04	110	0.30	0.04	0.0182
Tubería 30	57.88	63	0.05	0.02	0.0115
Tubería 31	45.60	110	0.30	0.04	0.0196
Tubería 32	160.59	110	1.67	0.21	0.4894
Tubería 33	43.70	160	9.85	0.58	2.2137
Tubería 34	8.00	110	8.00	0.99	8.9297
Tubería 35	73.00	110	1.60	0.20	0.4526
Tubería 36	135.70	63	0.00	0.00	0.0000
Tubería 37	125.80	63	0.67	0.25	1.3747

Tabla 23 Resultados en cada Tubería
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

En la conducción se utilizará tuberías de 200, 160 y 110 mm y esta abastecerá el sistema de hidrantes para la prevención de los flagelos.

En el diseño se colocarán los siguientes tipos de válvulas y accesorios; su posición se detalla en el plano 1 del sistema de agua potable

- Válvulas reguladoras de presión, (60m.c.a)
- Válvula de compuerta
- Tapón

Se deberá considerar también la instalación de válvulas reductoras de presión domiciliarias para los lotes 17, 18, 19,20 del tramo 12 y 4 ya que como muestran los resultados las presiones superan los 70 m. c .a.

1.2 Comprobaciones Adicionales de la red.

Según el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias se tiene que los caudales de diseño para redes de distribución serán el máximo diario más el caudal de incendios, pero se deberán comprobar las presiones en la red para el caudal máximo horario.

Para obtener el caudal máximo horario, según esta misma norma, se tiene un coeficiente K de 2.3 para mayorar el caudal medio diario repartido en cada nodo de consumo.

En total se tendrá que comprobar las presiones en la red para un caudal total de 2.3*10.77l/s +8L/s= 32.62l/s.

1.2.1 Cálculos

En base a las tablas de dotación al nodo obtenidas anteriormente (ver tablas 4-7-10-13-16-19) se obtuvieron las nuevas dotaciones al nodo de caudal máximo horario multiplicando cada dotación por K=2.3 e ingresando dichos datos al programa WATERCAD se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla de Red - Nudos				
	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	m	m
Nodo 1	2620.00	32.62	2740.00	120.00
Nodo 2	2621.99	0.000	2739.73	117.68
Nodo 3	2621.99	0.345	2682.02	60.00
Nodo 4	2622.00	0.000	2682.02	59.99
Nodo 5	2622.03	0.828	2682.00	59.94
Nodo 6	2626.42	0.644	2681.98	55.53
Nodo 7	2623.70	0.207	2681.98	58.25
Nodo 8	2622.83	0.782	2681.96	59.10
Nodo 9	2621.99	0.000	2681.90	59.87
Nodo 10	2622.53	1.449	2681.14	58.58
Nodo 11	2622.62	0.000	2738.88	116.20
Nodo 12	2629.96	1.104	2737.78	107.77
Nodo 13	2654.91	0.000	2736.09	81.14
Nodo 14	2654.91	0.092	2736.09	81.14
Nodo 15	2668.15	1.196	2735.18	67.00
Nodo 16	2664.39	1.035	2726.92	62.49
Nodo 17	2660.47	0.805	2726.64	66.13
Nodo 18	2666.89	1.345	2735.09	68.17
Nodo 19	2679.00	2.541	2734.69	55.66
Nodo 20	2684.50	3.450	2734.53	50.01
Nodo 21	2680.83	0.207	2734.47	53.61
Nodo 22	2679.41	0.069	2734.44	55.00
Nodo 23	2679.82	0.092	2734.40	54.55
Nodo 24	2680.19	0.299	2734.37	54.15
Nodo 25	2680.29	0.241	2734.35	54.03
Nodo 26	2680.12	0.126	2734.34	54.19

Nodo 27	2680.10	0.000	2734.34	54.21
Nodo 28	2680.03	0.253	2734.33	54.27
Nodo 29	2680.03	0.000	2734.34	54.28
Nodo 30	2679.88	3.139	2734.33	54.43
Nodo 31	2683.54	0.000	2734.51	50.95
Nodo 32	2684.34	0.414	2734.57	50.20
Nodo 33	2685.29	8.000	2734.50	49.18
Nodo 34	2692.06	1.518	2734.49	42.40
Nodo 35	2697.40	1.104	2734.05	36.63
Nodo 36	2622.22	0.874	2681.56	59.31
Nodo 37	2622.03	0.437	2681.89	59.83

Tabla 24 Demanda y presiones en los nudos
Fuente: WATERCAD
Elaborado: Equipo de Trabajo

1.3 Diseño de Acometidas interiores para lotes.

1.3.1 Consideraciones de Dimensionamiento

Para el diseño de la acometida se tiene los siguientes criterios:

- Tipo de abastecimiento

Se considerará para el cálculo un abastecimiento directo de la red principal es decir sin ningún tipo de almacenamiento o cisterna.

- Caudal de diseño

Para obtener el caudal con el que se diseñará la acometida se considera el consumo general de los lotes de todo el ecoparque por metro cuadrado, en base al área total de todos los lotes y el caudal de consumo total obtenido para el ecoparque 10.7 lt/s

A continuación se presentan las áreas útiles de cada lote del ecoparque:

lote	Área Útil m2
1	1031.5
2	3324.4
3	1923.3
4	2318.3
5	995.1
6	1042.5
7	1280.0
8	1302.9
9	1173.4
10	1059.1
11	1138.1
12	1134.2
13	940.2

14	940.7
15	2107.1
16	2027.3
17	862.2
18	4078.3
19	1271.8
20	1451.9
21	780.9
22	832.2
23	574.3
24	800.1
25	800.0
26	919.9
27	785.8
32	786.5
33	786.4
28	31932.5
29	252.4
30	201.1
31	4383.8
34	785.7
35	1925.1
37	20769.0
38	1750.8
36	4676.6
39	887.0
40	781.9
43	1634.8
42	907.0
43	786.1
44	786.0
45	992.2
46	1405.1
47	785.0
48	785.0
49	785.0
50	785.0
51	785.0
52	785.0
53	785.0
54	1151.9
55	1150.2
56	985.1
57	985.1
58	869.6
59	824.3
60	824.1
61	823.9
62	827.7
63	853.0
64	783.3
65	854.3

66	960.4
68	948.9
69	866.2
67-A	9490.4
67-B	6837.5
70	754.8
71	939.4
72	789.0
73	789.0
74	789.0
75	1539.6
76	1066.8
TOTAL	155093.9

Tabla 25 Áreas Útiles de Lotes
Fuente: equipo consultor
Elaborado: Equipo de Trabajo

Por lo tanto el caudal por unidad de área será de: 10.7/155093.9= 0.000069 l/s m^2

Tomando el lote de mayor área; lote 28= 31932.5 m2 s tenemos un caudal para acometida de **Qa= 31932.5 X 0.000069 = 2.2 l/s.**

El caudal anterior de 2.2L/s se utilizará en el diseño de acometidas para los lotes de mayor tamaño mientras que para los demás lotes se utilizará un lote promedio. El lote promedio se obtiene también de la tabla anterior de áreas útiles:

Lote promedio = 2040.89m^2

Con esto tenemos el siguiente caudal promedio:

Qp= 0.000069 X 2040.89 =0.14Lt/s

- Pérdidas de carga.

Las pérdidas de carga se calcularán con las mismas ecuaciones consideradas para el cálculo de la red principal de Agua Potable del Ecoparque, tanto para pérdidas por fricción de tubería como perdida por accesorios. En definitiva se utilizará la ecuación de Darcy – Weisbach para perdidas de carga por fricción.

- Materiales

Las tuberías de la acometida serán de COBRE TIPO K. Se tomará para el cálculo una longitud de 3m de acometida considerando para esto el ancho de la vereda de 1.5m más el desnivel de excavación de la zanja para agua potable de 1m y una longitud adicional de 0.5m.

- Velocidades Máximas y Mínimas

Según las recomendaciones de ETAPA para instalaciones internas se tienen valores máximos de velocidad de 2.5m/s y mínimos de 0.5m/s.

1.3.2 Cálculos y Resultados

A continuación se presenta los resultados del cálculo realizado mediante hojas de cálculo de Excel.

ACOMETIDA – LOTES DE MAYOR TAMAÑO		
Diámetro Nominal	1 ½''	Plg.
Diámetro interno	37.4	mm
Factor de Fricción	0.0193	
Reynolds	74672.426	
Velocidad	2.002	m/s
Qa=caudal de acometida	2.2	Lt/s
Qa=caudal de acometida	0.0022	m3/s
Área mojada	0.00109	m2
Long. Acometida	3.00	m
Ht= pérdida de carga por fricción y accesorios	0.432	m

Tabla 26 Diseño Lotes de Mayor Tamaño
Fuente: equipo consultor
Elaborado: Equipo de Trabajo

ACOMETIDA – LOTES		
Diámetro Nominal	3/4''	Plg.
Diámetro interno	17.2	mm
Factor de Fricción	0.03075	
Reynolds	10332.579	
Velocidad	0.602	m/s
Qa=caudal de acometida	0.14	Lt/s
Qa=caudal de acometida	0.00014	m3/s
Área mojada	0.00023	m2
Long. Acometida	3.00	m
Ht= pérdida de carga por fricción y accesorios	0.1356	m

Tabla 27 Acometida lotes Promedio
Fuente: equipo consultor
Elaborado: Equipo de Trabajo

RESPONSANBLE DEL PROYECTO

_____

Ing. Víctor Manuel Chacón Cedeño
SENESCYT: 1007-08-832431

2 BIBLIOGRAFIA

- Especificaciones técnicas para diseño agua potable y alcantarillado de ETAPA -EP
- Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de Obras Sanitarias
- Especificaciones de los Fabricantes
- Información provista por el EDEC - EP