

## **Agradecimientos**

A los profesores de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales por el aporte de sus conocimientos y experiencia.

A la Secretaria de Recursos Hídricos y Coordinación, por darme la posibilidad de realizar la Practica Supervisada, a los Ingenieros Juan Bresciano, Silvia Simonian y Hugo Porchietto por el apoyo en todo momento.

## ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	4
1.1- PRESENTACIÓN	4
2- MARCO DE REFERENCIA	5
2.1- HUINCA RENANCÓ: UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES	5
2.2- ESTADO ACTUAL DEL SERVICIO	6
2.3- OBRAS COMPLEMENTARIAS (PROYECTO INTEGRAL)	7
2.4- OBJETIVOS	8
2.5- RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES E INFORMACIÓN	8
3- PARAMETROS DE DISEÑO	9
3.1- PERIODO DE DISEÑO	9
3.2- AREA DE ESTUDIO	10
3.3- POBLACION DE DISEÑO	10
3.3.1- Método de la tasa geométrica decreciente	10
3.3.2- Distribución de la Población	12
3.3.3- Cobertura del servicio	14
3.3.4- Dotación	14
3.3.4.1- Consumo y Dotaciones	14
3.3.4.2- Consumos No Residenciales (%CNR)	15
3.3.4.3- Agua No Contabilizada (%ANC)	15
3.3.4.4- Caudales de diseño (QA = QmaH)	15
4- RED DE DISTRIBUCIÓN	18
4.1- REQUERIMIENTOS DE LA RED	18
4.2- MALLAS PRINCIPALES	18
4.2.1- Ventajas y Desventajas de un sistema de Redes Cerradas	18
4.3- ASIGNACIÓN DE CAUDALES NODALES	18
4.4- MATERIAL EMPLEADO EN LAS CAÑERÍAS DE DISTRIBUCIÓN	24
4.4.1- Condiciones básicas	24
4.4.2- Condiciones secundarias	24
4.4.3- Características de las cañerías según el tipo de material	25
4.4.4- Elección de la cañería en función de las características generales	25
4.4.5- Elementos geométricos de las líneas de conducción	26
4.5- OTROS ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	27
4.5.1- VALVULAS	27
4.5.1.1- Válvulas de Cierre	27
4.5.2- CAMARAS DE DESAGÚE	27
4.5.3- HIDRANTE	27
5- MODELACIÓN	28
5.1- INTRODUCCION	28
5.2- EPANET	28
5.3- PASOS PARA UTILIZAR EPANET.	29
5.4- MODELO DE LA RED	29
5.4.1- Componentes Físicos de la Red	30
5.5- RED USO GENERAL	33
5.5.1- Datos de Entrada	33

5.5.2- Datos de Salida	36
5.6- RED CONSUMO HUMANO	42
5.6.1- Datos de Entrada	42
5.6.2- Datos de Salida	44
6- CONCLUSIÓN	51
7- BIBLIOGRAFÍA	52
8- ANEXO: Cómputo y Presupuesto, Planos	53

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PRESENTACIÓN**

En el presente trabajo se desarrolla la modelización de la doble red de distribución de agua para la localidad de Huinca Renancó provincia de Córdoba, donde se plantea un sistema de mallas cerradas y luego se verifica el comportamiento hidráulico con la utilización del programa EPANET.

Este trabajo surge a partir de la necesidad de dicha localidad de contar con un sistema de distribución eficiente que brinde una solución a la situación actual.

Indudablemente, el nivel de vida que caracteriza a una población está ligado, en gran parte, al agua. Las condiciones de presión y calidad del suministro varían en él espacio y en el tiempo, y factores como el crecimiento poblacional y el desarrollo industrial influyen en la dinámica de crecimiento de la red de abastecimiento de una población. Las consecuencias de estas variaciones deben poder preverse con el objetivo de implantar las soluciones técnicas necesarias a tiempo a fin de que la demanda quede satisfecha.

## 2 MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 HUINCA RENANCÓ: UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

La localidad de Huinca Renancó se encuentra ubicada en el departamento General Roca, al sur de la provincia de Córdoba a una distancia aproximadamente de 420 km de la ciudad de Córdoba. Se puede acceder a ella desde Córdoba Capital por Ruta Nacional N° 36 hasta Río Cuarto y desde allí por Ruta Nacional N° 35 hasta la intersección con la Ruta Provincial N° 26 (Figura 2.1).

Se encuentra en plena llanura pampeana y su principal actividad económica es la agricultura y la ganadería.

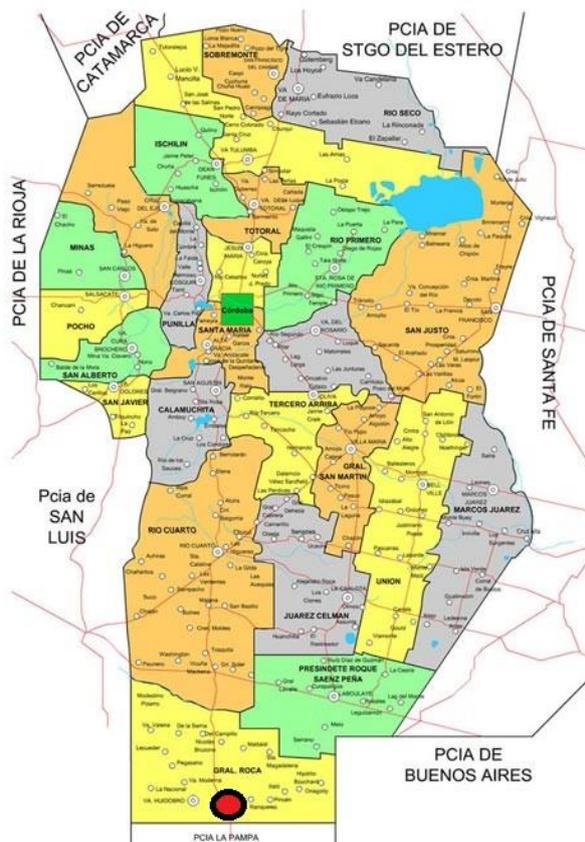


Figura 2.1: Ubicación de la localidad de Huinca Renancó (Dpto General Roca)

## 2.2 ESTADO ACTUAL DEL SERVICIO

En la actualidad la localidad de Huinca Renancó tiene una población estable de aproximadamente 10.000 habitantes.

El abastecimiento de agua para consumo humano y uso general en la localidad se realiza de diferentes maneras:

- a) *Planta potabilizadora* a partir de un sistema de Osmosis Inversa con desinfección UV (Utra Violeta) de la Cooperativa Ltda. de Electricidad y Servicios Anexos de Huinca Renancó. Esta sistema produce agua potable a partir de un sistema de ÓSMOSIS INVERSA CON DESINFECCIÓN UV (ultra violeta), por medio del cual se logra potabilizar el agua de los acuíferos subterráneos. La calidad del agua obtenida por este proceso de potabilización es óptima y cumple con las exigencias del Código Alimentario Argentino. La limitante clave de este abastecimiento es que al no disponer de una red de agua de distribución domiciliaria, las personas acceden al agua potable concurriendo a la planta con envases propios, o bien esperando el paso por distintos sectores de la ciudad de un camión de reparto de agua potable acondicionado a tal fin, para garantizar con el mismo la potabilidad del agua cargada en planta al camión.
- b) *Perforaciones domiciliarias*. A partir de acuíferos subterráneos, los cuales se encuentran entre los 6 y 15 metros de profundidad. Esta fuente de agua se utiliza para Uso General y NO para Consumo Humano. Esta forma de abastecimiento le permite a los hogares acceder a un volumen de agua óptimo para el uso doméstico, pero la limitante clave de este abastecimiento es el elevado nivel de contaminación natural y entrópica de los acuíferos subterráneos, debido a las condiciones naturales de estos suelos y debido a que recién en el año 2.007 se puso en funcionamiento el sistema de desagües cloacales, lo que permite comenzar a sacar de funcionamiento los pozos ciegos o negros de cada domicilio.
- c) *Red domiciliaria* para Uso General (solo dos barrios), la que ha sufrido numerosos deterioros por la presencia de altos contenidos salinos (arsénico y flúor entre otros), lo que la convierten en agua No apta para el Consumo Humano. (Figura 2.2)

Este sistema se compone de la siguiente manera:

1. Abastecimiento: Mediante una perforación situada en el predio de la localidad, con su respectivo equipo de bombeo.
2. Reservas: Consta de 1 (una) cisterna sobre elevada de 320 m<sup>3</sup> de capacidad. La misma se utiliza para bombear al tanque elevado de 200 m<sup>3</sup> de capacidad y desde el mismo distribuir por gravedad a la zona servida.
3. Red de distribución: Está configurada como red abierta, compuesta por cañerías de PVC clase 6, cuyos diámetros se desconocen.

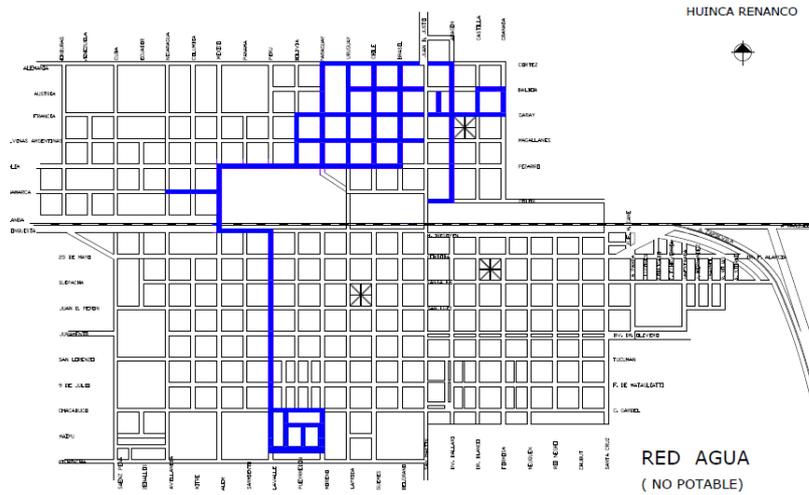


Figura 2.2: Red existente para agua de Uso General.

d) *Agua de lluvia* recolectada en diferentes reservorios (aljibes, tanques).

### 2.3 OBRAS COMPLEMENTARIAS (PROYECTO INTEGRAL)

A partir de estudios desarrollados por docentes de la Universidad Nacional de Río Cuarto donde definen el recurso disponible para la localidad de Huinca Renancó se plantea la posibilidad de la doble red para preservar el mismo, donde se abastecerá de agua potable por medio de perforaciones desde el sector “A” (SDT<1000ppm) y para agua de uso general desde el sector “B” (SDT<1500ppm) (Figura 2.3). Se conduce ambas calidades de aguas por acueductos hacia la planta potabilizadora de la localidad donde allí es tratada y luego mediante bombas hidroneumáticas son alimentadas ambas redes de distribución y de estas a las instalaciones domiciliarias.

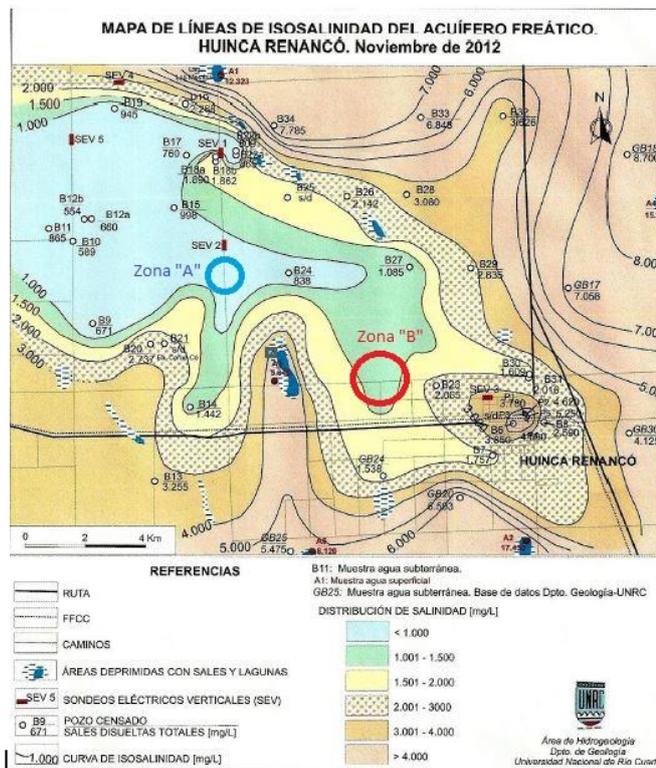


Figura 2.3: Recurso disponible para la localidad de Huinca Renancó.

## 2.4 OBJETIVOS

En el presente trabajo se plantea el sistema de doble red de distribución de agua, por las cuales se abastece de agua para Consumo Humano y Uso General. Se realiza el cálculo de caudales, el trazado de las mallas y por último una modelación de las mismas para verificar su correcto comportamiento hidráulico.

El objetivo de la modelación es poder aproximarse al posible comportamiento hidráulico de las redes proyectadas.

## 2.5 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES E INFORMACIÓN

Para realizar el trabajo fue necesaria la búsqueda de la siguiente información:

- Redes existentes y proyectos anteriores.
- Relevamiento topográfico planialtimétrico de la localidad.
- Loteos existentes aprobados.
- Planos de la localidad con calles pavimentadas (tipo de pavimento y veredas), vías de ferrocarril y ubicación planta de tratamiento de osmosis inversa.
- Situación actual del abastecimiento de agua potable.
- Definición de radio a servir actual y futuro.
- Censos poblacionales.
- Dotaciones de consumo por habitante/día.

Una vez obtenidos se realizó:

- Cálculo de caudales.
- Trazado y modelado de las redes.
- Planos y planillas.

### 3 PARAMETROS DE DISEÑO

Para llevar a cabo el proyecto se debe fijar los siguientes parámetros de diseño:

- Periodo de diseño
- Área de estudio
- Población de diseño
- Densidad de población
- Coberturas de servicio
- Dotación de consumo
- Coeficientes de caudal
- Caudales de diseño

#### 3.1 PERIODO DE DISEÑO

El “período de diseño” de un proyecto, es el tiempo medido en años, durante el cual la obra puede cumplir satisfactoriamente con las funciones para las cuales fue proyectada.

En el presente trabajo se adoptó como periodo de diseño 20 años, en función de las obras e instalaciones previstas. El mismo se mide a partir de la fecha efectiva de iniciación de las operaciones del sistema, el cual se prevé para el año 2016. Esto implica que la población a servir deberá contar con el suministro de agua en calidad y cantidad, según las dotaciones adoptadas hasta el año 2036, final del periodo.

No necesariamente todas las partes del proyecto deben poseer el mismo período de diseño, ya que esto depende de diversos factores entre los cuales pueden mencionarse: prioridades y disponibilidad de financiamiento; tipo de obras, obra civil, líneas de conducción, redes de distribución, equipos e instalaciones mecánicas y electromecánicas, equipos e instalaciones eléctricas, cisternas de almacenamiento y equipamiento auxiliar, todos estos con iguales o distintos períodos de diseño.

En la Tabla 3.1 se observan los distintos períodos de diseño, que se deben adoptar según la normativa del ENOHSa, para los distintos componentes del sistema de agua potable.

Sector	Período de diseño años
Sistemas de Captación	20 (Superficiales) 10 (Pozos)
Líneas de Impulsión	15
Plantas de Potabilización	
Obras Civiles básicas	20
Obras Civiles del Módulo de tratamiento 1 <sup>a</sup> etapa	10
Instalaciones electromecánicas	10
Tanques y Cisternas de Almacenamiento	10
Redes de Distribución	15
Estaciones de Bombeo	
Obras Civiles	20
Instalaciones electromecánicas	10
Medidores Domiciliarios	5 a 8

Tabla 3.1: Períodos de Diseño, Sistema de Agua potable. Fuente: ENOHSa (2001).

### 3.2 AREA DE ESTUDIO

Se analiza el área inmediata a servir, y las posibilidades de expansión y consolidación durante el período de diseño, para definir los límites del radio futuro a servir.

Se estima que seguirá aumentando la superficie del área urbana, sin perjuicio de la probable densificación de las zonas actualmente pobladas.

El municipio tiene definidas dos áreas de expansión poblacional dentro del ejido urbano. Una de ellas se encuentra al noreste de la ciudad y la otra está ubicada al sureste de ejido urbano donde en ambas se generan nuevos loteos (Plano 1).

Luego de realizar las proyecciones de crecimiento poblacional se estimará el tamaño posible de estas zonas de expansión.

La definición del área de estudio se considerará previendo una expansión de la planta urbana alrededor del núcleo de mayor densificación poblacional.

### 3.3 POBLACION DE DISEÑO

El crecimiento demográfico de una localidad en un determinado período es consecuencia de la acción conjunta de dos procesos: *el crecimiento vegetativo y el movimiento migratorio*.

Frente a estos procesos de naturaleza muy compleja, los distintos métodos de proyección se limitan a estimar como ha de ser la evolución de la comunidad en el futuro, teniendo en cuenta para ello como ha sido su progreso en el pasado.

Sobre la base de datos se define la población a servir para el horizonte de proyecto, al año 2036. Para determinar la población inicial se tomaron los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 1991, 2001 Y 2010 otorgados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC).

#### Proyección Demográfica

La proyección demográfica se basa en la información obtenida de los censos nacionales de población y vivienda, complementada con la información obtenida de otras fuentes (comuna, cooperativas, etc.).

El método empleado para efectuar la proyección fue el Método de la Tasa Geométrica Decreciente.

#### 3.3.1 Método de la tasa geométrica decreciente

La “tasa media anual” para la proyección de la población se define en base al análisis de las tasas medias anuales de los dos últimos períodos censales.

“Período de proyecto y construcción de la obra” ( $n_o$ ); intervalo entre el año de ejecución del proyecto y el de habilitación de la obra. Se adoptó un año.

$$n_o = 1 \text{ año}$$

$P_a$  = Población actual (fecha de ejecución del proyecto) 2015

$P_o$  = Población inicial (año de habilitación de las obras) 2016

$P_{36}$  = Población prevista para el último año del período de diseño 2035

$i_1$  = Tasa media anual de variación de la población durante el penúltimo período censal.

$i_2$  = Tasa media anual de variación de la población del último período censal

$n_1$  = Número de años del período censal entre el primer y segundo censo (10 años)

$n_2$  = Número de años del período censal entre el segundo y último período censal (9 años)

Fueron utilizados los datos del INDEC de los últimos tres períodos censales (1991-2001-2010).

P1 = número de habitantes del primer censo en estudio (1991)

P2 = número de habitantes del penúltimo censo (2001)

P3 = número de habitantes del último censo (2010)

$$i_1 = \sqrt[n_1]{\frac{P2}{P1}} - 1$$

$$i_2 = \sqrt[n_2]{\frac{P3}{P2}} - 1$$

$n_1 = 10 \text{ años}$

$n_2 = 9 \text{ años}$

$$i_1 = \sqrt[10]{\frac{8637}{8682}} - 1 = -0,00052$$

$$i_2 = \sqrt[9]{\frac{9487}{8637}} - 1 = 0,0105$$

Adoptamos como tasa anual de crecimiento el valor de  $i_2=1.05\%$ .

En la Tabla 3.1 y Grafico 3.1 se muestran el número de habitantes para el último año del periodo de proyecto y la proyección demográfica de la localidad.

	Año	Nº de habitantes	Intervalo de tiempo [años]	Crecimiento Poblacional	Crecimiento Porcentual [%]	Tasa de crecimiento anual [%]
Censo Nacional	1991	8682	-	-	-	-
			10	-45	-0,52	-0,052
Censo Nacional	2001	8637				
			9	850	9,84	<b>1,05</b>
Censo Nacional	2010	9487				
			6	613	6,46	1,05
Año inicio	2016	10100				
			10	1110	10,99	1,05
	2026	11210				
			10	1232	10,99	1,05
	<b>2036</b>	<b>12442</b>				
			-	-	-	-

Tabla 3.1: Proyección demográfica y número de habitantes para el último año del periodo de proyecto.

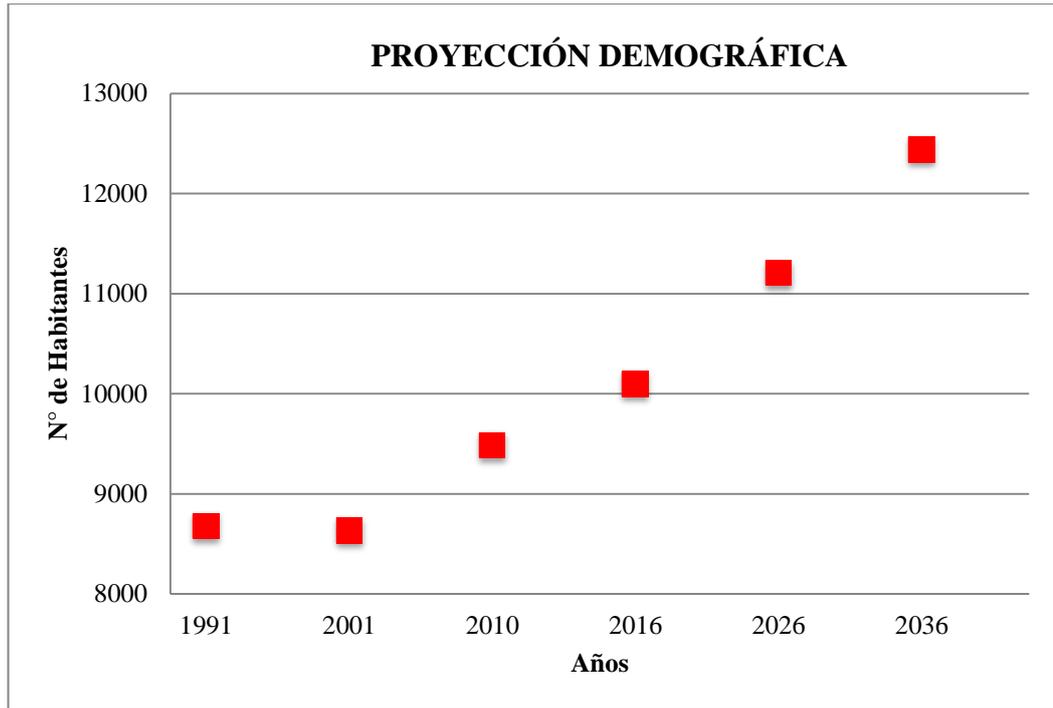


Gráfico 3.1: Proyección demográfica de la localidad de Huinca Renancó.

### 3.3.2 Distribución de la Población

Una vez definido el radio a servir (*Plano 1*), el área es dividida en 11 zonas de diferente densidad de población (Figura 3.1).

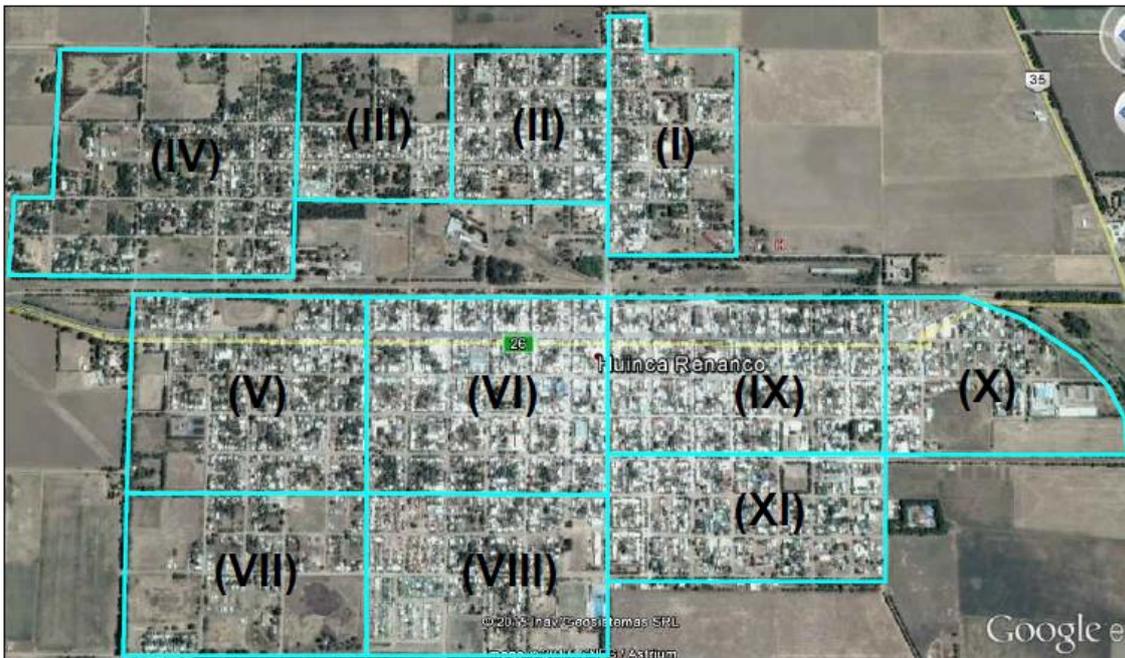


Figura 3.1 Zonas de diferente densidad de Población.

A partir de la distribución de medidores de energía eléctrica otorgada por la Cooperativa de Electricidad de Huinca Renancó, se pudo determinar con buena aproximación la cantidad de habitantes en cada área (Figura 3.2).



Figura 3.2: Medidores de energía eléctrica distribuidos en la localidad de Huinca Renancó.

La población proyectada para el año horizonte de diseño es de 12.442 habitantes, por lo cual habrán 2.342 habitantes que deberán instalarse tanto en las áreas de expansión previstas por el municipio, como en las zonas actualmente habitadas densificándolas.

Se supone una distribución de ese incremento de la población en función de las zonas de expansión poblacional dentro del ejido urbano.

Se propuso distintos incrementos porcentuales de la población para las distintas zonas en función de la dirección de la expansión de la población urbana y de la cercanía de las zonas al núcleo urbanístico sabiendo que éste será el de mayor densidad poblacional e irán en disminución en forma radial a medida que la distancia al núcleo urbano sea mayor.

En la Tabla 3.2 se ve procesada la información y así se obtiene el número de habitantes para cada zona.

Zona	Superficie (Ha)	Nº de Medidores (2016)	% de ocupación	Nº de habitantes (2016)	Nº de Habitantes por hectárea (2016)	% de incremento de población	Nº habitantes debido al incremento	Habitantes al final del periodo de diseño (2036)	Nº de Habitantes por hectárea (2036)
<b>I</b>	15	252	7	661	44	15	351	1012	67
<b>II</b>	16	331	9	868	54	4	94	962	60
<b>III</b>	16	151	4	396	25	2	47	443	28
<b>IV</b>	36	233	6	611	17	2	47	658	18
<b>V</b>	28	437	11	1146	41	5	117	1264	45
<b>VI</b>	29	772	20	2025	70	20	468	2494	86
<b>VII</b>	24	103	3	270	11	2	47	317	13
<b>VIII</b>	24	320	8	839	35	10	234	1074	45
<b>IX</b>	27	736	19	1931	72	15	351	2282	85
<b>X</b>	26	198	5	519	20	10	234	754	29
<b>XI</b>	19	317	8	832	44	15	351	1183	62
<b>Total =</b>	<b>260</b>	<b>3850</b>	<b>100,00</b>	<b>10100</b>	<b>39</b>	<b>100</b>	<b>2342</b>	<b>12442</b>	<b>48</b>

Tabla 3.2: Habitantes en cada zona al final del periodo de proyecto.

### 3.3.3 Cobertura del servicio

En la medida que la demanda lo requiera se irán incorporando nuevas conexiones, en consecuencia, la evolución de la cobertura del servicio de agua potable será concordante con la evolución de la población. Por lo tanto la población servida será, en cada instante, la población proyectada (cobertura del 100%).

### 3.3.4 Dotación

La dotación es la cantidad media de agua utilizada diariamente por un habitante, expresada generalmente en litros, en ella se involucran los consumos para uso residencial, no residencial (piletas, grandes usuarios), pérdidas, de uso municipal, etc.

Es importante, para fijar la dotación, tener en cuenta ciertos factores que influyen directamente en su valor ya que no es una cantidad fija, sino que debe ser determinada para cada sistema.

Factores Genéricos:

- Tamaño de la ciudad: en las grandes ciudades donde hay un estrato social importante, existe un gran consumo ya que recurren al uso de agua para diversos fines, siendo menor el consumo en localidades pequeñas, pues sus habitantes limitan su uso para atender necesidades de uso doméstico.
- Características de la ciudad: el consumo per cápita será diferente si se trata de ciudades industriales, comerciales, balnearios, etc.
- Clima: el clima influye en el consumo de agua, elevándolo en aquellas comunidades situadas en regiones tórridas y secas, y reduciendo su valor en las regiones templadas o frías.
- Hábitos Higiénicos: es evidente que en una población sanitariamente educada el consumo será mayor, ya que el agua es un elemento fundamental para la higiene individual.
- Evacuación de los líquidos residenciales: en las ciudades que disponen de redes cloacales, a través de las cuales los materiales de desecho son fácilmente eliminables, el consumo de agua será mayor que en las ciudades que no disponen de la misma.

Factores Específicos:

- Modalidad del abastecimiento: en comunidades servidas por un sistema público de abastecimiento el consumo de agua es mayor que en aquellas donde se cuenta con un sistema rudimentario.
- Calidad del agua: el agua potable tiene un mayor consumo que otra turbia, con olor o sabor desagradable.
- Presión en la red: la presión en la red afecta el consumo a través de los derroches y las pérdidas, puesto que al aumentar la presión en la cañería, las pérdidas en las juntas aumentan y también crecen los derroches, ya que es mayor el volumen de agua que sale en un tiempo determinado por un grifo abierto o un artefacto defectuoso.
- Control de consumo: cuando el uso del agua es medido, el consumo disminuye, pues el usuario pagará una tarifa acorde al gasto realizado, se cuidará entonces de hacer derroches ya sea por desperdicio del agua en su uso o en roturas de sus instalaciones domiciliarias.

#### 3.3.4.1 Consumo y Dotaciones

Para definir las dotaciones se tuvo en cuenta el informe técnico realizado por profesionales de la Universidad Nacional de Rio IV donde en él se realiza el estudio para la explotación del acuífero que abastecerá a la localidad. En el informe se recomienda que para preservar el recurso se deberán utilizar dos calidades de aguas, por lo tanto se definen 2 dotaciones, una para cada una.

Primero para definir cada dotación se debe tener presente los siguientes conceptos y definiciones:

*Agua potable/Consumo Humano:* Agua apta para consumo humano, que cumple con el Código Alimentario Argentino (CAA), y su uso básico sería para utilizarla para beber y cocinar.

*Agua corriente/Usos Generales:* Agua no apta para consumo humano, para usos generales en el hogar.

Por lo tanto se definió como valores para las dotaciones:

*Agua para Consumo Humano: 10 l/hab.día*

*Agua Usos Generales: 150 l/hab.día*

En el diseño de esta red se aconseja establecer políticas de restricción al derroche y al consumo excesivo, y se adopta el criterio de no abastecer desde la red a grandes consumidores, como por ejemplo las industrias para el proceso productivo, piletas de natación, riego de espacios verdes públicos, etc. Estos deberán abastecerse por perforaciones individuales o utilizando otros sistemas alternativos de provisión de agua o aplicando políticas de reúso de agua residual, etc.

### 3.3.4.2 Consumos No Residenciales (%CNR)

Como no se dispone de los datos necesarios para el cálculo del consumo no residencial, se considera que el mismo será igual al 15 % del consumo residencial.

### 3.3.4.3 Agua No Contabilizada (%ANC)

Para la nueva red, las especificaciones de construcción exigirán que se tomen los recaudos necesarios para minimizar las pérdidas.

De acuerdo con la normativa del ENOHS, una meta razonable para el agua no contabilizada es del orden del 20% de la dotación media aparente de producción. Esta meta se mantendrá a lo largo del período de diseño si se implementan acciones comerciales para la detección de clandestinos y acciones para la reducción de fugas.

### 3.3.4.4 Caudales de diseño ( $Q_A = Q_{maH}$ )

Para cada calidad de agua se calcula el caudal de diseño:

Caudal Medio Diario:

$$Q_{MeD} [l/s] = \left( \frac{(Población \times Dotación) + (\% CNR)}{\frac{86400}{1 - \%ANC}} \right)$$

Caudal Máximo Diario:

$$Q_{MaD} [l/s] = \alpha_1 \times Q_{MeD}$$

Caudal Máximo Horario:

$$Q_{MaH} [l/s] = \alpha_2 \times Q_{MaD}$$

Se adoptarán los coeficientes recomendados por la normativa del ENOHSA, para poblaciones entre 3.000 y 15.000 habitantes, cuando no existan registros de consumo de agua potable o de caudales de efluentes cloacales suficientes como para realizar una estimación de los mismos.

Población servida	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta$
500 h < P <sub>s</sub> ≤ 3.000 h	1,40	1,90	2,66	0,60	0,50	0,30
3.000 h < P <sub>s</sub> ≤ 15.000 h	1,40	1,70	2,38	0,70	0,50	0,35
15.000 h < P <sub>s</sub>	1,30	1,50	1,95	0,70	0,60	0,42

$\alpha_1 = 1,40$  (Coeficiente Máximo Diario)

$\beta_1 = 0,70$  (Coeficiente Mínimo Diario)

$\alpha_2 = 1,70$  (Coeficiente Máximo Horario)

$\beta_2 = 0,50$  (Coeficiente Mínimo Horario)

$\alpha = 2,38$

$\beta = 0,35$

Caudal	Nomenclatura
Máximo Horario	Q <sub>A</sub>
Máximo Diario	Q <sub>B</sub>
Medio Diario	Q <sub>C</sub>
Mínimo Diario	Q <sub>D</sub>
Mínimo Horario	Q <sub>E</sub>

El modelado de la red se va a realizar con el caudal de diseño que corresponde al caudal máximo del día de máximo consumo al final del período de diseño Q<sub>A</sub>(2036).

### Caudales característicos para USO GENERAL

Año	[N° de habitantes]	Q <sub>A</sub> [l/s]	Q <sub>B</sub> [l/s]	Q <sub>C</sub> [l/s]	Q <sub>D</sub> [l/s]	Q <sub>E</sub> [l/s]
2016	10100	59,99	35,29	25,21	17,64	8,82
2026	11210	66,58	39,17	27,98	19,58	9,79
2036	12442	<b>73,90</b>	43,47	31,05	21,74	10,87

Se calcula el caudal en cada zona en función de la cantidad de habitantes que tiene cada una:

Zona	Q <sub>A</sub> [l/s]
I	6,01
II	5,71
III	2,63
IV	3,91
V	7,50
VI	14,81
VII	1,88
VIII	6,38
IX	13,55
X	4,48
XI	7,03
<b>Total =</b>	<b>73,90</b>

Caudales característicos para CONSUMO HUMANO:

Año	[N° de habitantes]	Q <sub>A</sub> [l/s]	Q <sub>B</sub> [l/s]	Q <sub>C</sub> [l/s]	Q <sub>D</sub> [l/s]	Q <sub>E</sub> [l/s]
2016	10100	4,00	2,35	1,68	1,18	0,59
2026	11210	4,44	2,61	1,87	1,31	0,65
2036	12442	<b>4,93</b>	2,90	2,07	1,45	0,72

Zona	Q <sub>A</sub> [l/s]
I	0,40
II	0,38
III	0,18
IV	0,26
V	0,50
VI	0,99
VII	0,13
VIII	0,43
IX	0,90
X	0,30
XI	0,47
<b>Total =</b>	<b>4,93</b>

## 4 RED DE DISTRIBUCIÓN

### 4.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED

Debido a que no existe un plan de ordenamiento urbano, no es posible conocer con certeza en primera instancia la zona en donde se producirán los nuevos asentamientos, por lo que se recurrió al plano catastral brindado por la localidad, a fotos aéreas (Google Earth) y consultando a personal a cargo de obras pública de la municipalidad sobre los lugares en donde se han emplazado mayoritariamente las viviendas más recientes y últimos loteos realizados.

Según la información provista no hay una tendencia a ampliar la superficie actualmente ocupada, sino más bien a densificarla. Este fue el criterio adoptado. Se contemplaron los posibles crecimientos demográficos, con diámetros y materiales adecuados de tal manera que en el futuro se pueda abastecer a esa posible densificación con caudal y presión suficiente.

### 4.2 MALLAS PRINCIPALES

El sistema de abastecimiento se ha diseñado con redes cerradas, cuyo trazado se puede observar en el Plano 2. La red mallada tiene cañerías conectadas entre sí, de forma tal que el agua pueda llegar hasta un punto determinado siguiendo varios caminos posibles. Esto implica que la circulación del agua este determinada por el estado de presiones de la red. El tamaño de las mallas se definió entre 300m y 700m.

El trazado de la mallas busca que sean regulares (rectangulares o cuadradas) y gravitatorias.

Las cañerías interiores de las mallas, o cañerías secundarias no se calculan se les designa directamente un diámetro mínimo en función de la longitud del tramo, la cantidad de usuarios a servir, tipos de usuarios y de conexiones. Las conexiones secundarias son las encargadas de abastecer las conexiones domiciliarias.

#### 4.2.1 Ventajas y Desventajas de un sistema de Redes Cerradas

##### Ventajas

- El cierre de un punto cualquiera de la red no ocasiona la interrupción del servicio aguas abajo debido a que el agua circula en dos sentidos.
- No hay puntos de aguas muertas dado que la cañería no se corta, ya que es un sistema cerrado. Por ello el fluido está en permanente circulación lo que dificulta la sedimentación.

##### Desventaja

- Es un sistema caro dado la mayor cantidad de válvulas que se utilizan.

### 4.3 ASIGNACION DE CAUDALES NODALES

Para asignar caudales a los nudos fue necesario determinar la longitud de las cañerías principales y las secundarias que son abastecidas por cada cañería principal.

Se calculó el gasto hectométrico para cada malla principal con diferente densidad de población a través de la siguiente expresión:

$$gh \text{ (Its/seg.Hm)} = [Q_d \text{ (Its/seg.)} \cdot 100 \text{ (m/Hm)}] / Lt \text{ (m)}$$

Siendo:

gh = gasto hectométrico.

$Q_d$  = caudal de diseño de cada zona o malla.

Lt = longitud total de cálculo.

La longitud total de cálculo se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$L_t = 0. \sum L_0 + 1. \sum L_1 + 1/2. \sum L_2$$

$L_0$  = longitud de tramo sin conexiones domiciliarias.

$L_1$  = longitud de tramo que abastece a dos frentes.

$L_2$  = longitud de tramo que abastece a un solo frente.

Luego se determinan los gastos en ruta para cada tramo de cada malla principal, considerando la densidad de población y los frentes abastecidos. Existen once gastos hectométricos diferentes, uno para cada zona.

$$gr \text{ (lts/seg)} = gh \text{ (lts/seg.Hm)} \cdot Lcañ \text{ (m)}$$

A cada nudo perteneciente a la red se le asigna la sumatoria de los caudales entrantes al mismo.

**Gastos Hectométricos por malla:**

USO GENERAL:

Zona/Malla	$Q_A$ [l/s]	Lt [Hm]	gh [l/s.Hm]
I	6,01	47,0	0,1279
II	5,71	51,6	0,1108
III	2,63	37,6	0,0701
IV	3,91	85,8	0,0455
V	7,50	67,7	0,1109
VI	14,81	71,7	0,2067
VII	1,88	52,5	0,0359
VIII	6,38	66,0	0,0967
IX	13,55	68,9	0,1967
X	4,48	54,8	0,0817
XI	7,03	60,2	0,1167
<b>Total =</b>	<b>73,90</b>		

CONSUMO HUMANO:

Zona/Malla	$Q_A$ [l/s]	Lt [Hm]	gh [l/s.Hm]
I	0,40	47,0	0,0085
II	0,38	51,6	0,0074
III	0,18	37,6	0,0047
IV	0,26	85,8	0,0030
V	0,50	67,7	0,0074
VI	0,99	71,7	0,0138
VII	0,13	52,5	0,0024
VIII	0,43	66,0	0,0064
IX	0,90	68,9	0,0131
X	0,30	54,8	0,0054
XI	0,47	60,2	0,0078
<b>Total =</b>	<b>4,93</b>		

**Caudales en ruta para cada tramo:**

**USO GENERAL**

NUDOS		Tramo	Longitud									Gasto Hm [l/s.Hm]	Gr [l/s]	Gr [m3/h]
			Principal			Secundaria			TOTAL de cálculo [m]	N° Malla	Total [m]			
			[m]	Tipo	[m]	[m]	Tipo	[m]						
14	1a	100	645	1	645	480	1	480	1125	1	1125	0,1279	1,44	5,18
1a	1d	101	470	1	470	470	1	470	940	1	940	0,1279	1,20	4,33
1d	13a	102a	760	2	380	1040	1	1040	1420	1	1800	0,1279	1,82	6,54
2b	12	102b	595	2	297,5	600	1	600	897,5	2	1195	0,1108	0,99	3,58
2b	3a	103	480	1	480	840	1	840	1320	2	1320	0,1108	1,46	5,27
11a	3a	104a	485	2	242,5	960	1	960	1202,5	2	1445	0,1108	1,33	4,80
11b	3b	104b	485	2	242,5	640	1	640	882,5	3	1125	0,0701	0,62	2,23
4a	3b	105	480	1	480	440	1	440	920	3	920	0,0701	0,64	2,32
10a	4a	106a	485	2	242,5	400	1	400	642,5	3	885	0,0701	0,45	1,62
10b	4b	106b	485	2	242,5	1560	1	1560	1802,5	4	2045	0,0455	0,82	2,96
5	4b	107	715	1	715	720	1	720	1435	4	1435	0,0455	0,65	2,35
8	5	108	840	1	840	1360	1	1360	2200	4	2200	0,0455	1,00	3,61
9	8	111	840	2	420	1680	1	1680	2100	4	2520	0,0455	0,96	3,44
10b	9	112	240	1	240	805	1	805	1045	4	1045	0,0455	0,48	1,71
11b	10a	113	480	1	480	830	1	830	1310	3	1310	0,0701	0,92	3,30
37	11a	115	265	1	265	400	1	400	665	2	665	0,1108	0,74	2,65
14	13a	117	355	1	355	860	1	860	1215	1	1215	0,1279	1,55	5,60
19a	18	118	590	1	590	800	1	800	1390	5	1390	0,1109	1,54	5,55
18	17	119	480	2	240	640	1	640	880	5	1120	0,1109	0,98	3,51
22a	16a	120a	590	2	295	960	1	960	1255	6	1550	0,2067	2,59	9,34
22b	16b	120b	590	2	295	2000	1	2000	2295	5	2590	0,1109	2,55	9,17
17	16b	121	240	2	120	800	1	800	920	5	1040	0,1109	1,02	3,67
26a	27a	122a	450	2	225	1665	1	1665	1890	9	2115	0,1967	3,72	13,39
25a	27b	122b	575	2	287,5	1900	1	1900	2187,5	6	2475	0,2067	4,52	16,28
16a	15	123	710	2	355	2000	1	2000	2355	6	2710	0,2067	4,87	17,53
29c	28a	124a	450	2	225	1265	1	1265	1490	10	1715	0,0817	1,22	4,38
29a	28b	124b	450	2	225	825	1	825	1050	9	1275	0,1967	2,07	7,44
27a	28b	125	830	1	830	1800	1	1800	2630	9	2630	0,1967	5,17	18,63
30	29b	126	350	1	350	560	1	560	910	11	910	0,1167	1,06	3,82
26a	29a	127a	840	2	420	900	1	900	1320	9	1740	0,1967	2,60	9,35
26b	29b	127b	840	2	420	1320	1	1320	1740	11	2160	0,1167	2,03	7,31
25b	24b	128	250	2	125	1040	1	1040	1165	8	1290	0,0967	1,13	4,05
30	24a	129	830	1	830	930	1	930	1760	11	1760	0,1167	2,05	7,39
26b	24a	130	345	2	172,5	1440	1	1440	1612,5	11	1785	0,1167	1,88	6,77
25a	22a	131a	710	2	355	1000	1	1000	1355	6	1710	0,2067	2,80	10,08
25b	22d	131b	710	2	355	1805	1	1805	2160	8	2515	0,0967	2,09	7,52
23	24b	132	240	1	240	0	0	0	240	8	240	0,0967	0,23	0,84
23	21a	133	710	1	710	1000	1	1000	1710	8	1710	0,0967	1,65	5,95
22d	21a	134a	485	2	242,5	1080	1	1080	1322,5	8	1565	0,0967	1,28	4,60
22c	21b	134b	485	2	242,5	1120	1	1120	1362,5	7	1605	0,0359	0,49	1,76
22b	19a	135a	720	2	360	920	1	920	1280	5	1640	0,1109	1,42	5,11
22c	19b	135b	720	2	360	1130	1	1130	1490	7	1850	0,0359	0,53	1,92
20	19b	136	485	1	485	685	1	685	1170	7	1170	0,0359	0,42	1,51
21b	20	137	720	1	720	505	1	505	1225	7	1225	0,0359	0,44	1,58
31	29c	139	860	2	430	200	1	200	630	10	1060	0,0817	0,51	1,85
32	31	141	880	1	880	1908	1	1908	2788	10	2788	0,0817	2,28	8,20
28a	32	143	210	2	105	465	1	465	570	10	675	0,0817	0,47	1,68
15	27b	146	25	2	12,5	0	0	0	12,5	6	25	0,2067	0,03	0,09
37	12	149	270	1	270	800	1	800	1070	2	1070	0,1108	1,19	4,27
<b>TOTAL</b>			<b>27260</b>		<b>18810</b>	<b>47548</b>		<b>47548</b>	<b>66358</b>		<b>74798</b>		<b>73,90</b>	<b>266,04</b>

CONSUMO HUMANO

NUDOS		Tramo	Longitud									Gasto Hm [l/s.Hm]	Gr [l/s]	Gr [m3/h]
			Principal			Secundaria			TOTAL de cálculo [m]	N° Malla	Total [m]			
			[m]	Tipo	[m]	[m]	Tipo	[m]						
14	1a	100	645	1	645	480	1	480	1125	1	1125	0,0085	0,10	0,35
1a	1d	101	470	1	470	470	1	470	940	1	940	0,0085	0,08	0,29
1d	13a	102a	760	2	380	1040	1	1040	1420	1	1800	0,0085	0,12	0,44
2b	12	102b	595	2	297,5	600	1	600	897,5	2	1195	0,0074	0,07	0,24
2b	3a	103	480	1	480	840	1	840	1320	2	1320	0,0074	0,10	0,35
11a	3a	104a	485	2	242,5	960	1	960	1202,5	2	1445	0,0074	0,09	0,32
11b	3b	104b	485	2	242,5	640	1	640	882,5	3	1125	0,0047	0,04	0,15
4a	3b	105	480	1	480	440	1	440	920	3	920	0,0047	0,04	0,15
10a	4a	106a	485	2	242,5	400	1	400	642,5	3	885	0,0047	0,03	0,11
10b	4b	106b	485	2	242,5	1560	1	1560	1802,5	4	2045	0,0030	0,05	0,20
5	4b	107	715	1	715	720	1	720	1435	4	1435	0,0030	0,04	0,16
8	5	108	840	1	840	1360	1	1360	2200	4	2200	0,0030	0,07	0,24
9	8	111	840	2	420	1680	1	1680	2100	4	2520	0,0030	0,06	0,23
10b	9	112	240	1	240	805	1	805	1045	4	1045	0,0030	0,03	0,11
11b	10a	113	480	1	480	830	1	830	1310	3	1310	0,0047	0,06	0,22
37	11a	115	265	1	265	400	1	400	665	2	665	0,0074	0,05	0,18
14	13a	117	355	1	355	860	1	860	1215	1	1215	0,0085	0,10	0,37
19a	18	118	590	1	590	800	1	800	1390	5	1390	0,0074	0,10	0,37
18	17	119	480	2	240	640	1	640	880	5	1120	0,0074	0,07	0,23
22a	16a	120a	590	2	295	960	1	960	1255	6	1550	0,0138	0,17	0,62
22b	16b	120b	590	2	295	2000	1	2000	2295	5	2590	0,0074	0,17	0,61
17	16b	121	240	2	120	800	1	800	920	5	1040	0,0074	0,07	0,24
26a	27a	122a	450	2	225	1665	1	1665	1890	9	2115	0,0131	0,25	0,89
25a	27b	122b	575	2	287,5	1900	1	1900	2187,5	6	2475	0,0138	0,30	1,09
16a	15	123	710	2	355	2000	1	2000	2355	6	2710	0,0138	0,32	1,17
29c	28a	124a	450	2	225	1265	1	1265	1490	10	1715	0,0054	0,08	0,29
29a	28b	124b	450	2	225	825	1	825	1050	9	1275	0,0131	0,14	0,50
27a	28b	125	830	1	830	1800	1	1800	2630	9	2630	0,0131	0,34	1,24
30	29b	126	350	1	350	560	1	560	910	11	910	0,0078	0,07	0,25
26a	29a	127a	840	2	420	900	1	900	1320	9	1740	0,0131	0,17	0,62
26b	29b	127b	840	2	420	1320	1	1320	1740	11	2160	0,0078	0,14	0,49
25b	24b	128	250	2	125	1040	1	1040	1165	8	1290	0,0064	0,08	0,27
30	24a	129	830	1	830	930	1	930	1760	11	1760	0,0078	0,14	0,49
26b	24a	130	345	2	172,5	1440	1	1440	1612,5	11	1785	0,0078	0,13	0,45
25a	22a	131a	710	2	355	1000	1	1000	1355	6	1710	0,0138	0,19	0,67
25b	22d	131b	710	2	355	1805	1	1805	2160	8	2515	0,0064	0,14	0,50
23	24b	132	240	1	240	0	0	0	240	8	240	0,0064	0,02	0,06
23	21a	133	710	1	710	1000	1	1000	1710	8	1710	0,0064	0,11	0,40
22d	21a	134a	485	2	242,5	1080	1	1080	1322,5	8	1565	0,0064	0,09	0,31
22c	21b	134b	485	2	242,5	1120	1	1120	1362,5	7	1605	0,0024	0,03	0,12
22b	19a	135a	720	2	360	920	1	920	1280	5	1640	0,0074	0,09	0,34
22c	19b	135b	720	2	360	1130	1	1130	1490	7	1850	0,0024	0,04	0,13
20	19b	136	485	1	485	685	1	685	1170	7	1170	0,0024	0,03	0,10
21b	20	137	720	1	720	505	1	505	1225	7	1225	0,0024	0,03	0,11
31	29c	139	860	2	430	200	1	200	630	10	1060	0,0054	0,03	0,12
32	31	141	880	1	880	1908	1	1908	2788	10	2788	0,0054	0,15	0,55
28a	32	143	210	2	105	465	1	465	570	10	675	0,0054	0,03	0,11
15	27b	146	25	2	12,5	0	0	0	12,5	6	25	0,0138	0,00	0,01
37	12	149	270	1	270	800	1	800	1070	2	1070	0,0074	0,08	0,28
<b>TOTAL</b>			<b>27260</b>		<b>18810</b>	<b>47548</b>		<b>47548</b>	<b>66358</b>		<b>74798</b>		<b>4,93</b>	<b>17,74</b>

**Caudales en cada nudo:**

**USO GENERAL**

RED SUBDIVIDIDA PARA CALCULO DE GASTO EN RUTA DE CADA TRAMO					RED FINAL PARA MODELACIÓN				
Nudos	Tramos		Q (l/S)	Q(m3/h)	Nudos	Tramos		Q (l/S)	Q(m3/h)
5	107		0,654	2,353	5	107		0,654	2,353
		0,654					0,654		
8	111	108	1,958	7,050	8	111	108	1,958	7,050
	0,956	1,002				0,956	1,002		
9	112		0,476	1,713	9	112		0,476	1,713
		0,476					0,476		
10a	113		0,918	3,304	10	113		0,918	3,304
		0,918					0,918		
4a	105	106a	1,095	3,941	4	105	106a	1,916	6,897
	0,645	0,45				0,645	0,45		
4b		106b	0,821	2,955			106b		
		0,821					0,821		
3a	104a		1,333	4,798	3	104a		1,951	7,025
		1,333					1,333		
3b	104b		0,618	2,226		104b			
		0,618					0,618		
11	115		0,737	2,654	11	115		0,737	2,654
		0,737					0,737		
12	149		1,186	4,270	12	149		1,186	4,270
		1,186					1,186		
14	117		1,554	5,596	14	117		1,554	5,596
		1,554					1,554		
1a	100	101	2,642	9,511	1a	100	101	2,642	9,511
	1,439	1,203				1,439	1,203		
1d	102a		1,817	6,540	1d	102a	102b	2,812	10,122
		1,817					0,995		
2b	103	102b	2,458	8,849	2	103		1,463	5,267
	1,46	0,995					1,46		
18	119		0,976	3,514	18	119		0,976	3,514
		0,976					0,976		
19a	118	135a	2,962	10,663	19	118	135a	3,497	12,588
	1,542	1,420				1,542	1,420		
19b	135b		0,535	1,925		135b			
		0,535					0,535		
20	136	137	0,859	3,094	20	136	137	0,859	3,094
	0,420	0,440				0,420	0,440		
21a	134a	133	2,931	10,553	21	134a	133	3,420	12,313
	1,278	1,653				1,278	1,653		
21b	134b		0,489	1,760		134b			
		0,489					0,489		
22a	120a	131a	5,395	19,423	22	120a	131a	10,029	36,105
	2,594	2,801				2,594	2,801		
22b		120b	2,546	9,166			120b		
		2,546					2,546		
22d	131b		2,088	7,516		131b			
		2,088					2,088		
16a	123		4,868	17,526	16	123		5,889	21,200
		4,868					4,868		
16b	121		1,021	3,674		121			
		1,021					1,021		
23	132		0,232	0,835	23	132		3,239	11,662
		0,232					0,232		
24b	128		1,126	4,054		128			
		1,126					1,126		
24a	130		1,881	6,772		130			
		1,881					1,881		
25a	122b		4,522	16,279	25	122b		8,240	29,665
		4,522					4,522		
26a	122a		3,718	13,386		122a			
		3,718					3,718		
27b	146		0,026	0,093	27	146		0,026	0,093
		0,026					0,026		

28b	125		5,174	18,627	28	125		5,174	18,627
	5,174					5,174			
29a	127a	124b	4,663	16,785	29	127a	124b	7,910	28,476
	2,597	2,066				2,597	2,066		
29b	127b		2,030	7,308	29	127b		7,910	28,476
	2,030					2,030			
29c	124a		1,218	4,383	29	124a		7,910	28,476
	1,218					1,218			
30	129	126	3,115	11,214	30	129	126	3,115	11,214
	2,053	1,062				2,053	1,062		
31	139	141	2,793	10,055	31	139	141	2,793	10,055
	0,515	2,278				0,515	2,278		
32	143		0,466	1,677	32	143		0,466	1,677
	0,466					0,466			
Q <sub>TOTAL</sub>			73,9	266,0	Q <sub>TOTAL</sub>			73,9	266,0

CONSUMO HUMANO

RED SUBDIVIDIDA PARA CALCULO DE GASTO EN RUTA DE CADA TRAMO					RED FINAL PARA MODELACIÓN				
Nudos	Tramos		Q (l/s)	Q(m <sup>3</sup> /h)	Nudos	Tramos		Q (l/s)	Q(m <sup>3</sup> /h)
5	107		0,044	0,157	5	107		0,044	0,157
	0,044					0,044			
8	111	108	0,131	0,470	8	111	108	0,131	0,470
	0,064	0,067				0,064	0,067		
9	112		0,032	0,114	9	112		0,032	0,114
	0,032					0,032			
10a	113		0,061	0,220	10	113		0,061	0,220
	0,061					0,061			
4a	105	106a	0,073	0,263	4	105	106a	0,128	0,460
	0,043	0,03				0,043	0,03		
4b		106b	0,055	0,197	4		106b	0,128	0,460
		0,055					0,055		
3a	104a		0,089	0,320	3	104a		0,130	0,468
	0,089					0,089			
3b	104b		0,041	0,148	3	104b		0,130	0,468
	0,041					0,041			
11	115		0,049	0,177	11	115		0,049	0,177
	0,049					0,049			
12	149		0,079	0,285	12	149		0,079	0,285
	0,079					0,079			
14	117		0,104	0,373	14	117		0,104	0,373
	0,104					0,104			
1a	100	101	0,176	0,634	1a	100	101	0,176	0,634
	0,096	0,080				0,096	0,080		
1d	102a		0,121	0,436	1d	102a	102b	0,187	0,675
	0,121					0,121	0,066		
2b	103	102b	0,164	0,590	2	103		0,098	0,351
	0,10	0,066				0,10			
18	119		0,065	0,234	18	119		0,065	0,234
	0,065					0,065			
19a	118	135a	0,197	0,711	19	118	135a	0,233	0,839
	0,103	0,095				0,103	0,095		
19b	135b		0,036	0,128	19	135b		0,233	0,839
	0,036					0,036			
20	136	137	0,057	0,206	20	136	137	0,057	0,206
	0,028	0,029				0,028	0,029		
21a	134a	133	0,195	0,704	21	134a	133	0,228	0,821
	0,085	0,110				0,085	0,110		
21b	134b		0,033	0,117	21	134b		0,228	0,821
	0,033					0,033			
22a	120a	131a	0,360	1,295	22	120a	131a	0,669	2,407
	0,173	0,187				0,173	0,187		
22b		120b	0,170	0,611	22		120b	0,669	2,407
		0,170					0,170		
22d	131b		0,139	0,501	22	131b		0,669	2,407
	0,139					0,139			
16a	123		0,325	1,168	16	123		0,393	1,413
	0,325					0,325			

16b	121		0,068	0,245		121			
	0,068					0,068			
23	132		0,015	0,056		132		0,216	0,777
	0,015					0,015			
24b	128		0,075	0,270	23	128			
	0,075					0,075			
24a	130		0,125	0,451		130			
	0,125					0,125			
25a	122b		0,301	1,085	25	122b		0,549	1,978
	0,301					0,301			
26a	122a		0,248	0,892		122a			
	0,248					0,248			
27b	146		0,002	0,006	27	146		0,002	0,006
	0,002					0,002			
28b	125		0,345	1,242	28	125		0,345	1,242
	0,345					0,345			
29a	127a	124b	0,311	1,119		127a	124b	0,527	1,898
	0,173	0,138				0,173	0,138		
29b	127b		0,135	0,487	29	127b			
	0,135					0,135			
29c	124a		0,081	0,292		124a			
	0,081					0,081			
30	129	126	0,208	0,748	30	129	126	0,208	0,748
	0,137	0,071				0,137	0,071		
31	139	141	0,186	0,670	31	139	141	0,186	0,670
	0,034	0,152				0,034	0,152		
32	143		0,031	0,112	32	143		0,031	0,112
	0,031					0,031			
Q <sub>TOTAL</sub>			4,9	17,7		Q <sub>TOTAL</sub>		4,9	17,7

#### 4.4 MATERIAL EMPLEADO EN LAS CAÑERIAS DE DISTRIBUCIÓN

##### 4.4.1 Condiciones básicas

- Resistencia estructural: las cargas que deben soportar las conducciones son, presión interna debida a la máxima carga piezométrica, sobrepresiones accidentales (golpe de ariete), presión externa (permanentes y accidentales), golpes durante la construcción.
- Resistencia a la corrosión: los conductos deben ser resistentes al ataque del aire, agua y suelo.
- Estanqueidad: Los conductos deben ser estancos.

##### 4.4.2 Condiciones secundarias

- Lisura interior: influye en cuanto a la pérdida de carga, mientras más lisas sean las paredes internas de la conducción menor será la fricción y por ende la pérdida de carga.
- Facilidad de transporte y colocación: es importante que los caños puedan ser manipulados fácilmente, pues esto redundará en una disminución de posibles roturas de los mismos y ahorro de tiempo, disminuyendo de este modo el costo de instalación.
- Longitud de los caños: la totalidad de la conducción está formada por los caños más las juntas, entonces cuanto más largos son los caños menor es el número de juntas, pero a su vez mientras más largos son los caños más pesados son, más difíciles de manipular y más incómodos para trabajar.
- Durabilidad: deben ser durables en el tiempo.

#### 4.4.3 Características de las cañerías según el tipo de material

Las cañerías utilizadas para redes de distribución de agua, en conducciones forzadas o a presión son ejecutadas en los siguientes materiales:

##### **Cañerías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD):**

- **Ventajas:** preservación del medio ambiente, son reciclables, no contaminantes, no transfieren sabor a los fluidos que transportan, químicamente inertes, no se incrustan ni corroen, no son atacados por aguas duras, algas, hongos, bacterias ni la mayoría de los ácidos, poseen muy bajo coeficiente de fricción y elevada resistencia mecánica y ductilidad, presentan resistencia a la abrasión (fluidos con partículas en suspensión), baja conductibilidad térmica y elevada elasticidad que protegen a los fluidos del congelamiento y se evitan roturas por dichas causas. No son conductores de la electricidad y tienen bajo valor de la celeridad, al ser un material elástico. Las tuberías de hasta DN (Diámetro nominal) 125 mm se fabrican en bobinas continuas de hasta 250 m de longitud que reducen la cantidad de uniones y las posibilidades de pérdida, manejo que se ve facilitado por su liviandad (peso específico menor que el agua). El material con que se fabrica el tubo comprende las resinas convencionales o de segunda generación con tensión admisible de 6,3 MPa y los fabricados con resinas de tercera generación 8 MPa y 10 MPa. Para su instalación y debido a su elevado coeficiente de dilatación térmica, deben tomarse precauciones especiales tales como juntas de dilatación, ondulación de su eje en zanjas, etc.
- **Desventajas:** baja resistencia a presiones internas negativas (Depresión por Golpe de Ariete), se requiere la colocación de accesorios para unir caños de gran diámetro, las uniones se materializan por electrofusión o termofusión.

##### **Cañerías de Policloruro de Vinilo (PVC):**

- **Ventajas:** no transferir sabor a los líquidos conducidos, químicamente inerte, no se incrusta ni corroe, no es atacado por el agua, muy bajo coeficiente de fricción, durable, no conductor de la electricidad, y liviano lo que facilita su colocación.
- **Desventajas:** si bien es un producto difícilmente inflamable, se descompone a altas temperaturas generando gases tóxicos, son de peso elevado, se requiere la utilización de accesorios para materializar las uniones en caños de gran diámetro.

#### 4.4.4 Elección de la cañería en función de las características generales

Además de las condiciones que deben satisfacer las cañerías, se debe considerar la topografía dominante, las presiones a las que estarán solicitadas las conducciones, el requerimiento de precauciones especiales de algunos materiales y por sobre todo el costo fueron factores tenidos en cuenta para adoptar el tipo de material a utilizar.

En base a todos los requerimientos anteriores se adoptó como materiales para las cañerías de la Red de Uso General al Policloruro de Vinilo (PVC) y para las cañerías de la Red de Consumo Humano al Polietileno de Alta Densidad (PEAD).

DIAMETROS RED USO GENERAL:

CAÑERÍA PVC CLASE 6			
DN [mm]	e [mm]	Di [mm]	Di [m]
50	1,7	46,6	0,047
63	1,9	59,2	0,059
75	2,2	70,6	0,071
90	2,7	84,6	0,085
110	3,2	103,6	0,104
160	4,7	150,6	0,151
200	5,9	188,2	0,188
225	6,6	211,8	0,212
250	7,3	235,4	0,235
315	9,2	296,6	0,297
355	10,4	334,2	0,334

DIAMETROS RED CONSUMO HUMANO:

Factor C:1,25		<sup>(1)</sup> Relación estándar de dimensión (SDR)									
		SRD 41		SDR 33		SDR 21		SDR 17		SDR 13,6	
DN (mm)	<sup>(2)</sup> DN equiv. (pulg)	<sup>(1)</sup> Presión Nominal PN									
		3,2 bar		4,0 bar		6,0 bar		8,0 bar		10,0 bar	
		e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)	e min. (mm)	Dm interior (mm)
20	1/2									2.3	15.4
25	1/4									2.3	20.4
32	1									2.4	27.2
40	1 1/4							2.4	35.2	3.0	34.0
50	1 1/2							3.0	44.0	3.7	42.6
63	2					3.0	57.0	3.8	55.4	4.7	53.6
75	2 1/2					3.6	67.8	4.5	66.0	5.6	63.8
90	3					4.3	81.4	5.4	79.2	6.7	76.6
110	4			3.4	103.2	5.3	99.4	6.6	96.8	8.1	93.8
160	6			4.9	150.2	7.7	144.6	9.5	141.0	11.8	136.4
200	8			6.2	187.6	9.6	180.8	11.9	176.2	14.7	170.6
250	10	6.2	237.6	7.7	234.6	11.9	226.2	14.8	220.4	18.4	213.2

4.4.5 Elementos geométricos de las líneas de conducción

Los principales elementos geométricos de la sección transversal de una tubería son:

**Diámetro nominal (DN):**

Corresponde al diámetro con que son habitualmente designadas las tuberías, tanto técnicamente como en el comercio.

**Diámetro exterior (DE):**

Es el máximo de la sección normal de la tubería.

**Diámetro interior (DI):**

Es el mínimo de la sección normal de la tubería. Corresponde al diámetro neto de la sección para aquellos materiales que no emplean un recubrimiento protector interno y el hidráulicamente aprovechable en los que utilizan un recubrimiento protector interno.

Únicamente las tuberías construidas con materiales susceptibles de sufrir un ataque por la calidad del agua a transportar utilizan un recubrimiento interno, tal el caso del acero y el hierro dúctil.

## **4.5 OTROS ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

### **4.5.1 VALVULAS**

#### **4.5.1.1 Válvulas de Cierre**

Su finalidad principal es la operación de las redes, interrumpiendo el caudal. No deben ser utilizadas para regular el caudal.

Deben colocarse en las cañerías de la red principal, en las secundarias y en las subsidiarias. Por lo tanto cada cañería secundaria y subsidiaria dispondrá de válvulas de corte en los nudos de empalme. De ser necesario se podrá ubicar una válvula adicional para corte en algún sector interior con el objeto de reducir la cantidad de habitantes que quedan sin servicio por alguna interrupción debido a averías.

### **4.5.2 CAMARAS DE DESAGÜE**

Las cámaras de desagüe compuestas fundamentalmente por una válvula de cierre, tienen como función principal permitir vaciar la conducción ya sea por motivos de limpieza de la tubería o por mantenimiento preventivo o correctivo de la misma.

### **4.5.3 HIDRANTE**

Es un dispositivo cuyo objetivo es permitir que los bomberos puedan tomar los caudales que requieran en puntos suficientemente próximos a los posibles focos de incendio. También se los utiliza para obtener agua cuando se la requiere para trabajos en la vía pública.

En el hidrante a bola, la bola es la que produce la obturación de la cañería por la presión del agua. En los hidrantes a resorte es la presión del resorte la que impide la salida del agua de la red. Se los colocan en cámaras.

La distancia máxima entre hidrantes (aproximadamente 200m) se fija en función del alcance máximo de la lanza y la longitud de la manguera, que es de 100m. Siempre deben ser ubicados en veredas y deben figurar en los planos del proyecto, debiendo quedar perfectamente individualizados y balizados.

Debido a que cada hidrante debe cubrir radios de 100 m, la disposición más conveniente es a tresbolillo.

También pueden ser utilizados para limpieza de cañerías, reemplazando a las cámaras de desagües.

## 5 MODELACIÓN

### 5.1 INTRODUCCION

Para evaluar el comportamiento hidráulico de la red con diámetros propuestos para el sistema es necesario conocer el funcionamiento hidráulico del sistema. Debido a la complejidad que presenta los cálculos de varias mallas es posible utilizar un software (EPANET) utilizando datos de entrada y comparando los resultados de salida para obtener el mejor comportamiento del sistema.

Para la modelación se tuvo en cuenta la información brindada por el Municipio y la distribución de la demanda asociada a la cantidad de habitantes y la distribución de ellos en el futuro.

### 5.2 EPANET

Es un programa de uso libre, desarrollado por la “Agencia de medio Ambiente de Estados Unidos de Norteamérica (U.S. EPA) que realiza simulaciones en período extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. En general, una red consta de tuberías, nodos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento (cisternas) o embalses (ríos o arroyos).

Este Software determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, las presiones en los nudos, nivel de agua en cada tanque y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, durante un periodo de simulación analizada en diferentes intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde diversas fuentes de suministro.

EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:

#### Características del Modelo Hidráulico

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas:
  - Hazen-Williams,
  - Darcy-Weisbach
  - Chezy-Manning.
- Incluye pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Modela bombas funcionando tanto a velocidad fija o variable.
- Calcula el consumo energético y los costos de bombeo de las estaciones.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de geometría variable.
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

### Características del modelo de Calidad del Agua

- Simula el avance y destino final de las sustancias reactivas cuya concentración o bien crece en el tiempo (subproductos derivados de la desinfección) o bien decrece (cloro residual).
- Simula el tiempo de permanencia (o envejecimiento) del agua mientras discurre por la red.
- Simula el desplazamiento de trazadores no reactivos por toda la red, a lo largo del tiempo.
- Permite seguir la evolución en el tiempo de la fracción de caudal que llega a cada nudo de la red procedente de un nudo determinado.
- Simula las reacciones que tienen lugar tanto en el seno del agua como en las paredes de las tuberías.
- Permite emplear cinéticas de orden "n" para modelar las reacciones en el seno del agua.
- Emplea cinéticas de orden cero o de primer orden para modelar las reacciones en las paredes de las tuberías.
- Tiene en consideración las limitaciones de transferencia de masa al modelar las reacciones en las paredes de las tuberías.
- Admite reacciones de crecimiento o decrecimiento de la concentración de una sustancia hasta llegar a un valor límite.
- Permite definir coeficientes de reacción globales para toda la red, y modificar estos posteriormente para determinadas tuberías.
- Permite correlacionar los coeficientes de velocidad de reacción en la pared de las tuberías con su rugosidad.
- Permite considerar la inyección en cualquier punto de la red de un caudal másico o de concentración definida, variable en el tiempo.
- La evolución de la calidad del agua en los depósitos puede simularse como una mezcla homogénea, mediante un modelo de pistón, o como un reactor de dos compartimentos.

Mediante estas prestaciones, EPANET permite estudiar fenómenos relacionados con la calidad del agua tales como:

- La mezcla de agua procedente de diversas fuentes.
- El envejecimiento del agua mientras discurre por la red.
- La pérdida del cloro residual.
- El crecimiento de los subproductos derivados de la cloración.
- El seguimiento del avance de un contaminante, tras su intrusión en la red.

### **5.3 PASOS PARA UTILIZAR EPANET.**

- a. Dibujar un esquema de la red de distribución.
- b. Editar las propiedades de los objetos que configuran el sistema.
- c. Describir el modo de operación del sistema.
- d. Seleccionar las opciones de cálculo.
- e. Realizar el análisis hidráulico o de calidad del agua.
- f. Observar los resultados del análisis.

### **5.4 MODELO DE LA RED**

Se describe el modo en que se modelan con EPANET los distintos componentes físicos y no físicos que conforman el sistema de distribución de agua y sus parámetros operacionales.

### 5.4.1 Componentes Físicos de la Red

EPANET modela un sistema de distribución de agua como un conjunto de líneas conectadas por sus nudos. Las líneas representan tuberías, bombas, o válvulas de control. Los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demandas (nudos de caudal), y también depósitos (cisternas) o embalses (arroyos, ríos, etc.).

**Nudos de Caudal:** son los puntos de la red donde confluyen las tuberías o bien sus extremos, y a través de ellos el agua entra o sale de la misma (también solo pueden ser puntos de paso).

Datos básicos de entrada:

- La cota respecto a un nivel de referencia. (usualmente el nivel del mar).
- La demanda de agua (flujo que abandona la red).
- La calidad inicial del agua.

Los resultados obtenidos para los nudos en cada periodo de simulación son:

- Altura Piezométrica (Cota de terreno + Altura de presión).
- Presión.
- Calidad del agua.

Las conexiones también pueden:

- Tener una demanda que varíe con el tiempo.
- Diferente categoría de demandas asignadas (domestica, industrial, etc).
- Presentar demanda negativa, indicando que el caudal entra a la red a través del nudo.
- Ser punto de entrada de contaminantes.
- Tener asociado un emisor (hidrante) haciendo que el caudal descargado dependa de la presión.

**Embalses:** son nudos que representan una fuente externa de alimentación, de capacidad ilimitada, o bien un sumidero de caudal. Se utilizan para modelar elementos como lagos, captaciones desde ríos, arroyos, acuíferos subterráneos, o también puntos de entrada a otros subsistemas. Los embalses pueden utilizarse también como puntos de entrada de contaminantes.

Datos básicos de entrada:

- Altura piezométrica (coincidente con la superficie libre del agua).
- Calidad del agua en el mismo.

Dado que un embalse actúa como un elemento de contorno del sistema, su altura o calidad de agua no se verán afectadas por lo que pueda ocurrir en la red. Su altura puede hacerse variar con el tiempo asociándole una curva de modelación.

**Depósitos:** son nudos con cierta capacidad de almacenamiento, en los cuales el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo durante la simulación.

Datos básicos de entrada:

- La cota de solera (para el cual el nivel del agua es cero).
- El diámetro (o su geometría si no es cilíndrico).
- El nivel del agua inicial, mínimo y máximo del agua.
- La calidad inicial del agua.

El nivel del agua en los depósitos debe oscilar entre el nivel mínimo y el nivel máximo. EPANET impide la salida del agua del depósito cuando está a su nivel mínimo y cierra la entrada de agua cuando está a su nivel máximo. Los depósitos también pueden utilizarse como puntos de entrada de contaminantes a la red.

**Tuberías:** son líneas que transportan el agua de un nudo a otro. EPANET asume que las tuberías están completamente llenas en todo momento, y por consiguiente que el flujo es a presión. La dirección del flujo es siempre del nudo de mayor altura piezométrica (suma de la cota más la presión, o bien energía interna por unidad de peso) al de menor altura piezométrica.

Datos básicos de entrada:

- Los nudos inicial y final.
- El diámetro.
- La longitud.
- El coeficiente de rugosidad (para calcular las pérdidas de carga).
- Su estado (abierta, cerrada, o con válvula de retención).

El parámetro de estado permite simular el hecho de que una tubería posea válvulas de corte o válvulas de retención (válvulas que permiten el paso del flujo en un solo sentido) sin tener que modelar estos elementos explícitamente.

Los datos de una tubería relacionados con los modelos de calidad son:

- El coeficiente de reacción en el medio.
- El coeficiente de reacción en la pared.

Los resultados en una tubería contemplan:

- Caudal de circulación
- Velocidad del flujo
- Pérdida de carga unitaria
- Factor de fricción
- Velocidad media de reacción (a lo largo de la tubería)
- Calidad media del agua (a lo largo de la tubería)

La pérdida de carga o de altura piezométrica en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, puede calcularse utilizando tres fórmulas de pérdidas diferentes:

- La fórmula de Williams-Hazen.
- La fórmula de Darcy-Weisbach.
- La fórmula de Chezy-Manning.

La fórmula de Williams-Hazen es la más utilizada en EEUU. Sin embargo, no puede utilizarse para líquidos distintos del agua, y fue desarrollada originalmente solo para flujo turbulento. La fórmula de Darcy-Weisbach es aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes. Finalmente, la fórmula de Chezy-Manning es utilizada usualmente para canales y tuberías de gran diámetro, donde la turbulencia está muy desarrollada.

Todas las fórmulas emplean la misma ecuación básica para calcular la pérdida de carga entre el nudo de entrada y el de salida:

$$h_L = A \times q^B$$

$h_L$  = Pérdida de carga (unidad de longitud)

$A$  = Coeficiente de resistencia.

$q$  = Caudal (unidades volumen/tiempo).

$B$  = Exponente de caudal.

En Tabla 5.1 se observan las distintas fórmulas que admite el programa EPANET 2.0 para el cálculo de la pérdida de carga, con las distintas variables que admite cada Coeficiente de Resistencia ( $A$ ) y los valores adoptados por el Exponente de Caudal ( $B$ ), este igual a dos (2) o muy próximo a él.

<i>Fórmula</i>	<i>Coefficiente de Resistencia (A)</i>	<i>Expon. Caudal (B)</i>
Hazen-Williams	$10,674 C^{-1,852} d^{-4,871} L$ (4)	1,852
Darcy-Weisbach	$0,0827 f(\epsilon,d,q) d^{-5} L$ (5)	2
Chezy-Manning	$10,294 n^2 d^{-5,33} L$ (6)	2
donde: C = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams $\epsilon$ = Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m) f = factor de fricción (depende de $\epsilon$ , d, y q) n = Coeficiente de rugosidad de Manning d = diámetro de la tubería (m) L = longitud de la tubería (m) q = caudal (m <sup>3</sup> /s)		

Tabla 5.1: Expresiones del coeficiente de resistencia y el valor del exponente del caudal para cada una de las fórmulas de pérdidas indicadas.

Sobre la Tabla 5.2 se aprecian los valores recomendados por EPANET para los coeficientes de rugosidad, para tuberías nuevas de distintos materiales.

<i>Material</i>	<i>C Hazen-Williams (universal)</i>	<i><math>\epsilon</math> Darcy-Weisbach (mm)</i>	<i>n Manning (universal)</i>
Fundición	130 – 140	0,25	0,012 – 0,015
Hormigón o revest. de Hormigón	120 – 140	0,3 – 3,0	0,012 – 0,017
Hierro Galvanizado	120	0,15	0,015 – 0,017
Plástico	140 – 150	0,0015	0,011 – 0,015
Acero	140 – 150	0,03	0,015 – 0,017
Cerámica	110	0,3	0,013 – 0,015

Tabla 5.2 Rangos de variación de los coeficientes de rugosidad, para tuberías nuevas de distintos materiales.

**Bombas:** son líneas que comunican energía al fluido elevando su altura piezométrica. Los datos principales de una bomba son sus nudos de aspiración e impulsión y su curva característica a velocidad nominal (o relación entre caudal trasegado y la altura comunicada).

Al igual que una tubería, la bomba puede pararse o arrancarse durante la simulación en instantes prefijados, o cuando se cumplan determinadas condiciones en la red. EPANET permite además calcular el consumo energético de una bomba y su coste. Para ello cada bomba puede tener asociada una curva de rendimiento y una curva de modulación de los costes energéticos.

**Válvulas:** son líneas que limitan la presión o el caudal en un punto de la red. Los datos principales son:

- Los nudos aguas arriba y aguas abajo.
- El diámetro.
- La consigna.
- Su estado (forzado o no).

Los resultados asociados con una válvula son básicamente el caudal de paso y la pérdida de carga.

Los tipos de válvulas contemplados en EPANET son:

- Válvulas Reductoras de Presión.
- Válvulas Sostenedoras de Presión.
- Válvulas de Rotura de Carga.
- Válvulas Limitadoras de Presión.
- Válvulas de Regulación.
- Válvulas de Propósito general.

## 5.5 RED USO GENERAL

### 5.5.1 Datos de Entrada

#### Datos de los Nudos:

Se deben introducir los siguientes datos:

- Identificativo ID del nudo.
- Cota del terreno.
- Caudal de demanda (Caudal Máximo Horario al final del periodo de diseño).

Para asignar caudales a los nudos se utilizó el gasto hectométrico, o sea que a cada tramo de la cañería principal les corresponde un gasto proporcional a su longitud considerando también el aporte de las cañerías secundarias que se unen por un extremo a dicha cañería principal, se fijó el punto de equilibrio a 2/3 de su longitud desde el tramo de mayor presión y a 1/3 de su longitud del tramo de menor presión.

Las cotas de terreno de los nudos fueron provistas por la municipalidad de la ciudad de Huinca Renancó. En Tabla siguiente se muestra la cota de cada nudo en metros, y la demanda base o consumo de cada nudo para el final del año de proyecto. Los nudos con demanda base igual a cero son considerados nudos de paso.

Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión 8	81.96	1,958
Conexión 9	81.93	0,476
Conexión 5	82.85	0,658
Conexión 4	80.86	1,916
Conexión 37	80.87	0
Conexión 12	80.46	1,186
Conexión 14	79.81	1,554
Conexión 1a	80.2	2,642
Conexión 2	80.52	1,463
Conexión 3	80.85	1,951
Conexión 15	80.49	0
Conexión 22	80.35	10,029

Conexión 19	81.17	3,497
Conexión 17	81.23	0
Conexión 18	81.40	0,976
Conexión 20	81.4	0,859
Conexión 21	79.72	3,420
Conexión 23	79.56	3,239
Conexión 25	80.25	8,240
Conexión 27	80.33	0,026
Conexión 24	79.76	0
Conexión 26	80.39	0
Conexión 30	79.11	3,115
Conexión 29	79.07	7,910
Conexión 31	78.64	2,793
Conexión 13	80.58	0
Conexión 1d	80.5	2,812
Conexión 16	81.21	5,889
Conexión 10	81.48	0,918
Conexión 11	81.16	0,737
Conexión 32	80.06	0,466
Conexión 28	79.60	5,174
Embalse T	80.91+20	73,90

#### Datos de los Tramos:

Con respecto a los tramos será necesario proporcionar la siguiente información:

- Identificativo ID del tramo.
- Nudos extremos inicial y final.
- Diámetro.
- Coeficiente de fricción.

En la Tabla siguiente se muestra las longitudes de cada cañería, el diámetro de cada una de ellas y el coeficiente de rugosidad en función del material de estas, siendo  $C=150$  de la fórmula de Hazen-Williams para las cañerías de P.V.C. proyectadas.

La longitud de las cañerías el programa EPANET las puede obtener automáticamente según las coordenadas y las cotas de los nudos inicial y final de cada tramo.

Tubería	Longitud (m)	Diámetro Interno (mm)	Rugosidad
Tubería 111	835.94	84.6	150
Tubería 113	490.00	150.6	150
Tubería 105	490.00	84.6	150
Tubería 107	715.23	84.6	150
Tubería 149	272.12	211.8	150
Tubería 100	643.41	84.6	150
Tubería 103	470.00	84.6	150
Tubería 123	720.00	150.6	150
Tubería 135	714.26	84.6	150
Tubería 119	474.26	103.6	150
Tubería 137	714.26	84.6	150
Tubería 133	720.00	84.6	150
Tubería 122	450.60	188.2	150
Tubería 128	252.04	150.6	150
Tubería 127	850.00	150.6	150
Tubería 126	369.28	103.6	150
Tubería 129	850.00	103.6	150
Tubería 125	850.00	150.6	150
Tubería 139	860.83	103.6	150
Tubería 116	66.65	150.6	150
Tubería 128.	235.59	150.6	150
Tubería 146	23.66	188.2	150
Tubería 114	143.81	188.2	150
Tubería 102	116.00	103.6	150
Tubería 144	48.19	188.2	150
Tubería 121	240.00	103.6	150
Tubería 136	487.63	84.6	150
Tubería 106	486.79	103.6	150
Tubería 108	841.56	84.6	150
Tubería 101	480.05	84.6	150
Tubería 104	486.79	103.6	150
Tubería 115	253.04	188.2	150
Tubería 131	720.00	103.6	150
Tubería 120	591.50	103.6	150
Tubería 134	487.63	84.6	150
Tubería 141	883.08	84.6	150
Tubería 112	234.06	150.6	150
Tubería 142	78.18	235.4	150
Tubería 118	591.50	84.6	150
Tubería 124	450.60	103.6	150
Tubería 143	212.71	103.6	150
Tubería 117	364.04	84.6	150

Tubería 102.	595.21	103.6	150
Tubería 122.	117.24	188.2	150

## 5.5.2 Datos de Salida

### Diámetros de la cañería

Se simuló toda la red de distribución de la localidad de Huinca Renancó. Se decidió simplificar el modelo colocando un embalse y dándole una altura de entre 15 a 20 mts.

Los diámetros de cañería se fueron verificando por sucesivas iteraciones y obtener valores satisfactorios en presión dinámica, estática y velocidades. Se propone como diámetro mínimo de las cañerías principal DN=90mm y para las secundarias de DN=60mm.

### Presión Estática Máxima

El ENOHSa recomienda que la presión estática no supere los 30 mts valor que nunca es alcanzado en ningún nudo de la red de distribución por lo que no es necesario la utilización de válvulas reductoras de presión.

### Presión Dinámica Mínima

En relación a la presión, la mayoría de la bibliografía consultada da una altura de presión mínima de diez a doce (10 a 12 m.c.a.) metros de columna de agua. Y el Instituto de Ingeniería Sanitaria aconseja dar por lo menos cuatro (4 m.c.a.) sobre el nivel predominante de tanques domiciliarios.

De acuerdo a lo relevado, la mayoría de las viviendas Huinca Renancó son de una planta y solo hay algunas de dos plantas, entonces para evitar los inconvenientes provocados por la falta de presión suficiente en las viviendas se fijó para este proyecto la presión dinámica mínima en 10 m.c.a. que es lo recomendado según las guías del ENOHSa.

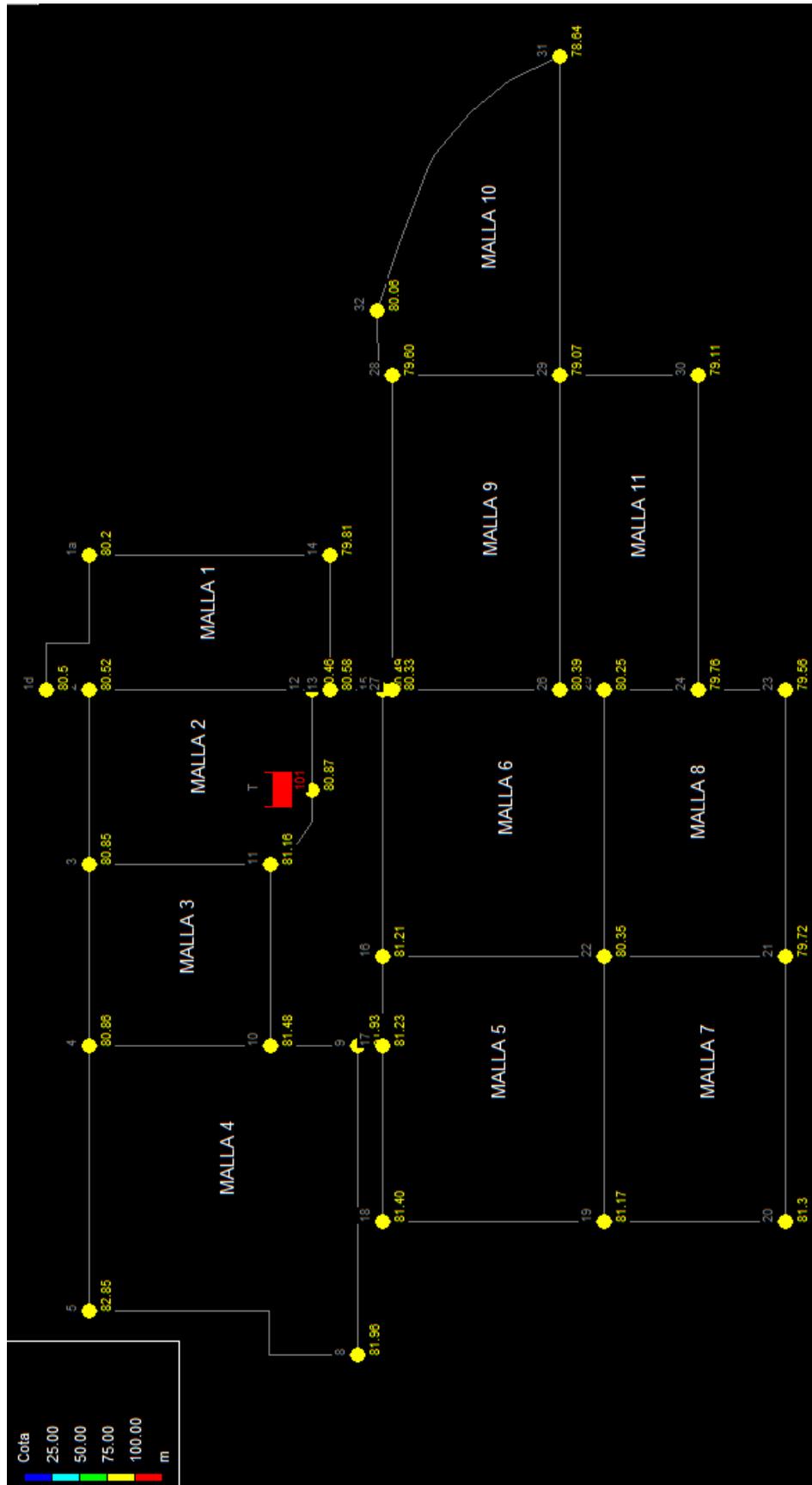
### Velocidades mínimas y máximas

En el ENOHSa recomienda que para diámetros menores a 200 mm las velocidades máximas no superen de 0,9 m/s y para diámetros superiores de 250 mm el límite fijado es de 1,3 m/s.

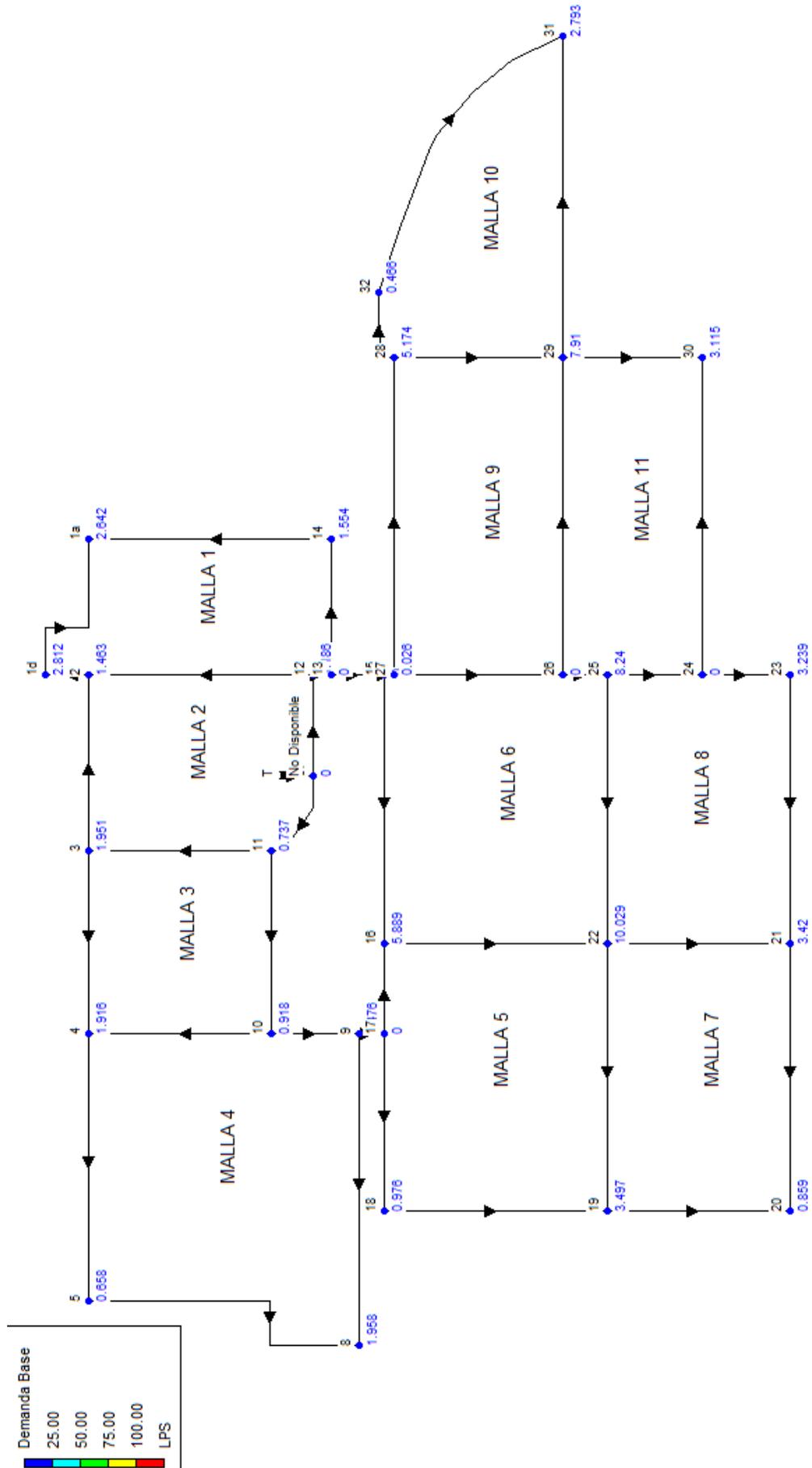
Las velocidades máximas se establecen para limitar una serie de inconvenientes que se potencian excediendo este límite, entre ellos los posibles golpes de ariete originados en el cierre de válvulas o la evacuación de aire son mayores y por ende más peligroso a velocidades altas de escurrimiento, así como las acciones dinámicas en ramales de derivación, cambios de diámetro y de dirección.

Las velocidades mínimas se relacionan con evitar sedimentación y/o decantación de las partículas. El ENOHSa establece como velocidad mínima 0,30 m/s valor que no siempre pudo ser cumplido debido al pequeño tamaño de algunas mallas y a la baja densidad de población dentro de las mismas, además el factor limitante del diámetro mínimo de 90 mm.

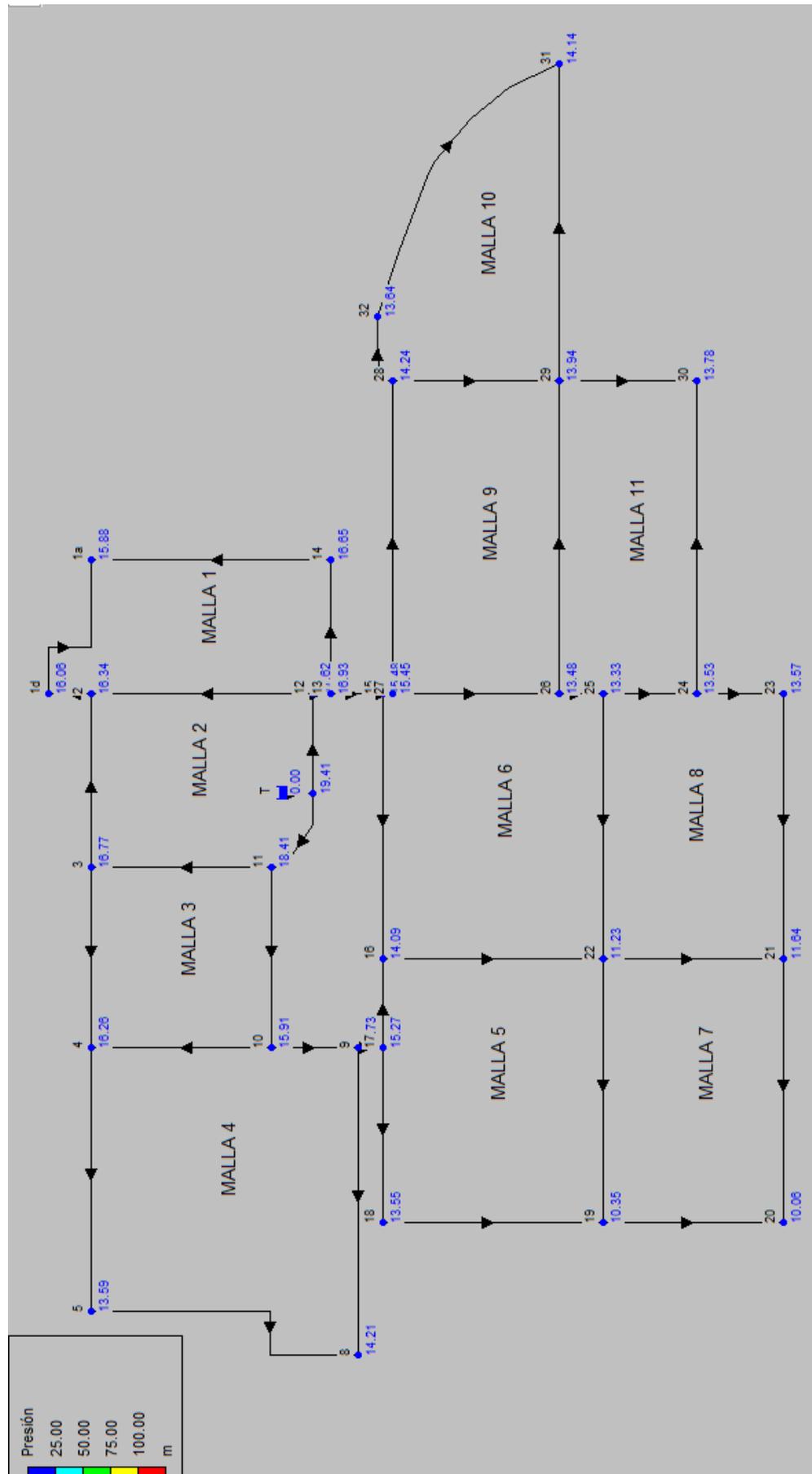
Cotas



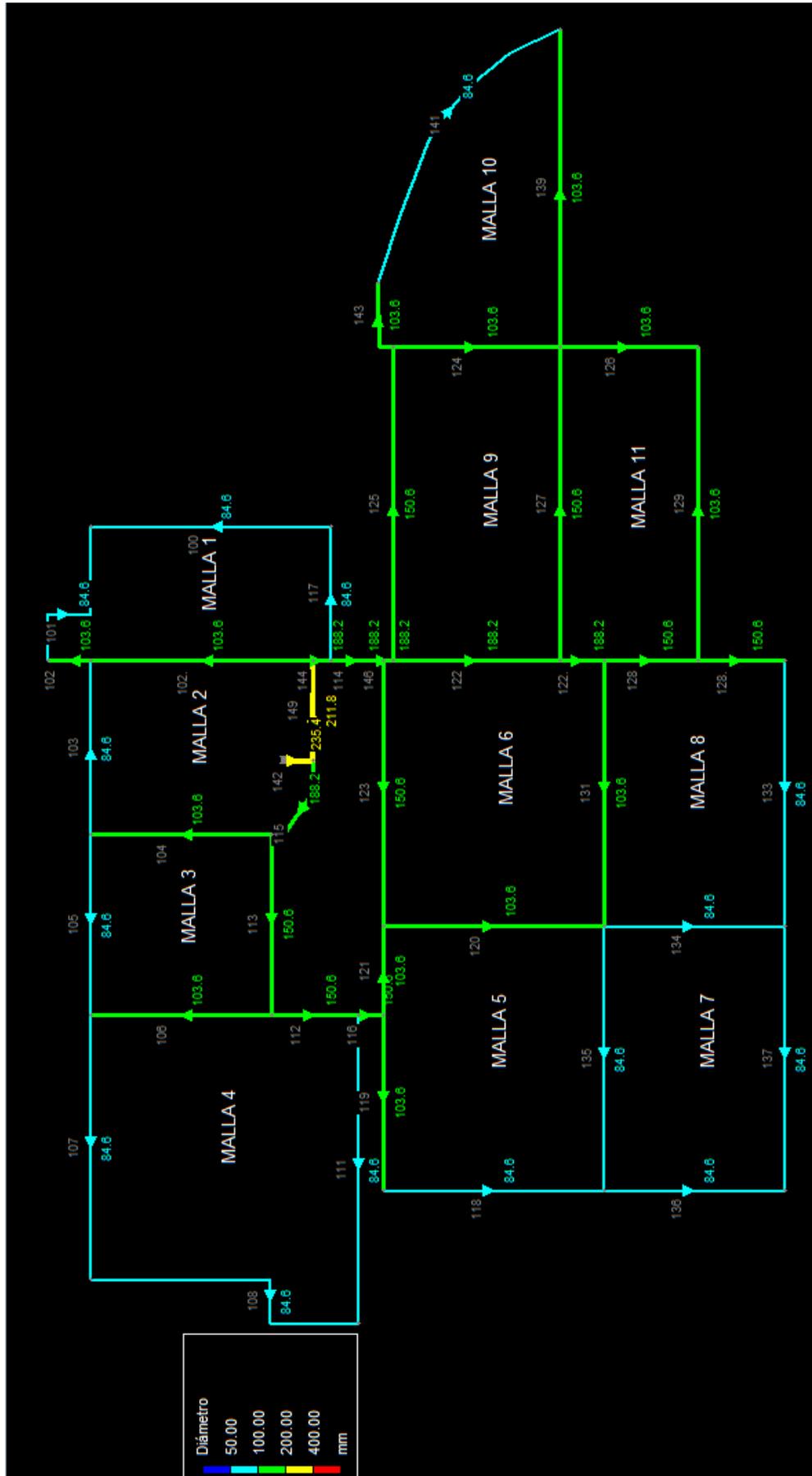
**Caudales**



**Presiones**



Diámetros





## 5.6 RED CONSUMO HUMANO

### 5.6.1 Datos de Entrada

#### Datos de los Nudos:

Se deben introducir los siguientes datos:

- Identificativo ID del nudo.
- Cota del terreno.
- Caudal de demanda (Caudal Máximo Horario al final del periodo de diseño).

Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión 8	81.96	0,131
Conexión 9	81.93	0,032
Conexión 5	82.85	0,044
Conexión 4	80.86	0,128
Conexión 37	80.87	0
Conexión 12	80.46	0,079
Conexión 14	79.81	0,104
Conexión 1a	80.2	0,176
Conexión 2	80.52	0,098
Conexión 3	80.85	0,13
Conexión 15	80.49	0
Conexión 22	80.35	0,669
Conexión 19	81.17	0,233
Conexión 17	81.23	0
Conexión 18	81.40	0,065
Conexión 20	81.3	0,057
Conexión 21	79.72	0,228
Conexión 23	79.56	0,216
Conexión 25	80.25	0,549
Conexión 27	80.33	0,002
Conexión 24	79.76	0
Conexión 26	80.39	0
Conexión 30	79.11	0,208
Conexión 29	79.07	0,527
Conexión 31	78.64	0,186
Conexión 13	80.58	0
Conexión 1d	80.5	0,187
Conexión 16	81.21	0,393
Conexión 10	81.48	0,061
Conexión 11	81.16	0,049
Conexión 32	80.06	0,031
Conexión 28	79.60	0,345
Embalse T	101	4,93

**Datos de los Tramos:**

Con respecto a los tramos será necesario proporcionar la siguiente información:

- Identificativo ID del tramo.
- Nudos extremos inicial y final.
- Diámetro.
- Coeficiente de fricción.

En la Tabla siguiente se muestra las longitudes de cada cañería, el diámetro de cada una de ellas y el coeficiente de rugosidad en función del material de estas, siendo C=120 de la fórmula de Hazen-Williams para las cañerías de PEAD proyectadas.

La longitud de las cañerías el programa EPANET las puede obtener automáticamente según las coordenadas y las cotas de los nudos inicial y final de cada tramo.

Tubería	Longitud (m)	Diámetro Interno (mm)	Rugosidad
Tubería 111	835.94	27.2	120
Tubería 113	490.00	76.6	120
Tubería 105	490.00	27.2	120
Tubería 107	715.23	27.2	120
Tubería 149	272.12	93.8	120
Tubería 100	643.41	27.2	120
Tubería 103	470.00	27.2	120
Tubería 123	720.00	53.6	120
Tubería 135	714.26	27.2	120
Tubería 119	474.26	42.6	120
Tubería 137	714.26	27.2	120
Tubería 133	720.00	42.6	120
Tubería 122	450.60	63.8	120
Tubería 128	252.04	53.6	120
Tubería 127	850.00	42.6	120
Tubería 126	369.28	27.2	120
Tubería 129	850.00	27.2	120
Tubería 125	850.00	53.6	120
Tubería 139	860.83	42.6	120
Tubería 116	66.65	63.8	120
Tubería 128.	235.59	53.6	120
Tubería 146	23.66	63.8	120
Tubería 114	143.81	76.6	120
Tubería 102	116.00	42.6	120
Tubería 144	48.19	76.6	120
Tubería 121	240.00	53.6	120
Tubería 136	487.63	27.2	120
Tubería 106	486.79	27.2	120

Tubería 108	841.56	27.2	120
Tubería 101	480.05	27.2	120
Tubería 104	486.79	42.6	120
Tubería 115	253.04	76.6	120
Tubería 131	720.00	42.6	120
Tubería 120	591.50	42.6	120
Tubería 134	487.63	27.2	120
Tubería 141	883.08	27.2	120
Tubería 112	234.06	63.8	120
Tubería 142	78.18	93.8	120
Tubería 118	591.50	27.2	120
Tubería 124	450.60	42.6	120
Tubería 143	212.71	27.2	120
Tubería 117	364.04	27.2	120
Tubería 102.	595.21	42.6	120
Tubería 122.	117.24	63.8	120

## 5.6.2 Datos de Salida

### Diámetros de la cañería

Se simuló toda la red de distribución de la localidad de Huinca Renancó. Se decidió simplificar el modelo colocando un embalse y dándole una altura de entre 15 a 20 mts.

Los diámetros de cañería se fueron verificando por sucesivas iteraciones y obtener valores satisfactorios en presión dinámica, estática y velocidades. Se propone como diámetro mínimo de las cañerías principales DN=32mm=1" y para las secundarias de DN=25mm=3/4".

### Presión Estática Máxima

El ENOHSa recomienda que la presión estática no supere los 30 mts valor que nunca es alcanzado en ningún nudo de la red de distribución por lo que no es necesario la utilización de válvulas reductoras de presión.

### Presión Dinámica Mínima

En relación a la presión, la mayoría de la bibliografía consultada da una altura de presión mínima de diez a doce (10 a 12 m.c.a.) metros de columna de agua. Y el Instituto de Ingeniería Sanitaria aconseja dar por lo menos cuatro (4 m.c.a.) sobre el nivel predominante de tanques domiciliarios.

De acuerdo a lo relevado, la mayoría de las viviendas Huinca Renancó son de una planta y solo hay algunas de dos plantas, entonces para evitar los inconvenientes provocados por la falta de presión suficiente en las viviendas se fijó para este proyecto la presión dinámica mínima en 10 m.c.a. que es lo recomendado según las guías del ENOHSa.

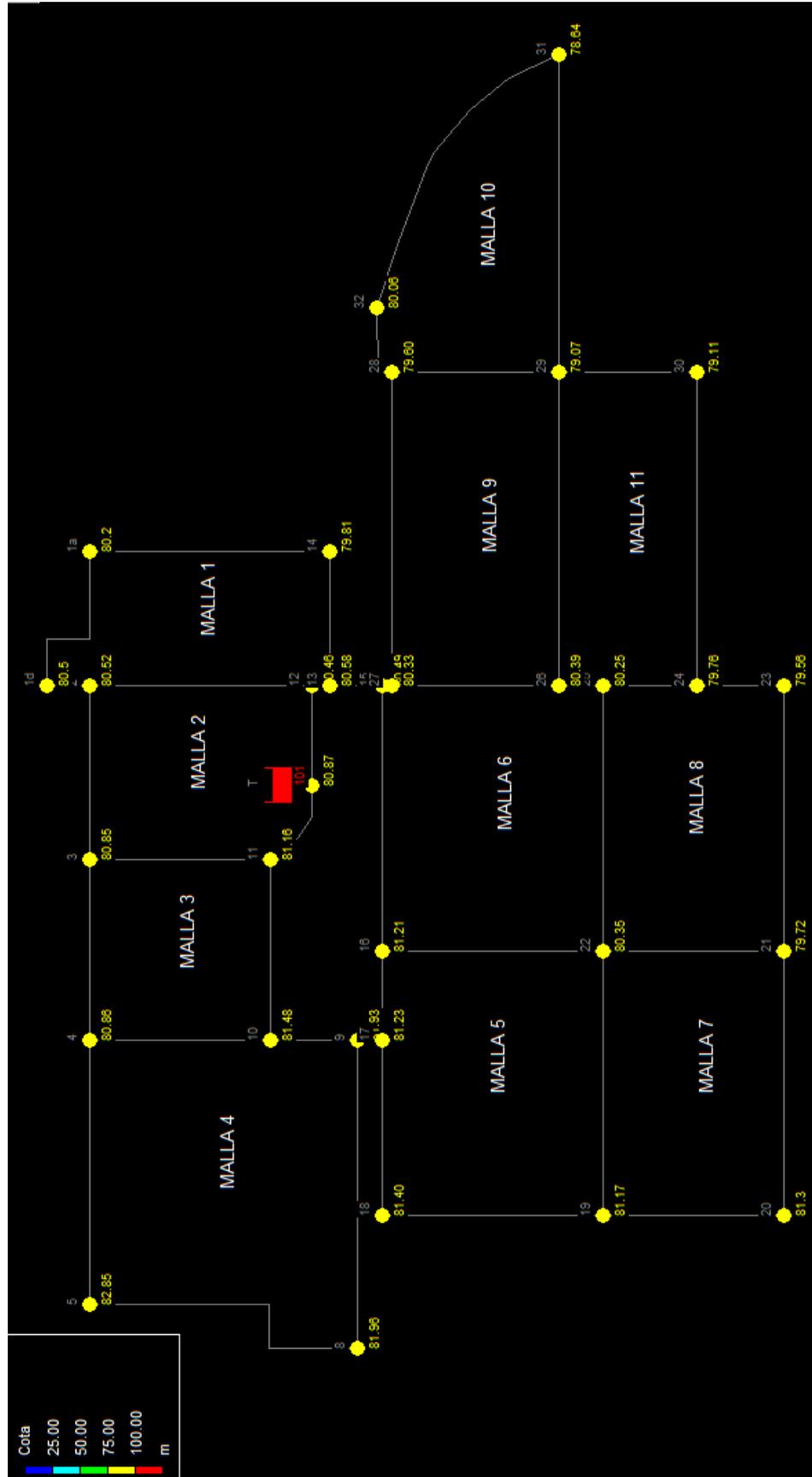
### Velocidades mínimas y máximas

En el ENOHSa recomienda que para diámetros menores a 200 mm las velocidades máximas no superen de 0,9 m/s y para diámetros superiores de 250 mm el límite fijado es de 1,3 m/s.

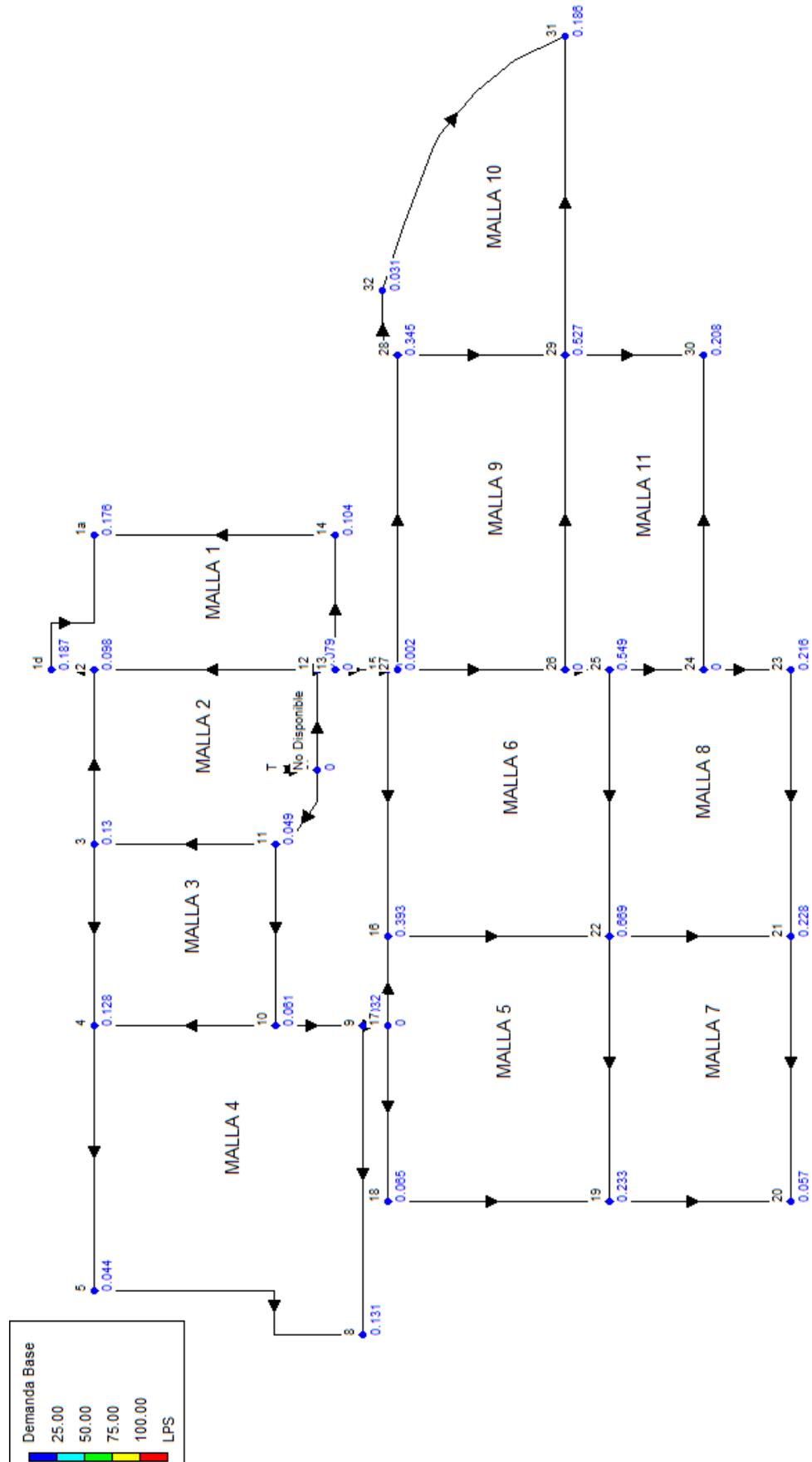
Las velocidades máximas se establecen para limitar una serie de inconvenientes que se potencian excediendo este límite, entre ellos los posibles golpes de ariete originados en el cierre de válvulas o la evacuación de aire son mayores y por ende más peligroso a velocidades altas de escurrimiento, así como las acciones dinámicas en ramales de derivación, cambios de diámetro y de dirección.

Las velocidades mínimas se relacionan con evitar sedimentación y/o decantación de las partículas. El ENOHSa establece como velocidad mínima 0,30 m/s valor que no siempre pudo ser cumplido debido al pequeño tamaño de algunas mallas y a la baja densidad de población dentro de las mismas, además el factor limitante del diámetro mínimo de 1”.

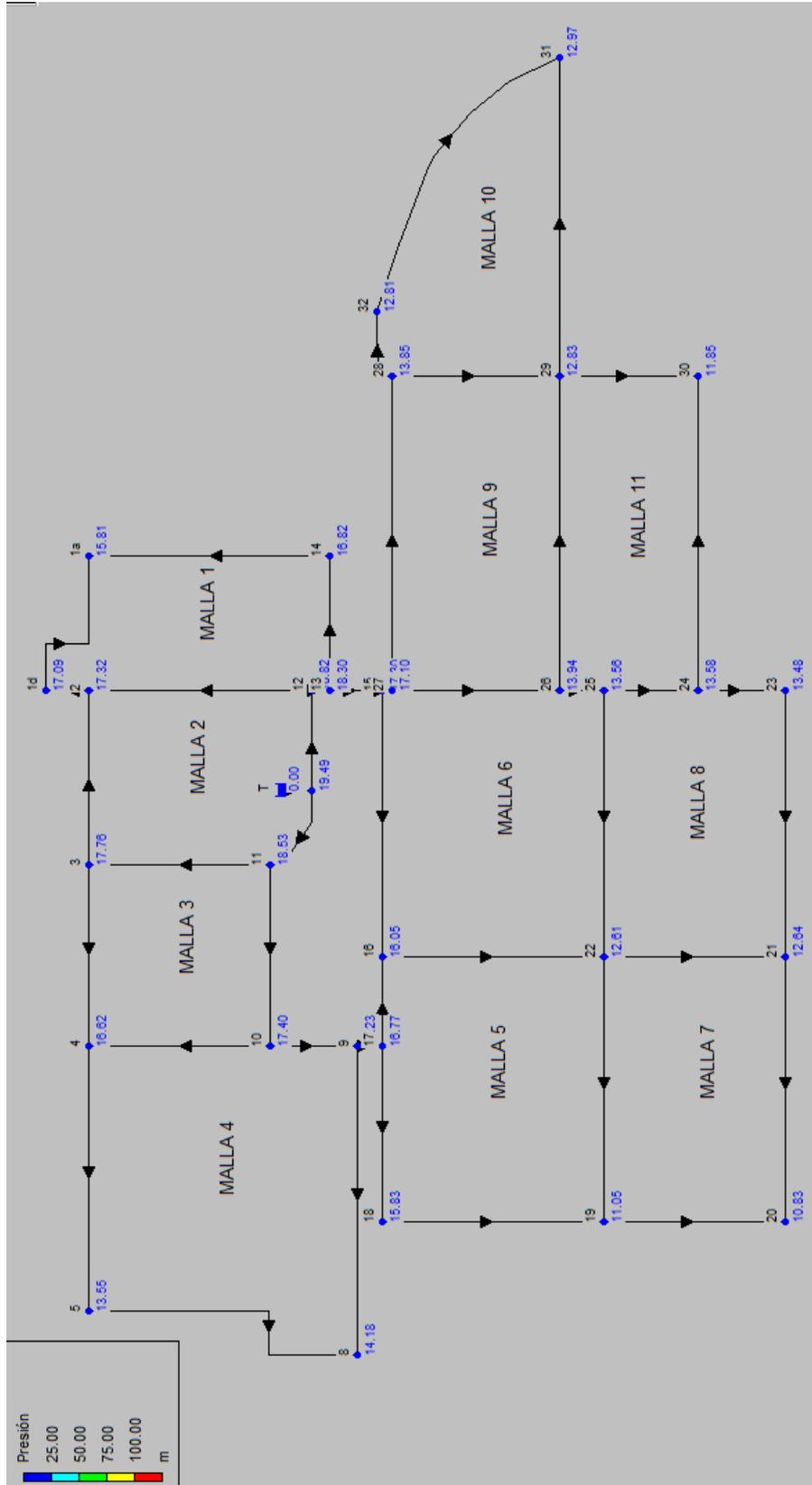
Cotas



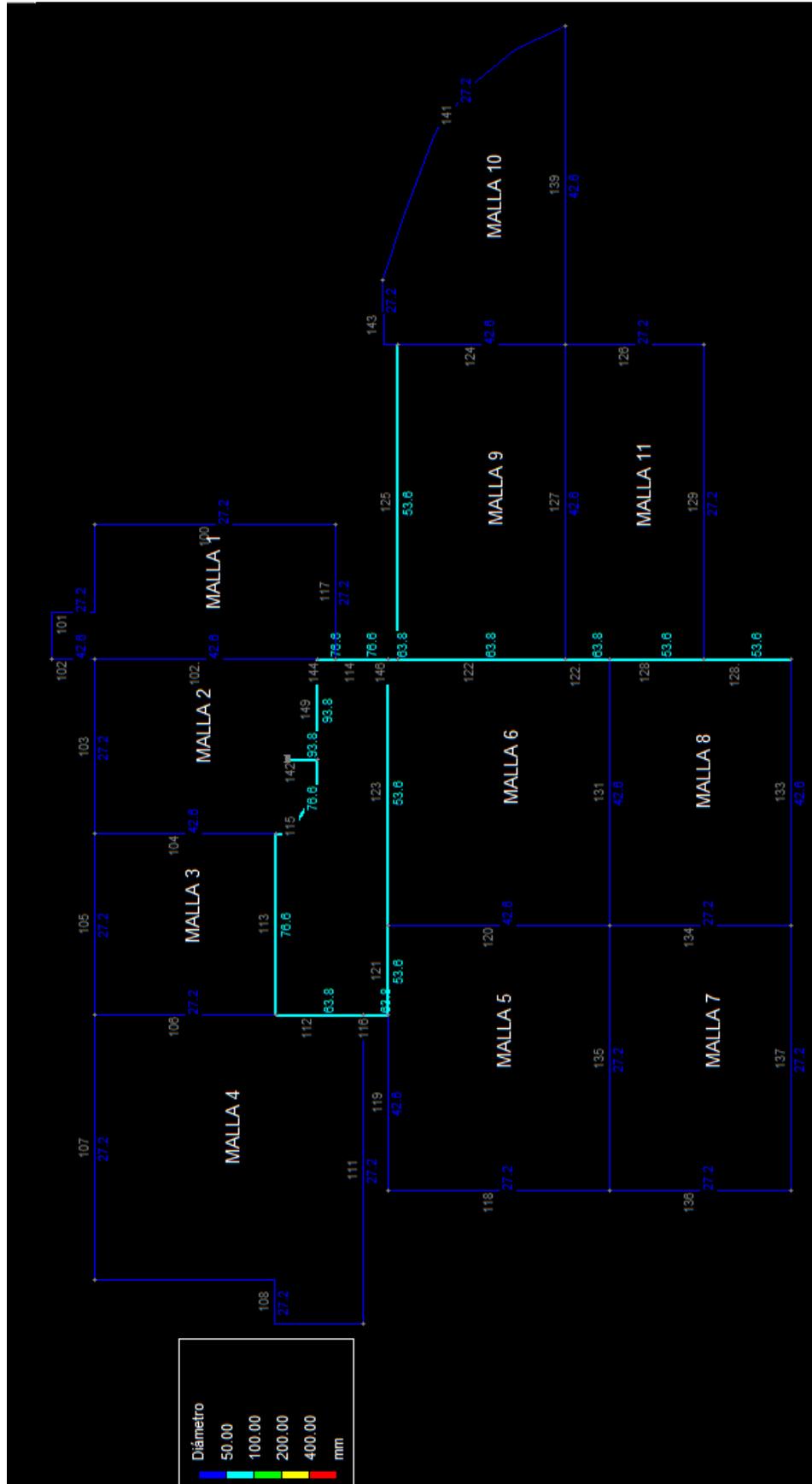
**Caudales**



**Presiones**



Diámetros





## 6 CONCLUSIÓN

El fin de esta modelización fue la determinación de los diámetros de las cañerías principales para la distribución de ambas calidades de agua. Se trabajó con datos brindados por la Cooperativa Eléctrica de Huinca Renancó y del municipio de dicha localidad.

Este trabajo servirá para la preparación de un cómputo y presupuesto del sistema de abastecimiento para la otorgación de créditos para llevar a cabo esta obra pública.

Al ser un trabajo real y al no contar con los suficientes datos, se realizaron simplificaciones y suposiciones para aproximar dicho modelo a la realidad.

Se planteó un sistema de red cerrada ya que la morfología de la ciudad así lo permitía y el funcionamiento de la misma es mejor en cuanto a calidad de agua y tareas de mantenimiento de la red, teniendo como desventaja su alta inversión inicial.

La utilización de la doble red me pareció una gran decisión para hacer que este recurso sea sustentable ya que en la zona es un problema el lugar de obtención de la fuente de agua en calidad y volumen suficiente.

Con respecto al software EPANET puedo decir que fue de gran utilidad y una gran herramienta para poder verificar que la red con sus diámetros planteados tengan un buen comportamiento hidráulico respetando presiones mínimas y máximas como así también las velocidades del flujo dentro de las tuberías.

Es un software fácil de usar, que permite modelar cada elemento que constituye una red con una excelente visualización de los parámetros de entrada y resultados obtenidos.

La práctica supervisada fue una muy buena experiencia laboral, por ser una inclusión en el ámbito laboral y la interrelación con distintos profesionales que fueron guiando y asesorando en este trabajo.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Blarasin, Cabrera, Matteoda, Felizzia y Eric (Año 2012). “Exploración hidrogeológica en el entorno de la localidad de Huinca Renancó-Cba”.
- Piorno Pablo y Tolisso María (Año 2012). “Obtención del agua potable en la localidad de Huinca Renancó, Funcionamiento Planta Potabilizadora de Osmosis Inversa, Condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua en Huinca Renancó”.
- Piorno Pablo (Año 2013). “Propuesta Agua Potable por Red”.
- Manual de Usuario EPANET VERSION 2.0
- Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (E.N.O.H.Sa.). (2001). “Criterios”. Argentina.
- Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (E.N.O.H.Sa.). (2001). “Fundamentos”. Argentina.
- Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (E.N.O.H.Sa.). (2001). “Proyectos”. Argentina.
- Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (E.N.O.H.Sa.). (2001). “Diseños Típicos”. Argentina.
- Ing Roberto E Croselli. “Distribución de las aguas”. Cátedra de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Córdoba, Argentina.

## **8 ANEXO: Cómputo y Presupuesto, Planos.**