

## ANEJO 06-CALCULOS RED SANEAMIENTO



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE SANEAMIENTO .....</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.2	DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO .....	1
1.2.1	Nodos.....	1
1.2.2	Conductos .....	1
1.2.3	Coeficiente de rugosidad de Manning.....	3
1.2.4	Profundidad hidráulica máxima.....	3
1.2.5	Velocidades mínimas y máximas .....	3
1.3	CAUDAL .....	4
1.3.1	Caudal residual .....	4
1.3.2	Caudal llluvias .....	4
<b>2</b>	<b>RESULTADOS MODELO.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DESAGÜES A LA RED DE SANEAMIENTO.....</b>	<b>10</b>
3.1	DESAGÜES DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS DE PROCESO Y DE ABASTECIMIENTO.....	10
3.2	DESAGÜES DE LAS IMPULSIONES DE LAS AGUAS DE PROCESO .....	11



## 1 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE SANEAMIENTO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Se incluye en este apartado el cálculo de la red de saneamiento de la Planta Nodriza. En el diseño se emplean como conducciones tuberías de UPVC, colocadas sobre lecho de arena.

### 1.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Los modelos matemáticos de la red de saneamiento se elaboran mediante la aplicación EPASWMM y básicamente están compuestos por nodos, conducciones y vertederos.

#### 1.2.1 Nodos

Los pozos representan físicamente las conexiones de los conductos de la red de saneamiento, así como los nodos receptores del caudal de escorrentía y del caudal de aguas residuales de las distintas parcelas. Los datos de entrada de estos elementos son la rasante hidráulica y la profundidad máxima medida desde la rasante hidráulica hasta la superficie del terreno. Otro dato de entrada será el caudal de aguas residuales y pluviales.

#### 1.2.2 Conductos

Los datos de entrada para estos elementos son la geometría de la sección, la longitud de cada conducción, las cotas a la entrada y a la salida y la rugosidad del conducto. Para el cálculo del flujo en lámina libre se ha usado la ecuación de Manning:

$$Q = A \frac{R_H^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Siendo,

n: Coeficiente de Manning

R<sub>H</sub>: Radio hidráulico

S: Pendiente hidráulica del flujo

El análisis hidráulico se realiza mediante el modelo de onda dinámica, que resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y genera resultados precisos en redes complejas. Con este tipo de modelo de transporte se puede representar el flujo presurizado de forma que el caudal que circula por la misma puede exceder el valor del caudal a tubo completamente lleno obtenido mediante la ecuación de Manning (flujo en lámina libre).

A su vez, la utilización del modelo de transporte de la onda dinámica contempla efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos y el flujo inverso, lo que permite reflejar con mayor exactitud el comportamiento de la red.

Así, para resolver el caudal en cada conducto utiliza una ecuación fruto de combinar la ecuación de cantidad de movimiento y la de conservación de la masa, del tipo:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAI_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0$$

Esta sigue siendo una sola ecuación a aplicar en el conducto. La pendiente motriz se evalúa con expresiones iguales a las del régimen permanente como la de Manning descrita anteriormente. Aplicando un esquema en diferencias finitas sobre la ecuación, entre un instante  $t$  y otro  $t + \Delta t$  tenemos al final:

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t - \frac{k\Delta t}{R_h^{\frac{4}{3}}} |V_t| Q_{t+\Delta t} + 2V \left( \frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta + V^2 \left[ \frac{A_2 - A_1}{L} \right] \Delta t - gA \left[ \frac{H_2 - H_1}{L} \right] \Delta t$$

Donde  $k = g n^2$ , con  $n$  coeficiente de rugosidad de Manning,  $L$  es la longitud del conducto, y  $\Delta t$  es el intervalo de tiempo de cálculo. Despejando el valor del caudal en el instante  $t + \Delta t$ , tenemos:

$$Q_{t+\Delta t} = \left[ \frac{1}{1 + \frac{k\Delta t}{R_h^{\frac{4}{3}} |V|}} \right] \left[ Q_t + 2V \left( \frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta + V^2 \left[ \frac{A_2 - A_1}{L} \right] \Delta t - gA \left[ \frac{H_2 - H_1}{L} \right] \Delta t \right]$$

Los valores  $V$ ,  $A$  y  $R$  que aparecen en la ecuación, están ponderados entre los valores de los nodos aguas arriba y aguas abajo. La variación del área respecto del tiempo, se calcula hacia atrás, en el instante  $t$ , por lo que es el dato desconocido. Se puede reescribir esta expresión final como:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{Q_t + \Delta Q_{\text{gravedad}} + \Delta Q_{\text{inercia}}}{1 + \Delta Q_{\text{rozamiento}}}$$

Donde están representadas todas las fuerzas actuantes sobre la masa del agua en la red de drenaje.

En caso de que el conducto entre en carga, el cálculo se lleva a cabo mediante las ecuaciones de Darcy-Weisbach:

$$j = \frac{f v^2}{D 2g}$$

Donde:

$D$ : el diámetro de la conducción.

$f$ : el factor de fricción

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Donde:

$\epsilon$ : la rugosidad absoluta del material de la conducción

Re: Número de Reynolds, que expresa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas.

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

siendo  $\nu$  la viscosidad cinemática, que para el agua a 20°C es  $1,14 \times 10^{-6}$ .

La ecuación de conservación de la masa aplicada a cada nudo (cámara) se puede expresar como:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \sum (Q_t \Delta t / A_{St})$$

Donde  $A_{St}$  es el área en planta de la cámara.

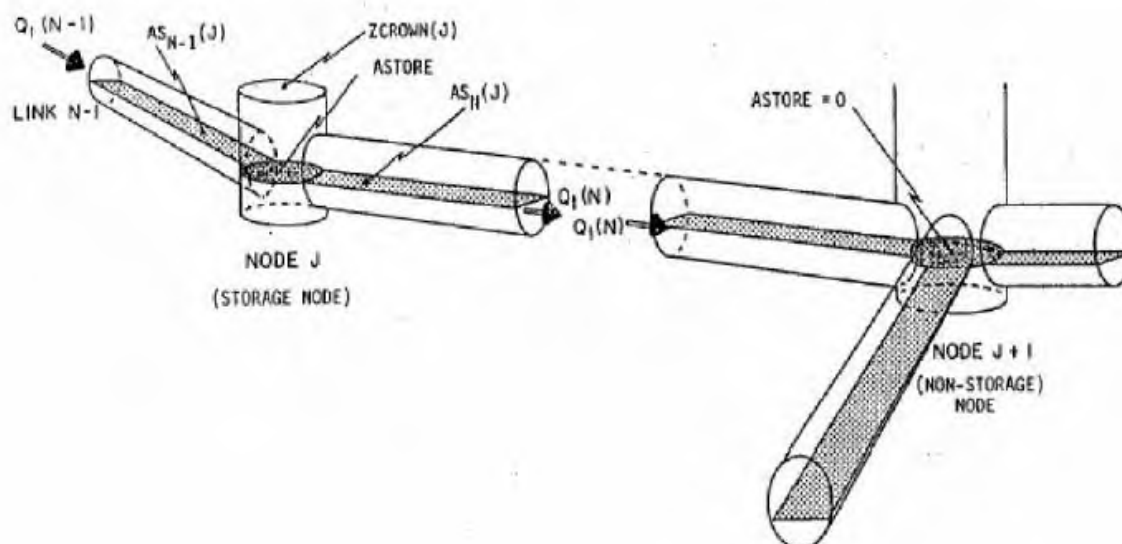


Fig 1. Fig 1. Conservación de la masa en cada nudo

### 1.2.3 Coeficiente de rugosidad de Manning

Se considera un coeficiente de rugosidad de  $n = 0,009$ .

### 1.2.4 Profundidad hidráulica máxima

En las conducciones cuyo funcionamiento sea en lámina libre, deberá comprobarse que, para el caso de redes unitarias el llenado será inferior al 75%.

### 1.2.5 Velocidades mínimas y máximas

La velocidad del agua en cualquier punto del recorrido debe cumplir los requisitos de velocidad mínima y máxima. Con el caudal máximo de diseño circulando la velocidad no debe exceder, en general, los 3 m/s, sin sobrepasar nunca los 5 m/s. Por su parte mientras discorra el caudal mínimo la velocidad ha de ser superior a 0,6 m/s.

### 1.3 CAUDAL

#### 1.3.1 Caudal residual

Los caudales considerados para el cálculo son:

5 m<sup>3</sup>/h por parcela, que corresponden a 1,39 l/s en cada acometida.

El caudal punta de agua industrial a considerar se obtiene suponiendo un vertido simultáneo desde todas las parcelas, equivalente al agua de proceso.

$$36 \times 1,39 = 50 \text{ l/s}$$

#### 1.3.2 Caudal lluvias

Para el cálculo del caudal de aguas pluviales, se ha utilizado la expresión simplificada del Método Racional (NRSCYII-2006, Anexo 4) de aplicación en zonas urbanas, que considera un coeficiente de escorrentía de valor 1 (zonas totalmente pavimentadas) y un tiempo de concentración de 3 minutos.

$$QP = \frac{91 \times A}{3,6}$$

Siendo: A = Área drenada (km<sup>2</sup>)

QP = Caudal de pluviales (m<sup>3</sup>/s)

Se ha considerado que a largo plazo la totalidad de las parcelas podrían estar pavimentadas, con lo que se obtienen las siguientes superficies de drenaje:

- Superficie de calzadas = 3.342 m<sup>2</sup>
- Superficie de parcelas = 8.100 m<sup>2</sup>

Resultando un caudal de pluviales: QP = 289 l/s

Se ha introducido como condición en el modelo que el 100% de este caudal se reparta en los pozos comprendidos entre el 11 y el 41, que son los acometidos por los albañales de drenaje.

El caudal de diseño a efectos de cálculo es la suma de los caudales punta de pluviales y de agua industrial:  
289 + 50 = 339 l/s.



## 2 RESULTADOS MODELO

TRAMO	Caudal (l/s)	Velocidad max (m/s)	Caudal max/Caudal lleno (%)	Profundidad hidráulica (%)
P41-P40	10,72	0,96	5,5	18,7
P40-P39	21,44	1,28	10,4	26,8
P39-P30	32,16	1,28	14	29,3
P38-P37	12,11	1,05	5,7	19,1
P37-P36	22,83	1,28	10,9	24,1
P36-P35	33,55	1,39	14,8	31,2
P35-P34	44,27	1,49	20,9	34,5
P34-P33	54,99	1,66	23,8	41,7
P33-P32	65,71	1,67	32	45,9
P32-P31	76,43	1,89	35,8	46,3
P31-P30	87,15	1,87	43,4	56,8
P30-P29	130,03	2,15	58	63,8
P29-P28	140,75	1,98	72,3	74,2
P28-P16	151,47	2	70,4	73,6
P27-P26	12,11	1,02	5,8	19,2
P26-P25	24,22	1,31	11	24,7
P25-P24	36,33	1,52	16,1	29,4
P24-P23	48,44	1,62	21,8	37,1
P23-P22	59,16	1,65	31,3	43,2
P22-P21	69,88	1,8	32,9	44,9
P21-P20	81,99	1,91	36,5	51,8
P20-P19	94,10	1,87	48,7	56,1
P19-P18	106,21	2,03	48,1	57,5
P18-P17	118,32	1,9	56,5	65,5
P17-P16	129,04	1,86	59	66,8
P16-P15	291,23	2,45	46,2	60
P15-P14	301,95	2,41	52,9	64
P14-P13	311,28	2,24	49,8	61,9
P13-P12	320,61	1,97	62,1	70,5
P12-P11	339,27	2,31	64,2	65,5
P11-P10'	339,27	2,09	65,5	72,6
P10'-P10	339,27	2,31	70,4	70,3
P10-P9	339,27	2,11	63,3	70,4
P9-P8	339,27	2,3	67	66,6
P8-P7	339,27	3,3	38,3	48,6
P7-P6	339,27	3,77	31,5	51,5

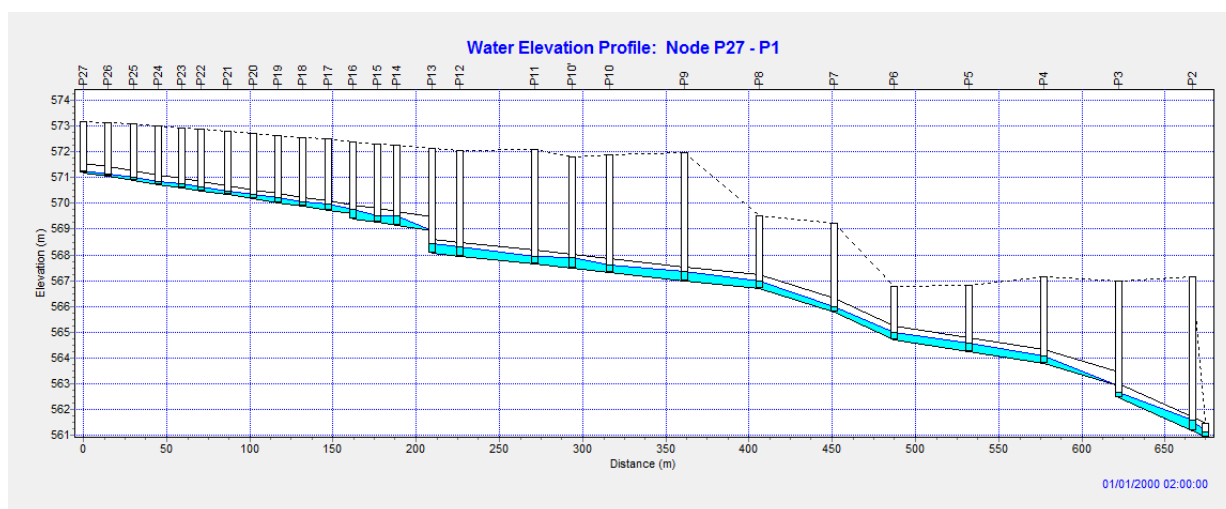
TRAMO	Caudal (l/s)	Velocidad max (m/s)	Caudal max/Caudal lleno (%)	Profundidad hidráulica (%)
P6-P5	339,27	2,71	65,6	69,2
P5-P4	339,27	2,6	61,2	64,9
P4-P3	339,27	3,43	40,4	49
P3-P2	339,27	3,67	33	63,7
P2-P1	339,27	2,45	32,3	63,6

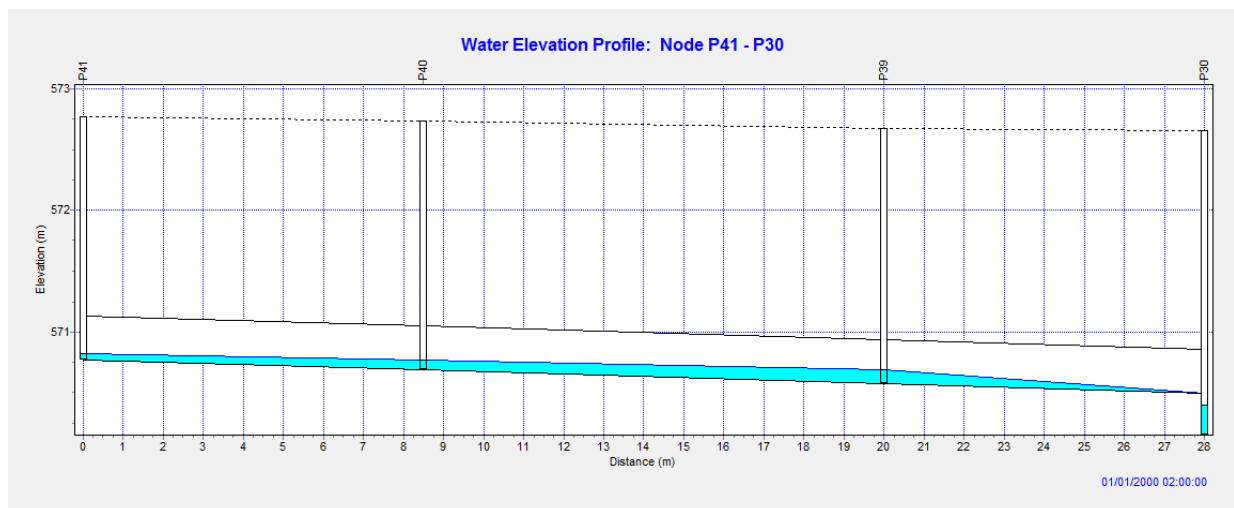
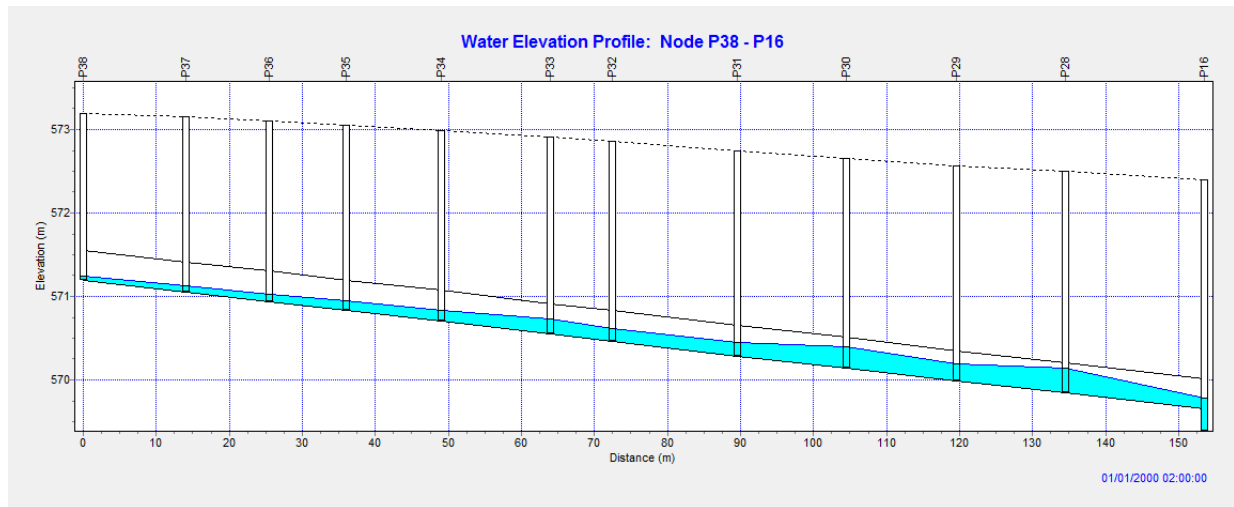
TRAMO	Cota batea inicial	Cota batea final	DN exterior (mm)	D interior mínimo (mm)	Longitud (m)	Pendiente
P41-P40	570,77	570,69	400	362	8,5	1,0%
P40-P39	570,69	570,57	400	362	11,5	1,0%
P39-P30	570,57	570,49	400	362	8	1,0%
P38-P37	571,19	571,05	400	362	14	1,0%
P37-P36	571,05	570,94	400	362	11,5	1,0%
P36-P35	570,94	570,83	400	362	10,5	1,0%
P35-P34	570,83	570,70	400	362	13	1,0%
P34-P33	570,70	570,55	400	362	15	1,0%
P33-P32	570,55	570,47	400	362	8,5	1,0%
P32-P31	570,47	570,30	400	362	17	1,0%
P31-P30	570,30	570,15	400	362	15	1,0%
P30-P29	570,15	570,00	400	362	15	1,0%
P29-P28	570,00	569,85	400	362	15	1,0%
P28-P16	569,85	569,66	400	362	19	1,0%
P27-P26	571,19	571,04	400	362	15	1,0%
P26-P25	571,04	570,89	400	362	15	1,0%
P25-P24	570,89	570,74	400	362	15	1,0%
P24-P23	570,74	570,60	400	362	14	1,0%
P23-P22	570,60	570,48	400	362	12	1,0%
P22-P21	570,48	570,32	400	362	16	1,0%
P21-P20	570,32	570,17	400	362	15	1,0%
P20-P19	570,17	570,02	400	362	15	1,0%
P19-P18	570,02	569,87	400	362	15	1,0%
P18-P17	569,87	569,72	400	362	15	1,0%
P17-P16	569,72	569,57	400	362	15	1,0%
P16-P15	569,34	569,19	630	540	15	1,0%
P15-P14	569,19	569,07	630	540	11,5	1,0%
P14-P13	569,07	568,87	630	540	21	1,0%
P13-P12	568,25	568,13	630	540	16,5	0,7%
P12-P11	568,13	567,82	630	540	45	0,7%
P11-P10'	567,82	567,66	630	540	22,5	0,7%

TRAMO	Cota batea inicial	Cota batea final	DN exterior (mm)	D interior mínimo (mm)	Longitud (m)	Pendiente
P10'-P10	567,66	567,50	630	540	22,5	0,7%
P10-P9	567,50	567,19	630	540	45	0,7%
P9-P8	567,19	566,87	630	540	45	0,7%
P8-P7	566,87	565,78	630	540	45	2,4%
P7-P6	565,78	564,69	630	540	36,4	3,0%
P6-P5	564,69	564,24	630	540	45	1,0%
P5-P4	564,24	563,79	630	540	45	1,0%
P4-P3	563,79	562,90	630	540	45	2,0%
P3-P2	562,47	561,16	630	540	43,9	3,0%
P2-P1	561,16	560,92	630	540	7,9	3,0%

Label	Diámetro pozo (mm)	Cota tapa	Cota fondo
P1	1000	563,27	560,92
P2	1000	567,13	561,16
P3	1000	566,98	562,47
P4	1000	567,16	563,79
P5	1000	566,80	564,24
P6	1000	566,77	564,69
P7	1000	569,21	565,78
P8	1000	569,50	566,87
P9	1000	571,97	567,19
P10	1000	571,90	567,50
P10'	1000	571,80	567,66
P11	1000	572,11	567,82
P12	1000	572,06	568,13
P13	1000	572,14	568,25
P14	1000	572,25	569,07
P15	1000	572,31	569,19
P16	1000	572,39	569,34
P17	1000	572,49	569,72
P18	1000	572,56	569,87
P19	1000	572,64	570,02
P20	1000	572,71	570,17
P21	1000	572,79	570,32
P22	1000	572,87	570,48
P23	1000	572,93	570,60
P24	1000	573,00	570,74
P25	1000	573,08	570,89

Label	Diámetro pozo (mm)	Cota tapa	Cota fondo
P26	1000	573,15	571,04
P27	1000	573,19	571,19
P28	1000	572,49	569,85
P29	1000	572,56	570,00
P30	1000	572,65	570,15
P31	1000	572,74	570,30
P32	1000	572,85	570,47
P33	1000	572,90	570,55
P34	1000	572,98	570,70
P35	1000	573,04	570,83
P36	1000	573,10	570,94
P37	1000	573,15	571,05
P38	1000	573,19	571,19
P39	1000	572,67	570,57
P40	1000	572,73	570,69
P41	1000	572,77	570,77





### 3 DESAGÜES A LA RED DE SANEAMIENTO

A la red de saneamiento de la Planta Nodriza, además de las aguas procedentes de parcelas indicadas en el apartado anterior, también se conectarán los desagües tanto de las aguas de procesos (redes de impulsión y distribución) como de la red de abastecimiento.

Los desagües de las conducciones de impulsión de las aguas de procesos se proyectan en tubería Ø90, PE-100, hasta un pozo de registro situado próximo al bombeo de captación (distancia inferior a 5 m) y, desde éste, se conectarán mediante una tubería de U-PVC DN250 mm a la red de saneamiento de la Planta Nodriza, en el caso de la impulsión del agua del reactor biológico, y a la red de vaciados de la EDAR de Torrejón de Ardoz, en los otros tres casos.

Los desagües de las redes de distribución y de abastecimiento se proyectan con tubería PE100 de diámetros 63 y 50 mm, respectivamente, y se conectan a la red de saneamiento de la Planta Nodriza.

En todos los casos, se trata de desagües puntuales que resultan despreciables a efectos de dimensionamiento del colector general de saneamiento.

#### 3.1 DESAGÜES DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS DE PROCESO Y DE ABASTECIMIENTO

Tanto la red distribución del agua de procesos como la red de abastecimiento discurren a una profundidad inferior a 1,5 m, por lo que es posible desaguar dichas redes sin problemas de cota, al tener la red de saneamiento una profundidad mínima de 2,0 m. El desagüe de cada una de las redes se produce en los pozos siguientes:

Tipología de agua	Ramal	Pozo	Altura pozo (m)
Pretratada	1	17	2,76
		18	2,69
Decantación primaria	1	22	2,38
		23	2,33
Reactor biológico	1	15	3,12
	2	28	2,64
Tratada	2	33	2,35
		35	2,21
Abastecimiento	1	10'	4,14

### 3.2 DESAGÜES DE LAS IMPULSIONES DE LAS AGUAS DE PROCESO

Los desagües de las impulsiones de las aguas de procesos se encuentran en general más alejados de la red de saneamiento que en los casos del apartado anterior, por lo que únicamente en el caso del agua tras el reactor biológico podrá conectarse a la red de saneamiento proyectada. En el resto de los casos deberá desaguarse a la red de vaciado de la EDAR, conectando en un punto en el que se situará un pozo de registro nuevo.

Los desagües se proyectan en tubería PE-100 DN90 mm, hasta un pozo de registro situado próximo al bombeo de captación (a una distancia aproximada de 5 metros) y a continuación se conectarán mediante tubería U-PVC, DN250 mm a la red de saneamiento o a la red de vaciados según corresponda.

Se incluyen en la siguiente tabla las características principales de las conducciones y pozos indicados.

Tipología de agua	Red a la que conecta	Cota rasante colector existente	Pozos			Conducciones		
			Cota terreno	Cota rasante	Prof. (m)	Longitud (m)	Diámetro (mm) y material	Pendiente (%)
Pretratada	Vaciado	567,91	569,50	568,56	0,94	45,0	250 UPVC	0,50
			571,02	568,33	2,69			
Decantada	Vaciado	567,91	571,83	569,86	1,97	3,50	250 UPVC	0,50
			571,02	569,84	1,18			
Reactor biológico	Saneamiento	569,19	573,50	571,26	2,24	27,5	250 UPVC	0,50
			572,30	571,12	1,18			
Tratada	Vaciado	568,03	572,00	570,76	1,24	10	250 UPVC	0,50
			572,00	570,71	1,29			