Bogotá, D.C., 14 de marzo de 2017

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD REAL DE LA PTAR ZARAGOZA

COMITÉ DE VERIFICACIÓN DE LA SENTENCIA DEL CONSEJO DE ESTADO DEL 28 DE MARZO DE 2014

ACCIÓN POPULAR Nº 2001-00479-00 (ACUMULADO EXP. 2000-0428, 2001-0122 Y 2001-0343)

Por:
Pablo Carrizosa De Narváez
Ingeniero Civil - MBA

Por:
Walter Ocampo Gutiérrez
Abogado - Biólogo

Contenido

1. Cálculo de los caudales de diseño 2
1.1. Cálculo poblacional 2
1.2. Nivel de complejidad del sistema 2
1.3. Periodo de diseño 3
1.4. Cálculo del Caudal medio de diseño 3
1.5. Cálculo del Caudal máximo semanal 6
2. Capacidad real de la PTAR Zaragoza 8
2.1. Caudal máximo semanal que puede tratar la PTAR Zaragoza 8
2.2. Cálculo del punto de saturación de la PTAR Zaragoza 9
2.3. Cálculo del caudal de diseño del módulo adicional para la PTAR Zaragoza 10
3. CONCLUSIONES 10
APÉNDICE A: Cálculo del Factor de mayoración 12
APÉNDICE B: Cálculo de los caudales de diseño de la PTAR Zaragoza 13

1. Cálculo de los caudales de diseño

El RAS 2000, en su aparte A.11.4.3 Caudal de diseño (artículo 151 del Decreto 1096 de 2000) especifica que *"Para comunidades sin alcantarillado sanitario debe determinarse el caudal medio de diseño con base en la dotación de agua potable multiplicada por la población y un factor de retorno entre 0.70 y 0.80, más los caudales de infiltración, conexiones erradas y aportes institucionales comerciales e industriales."*.

Teniendo en cuenta que la urbanización Ciudadela Zaragoza está siendo construida desde ceros, así como la urbanización que desarrolla actualmente el municipio de Madrid en el predio Lindaraja, el cálculo del caudal de diseño de la PTAR debe hacerse tomando en cuenta lo preceptuado en el aparte A.11.4.3 del RAS 2000.

1.1. Cálculo poblacional

La fórmula a utilizar para el cálculo poblacional es la siguiente:

$$P = Viv \times Hab/Viv \quad (1)$$

Donde:

P: Población, en número de habitantes
Viv: Número de viviendas
Hab/Viv: Número de habitantes promedio por cada vivienda

La Ciudadela Zaragoza está proyectada en 3500 unidades de vivienda, mientras que para la urbanización del predio Lindaraja se prevén 950 unidades de vivienda.

Por otro lado, en el documento "PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE MADRID CUNDINAMARCA 'CONSTRUYENDO A MADRID CON SENTIDO SOCIAL' 2008 – 2012", en el numeral 2.1.4.1 Déficit de Viviendas por Hacinamiento, página 53, se encuentra que, para el sector urbano de Madrid, el número de habitantes promedio por cada vivienda es de 3.77.

Teniendo en cuenta que se debe tener en cuenta la población flotante para el cálculo poblacional, se estima que 4 habitantes por vivienda es un dato adecuado, para efectos de nuestros cálculos, descartando el dato de 5 habitantes por vivienda tomado por parte del consultor contratado por la constructora, por considerarlo alto, respecto del promedio para el sector urbano de Madrid (3.77 Hab/Viv).

Así las cosas, el cálculo poblacional nos arroja una **Población** de 17800 habitantes, a saber:

$$P = (3500 + 950) \times 4 \ = 17800 \ hab$$

1.2. Nivel de complejidad del sistema

Según el RAS 2000, debe determinarse el Nivel de complejidad del sistema, teniendo en cuenta la población en la zona urbana del municipio y su capacidad económica, para lo cual debe utilizarse la Tabla A.3.1 Asignación del nivel de complejidad, detallada en el artículo 11 de la Decreto 1096 de 2000.

TABLA 1: *Tabla A.3.1 del RAS 2000 - Asignación del nivel de complejidad*

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: RAS 2000

En la página web del municipio de Madrid www.madrid-cundinamarca.gov.co, se encuentra que la población, para el año 2015, en la cabecera municipal, es de 67259 habitantes, lo que implica que el **Nivel de complejidad del sistema** corresponde al nivel ALTO, teniendo en cuenta, además, que ambas urbanizaciones se encuentran en el casco urbano del municipio.

1.3. Periodo de diseño

La Resolución MAVDT No. 2320 de 2009 preceptúa que *"…Para todos los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado se adoptan los periodos de diseño máximos establecidos en la Tabla No. 10, según el nivel de complejidad del sistema:"*

TABLA 2: *Tabla No. 10 de la Resolución MAVDT No. 2320 de 2009 - Periodo máximo de diseño*

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño máximo
Bajo, medio y medio alto	25 años
Alto	30 años

Fuente: Resolución MAVDT No. 2320 de 2009

Así las cosas, se toma para las dos urbanizaciones un **Periodo de diseño** de 30 años.

1.4. Cálculo del Caudal medio de diseño

Siguiendo lo preceptuado en el RAS 2000, en su aparte A.11.4.3 Caudal de diseño (artículo 151 del Decreto 1096 de 2000), se procede a determinar las siguientes variables:

1.4.1. Aportes domésticos (Q_D)

Los aportes domésticos están dados por la siguiente fórmula:

$$Q_D = \frac{P \times D \times R}{86400} \quad (2)$$

Donde:

Q_D: Aporte doméstico (L/s)
P: Población (hab)
D: Dotación (L/hab·día)
R: Coeficiente de retorno

La **Población** equivale a 17800 habitantes, tal como se determinó en el punto 1.1 del presente informe.

Para el cálculo de la Dotación, se debe utilizar lo preceptuado en la Resolución MAVDT No. 2320 de 2009 que, con la Tabla 9 Dotación neta máxima, determina la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto, dependiendo del nivel de complejidad del sistema.

TABLA 3: *Tabla 9 de la Resolución MAVDT No. 2320 de 2009 - Dotación neta máxima*

Nivel de complejidad del sistema	**Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frío o Templado** (L/hab·día)	**Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido** (L/hab·día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Resolución MAVDT No. 2320 de 2009

Dado que el municipio de Madrid es una población de Clima Frío, por estar ubicado a una altura superior a los 1000 m.s.n.m., y su Nivel de complejidad del sistema es ALTO, la **Dotación** equivale a 140 L/hab·día.

De acuerdo con lo preceptuado en el RAS 2000, en su aparte A.11.4.3 Caudal de diseño (artículo 151 del Decreto 1096 de 2000), el **Coeficiente de retorno** que se utilizará corresponde al máximo posible, es decir 0.8.

Así las cosas, el cálculo de los **Aportes domésticos (Q_D)** nos arroja un valor de 23.07 L/s, a saber:

$$Q_D = \frac{17800 \times 140 \times 0.8}{86400} = 23.07 \text{ L/s}$$

1.4.2. Aportes industriales (Q_I), comerciales (Q_C) e institucionales (Q_{IN})

Teniendo en cuenta que ambas urbanizaciones son netamente residenciales, no se contempla ningún **aporte por aguas residuales industriales**, ni **comerciales**, ni **institucionales**, por lo que su valor es de 0 L/s, para todos tres.

1.4.3. Caudal medio diario (Q_{MD})

El Caudal medio diario se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN} \quad (3)$$

Donde:

Q_{MD}: Caudal medio diario (L/s)
Q_D: Aporte doméstico (L/s)
Q_I: Aporte industrial (L/s)
Q_C: Aporte comercial (L/s)
Q_{IN}: Aporte institucional (L/s)

El cálculo del **Caudal medio diario** nos arroja un valor de **23.07 L/s**, a saber:

$$Q_{MD} = 23.07 \ + \ 0 \ + \ 0 \ + \ 0 = 23.07 \ L/s$$

1.4.4. Caudal de infiltraciones (Q_{IF})

El Caudal de infiltraciones se calcula utilizando la fórmula que se detalla a continuación:

$$Q_{IF} = IF \times A_T \quad (4)$$

Donde:

Q_{IF}: Caudal de infiltraciones (L/s)
IF: Tasa de infiltraciones (L/s·Ha)
A_T: Área del terreno (Ha)

En el RAS 2000, en su aparte A.11.4.1 Medición de caudales (artículo 149 del Decreto 1096 de 2000), se encuentra una tabla para determinar la tasa de infiltración, dependiendo del nivel de complejidad del sistema:

TABLA 4: *Tasa de infiltración*

Nivel de complejidad del sistema	**Infiltración alta** (L/s·Ha)	**Infiltración media** (L/s·Ha)	**Infiltración baja** (L/s·Ha)
Bajo y medio	0.15 – 0.4	0.1 – 0.3	0.05 – 0.2
Medio alto y alto	0.15 – 0.4	0.1 – 0.3	0.05 – 0.2

Fuente: RAS 2000

Según se nos informó por parte de la urbanización Ciudadela Zaragoza, para las dos urbanizaciones se tomó una **Tasa de infiltración** BAJA, equivalente a 0.05 L/s·Ha, teniendo en cuenta que la tubería de alcantarillado utilizada es de PVC, que evita medias y altas infiltraciones.

Por otro lado, se nos informa que el **Área del terreno** es de 29.33 Ha.

Así las cosas, el **Caudal de infiltraciones** equivale a **1.47 L/s**, a saber:

$$Q_{IF} = 0.05 \times 29.33 = 1.47 \ L/s$$

1.4.5. Caudal de conexiones erradas

El Caudal de conexiones erradas se calcula utilizando la fórmula que se detalla a continuación:

$$Q_{CE} = CE \times A_T \quad (5)$$

Donde:

Q_{CE}: Caudal de conexiones erradas (L/s)
IF: Tasa de conexiones erradas (L/s·Ha)
A_T: Área del terreno (Ha)

La urbanización Conjunto Zaragoza presentó el estudio realizado por la firma BAKU AI, enmarcado en el contrato de consultoría No. 020 de 2014, para nuestra revisión, encontrándose en el numeral 3.5.7 la Tabla 2.2 Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial, con la que se puede determinar la Tasa de conexiones erradas, dependiendo el nivel de complejidad del sistema; a continuación, se transcribe dicha tabla:

TABLA 5: *Tabla 2.2 del Estudio de la firma BAKU AI - Tasa de conexiones erradas con sistema pluvial*

Nivel de complejidad del sistema	**Tasa de conexiones erradas** (L/s·Ha)
Bajo y medio	0.2
Medio alto y alto	0.1

Fuente: BAKU AI, Estudio resultante del contrato de consultoría No. 020 de 2014

Se nos informa por parte de la urbanización Ciudadela Zaragoza que, teniendo en cuenta que el drenaje pluvial se hará hacia las vías, se estima una **Tasa de conexiones erradas** de 0.1 L/s·Ha.

Por otro lado, se nos informa que el **Área del terreno** es de 29.33 Ha.

Así las cosas, el **Caudal de conexiones erradas** equivale a **2.93 L/s**, a saber:

$$Q_{IF} = 0.1 \times 29.33 = 2.93\ L/s$$

1.4.6. Caudal medio de diseño

De acuerdo con lo preceptuado en el RAS 2000, en su aparte A.11.4.3 Caudal de diseño (artículo 151 del Decreto 1096 de 2000), la fórmula para calcular el Caudal medio de diseño es la siguiente:

$$Q_{md} = Q_{MD} + Q_{IF} + Q_{CE} \quad (6)$$

Donde:

Q_{md}: Caudal medio de diseño (L/s)
Q_{MD}: Caudal medio diario (L/s)
Q_{IF}: Caudal de infiltraciones (L/s)
Q_{CE}: Caudal de conexiones erradas (L/s)

Así las cosas, el **Caudal medio de diseño** equivale a 27.47 L/s, a saber:

$$Q_{md} = 23.07 + 1.47 + 2.43 = 27.47\ L/s$$

1.5. Cálculo del Caudal máximo semanal

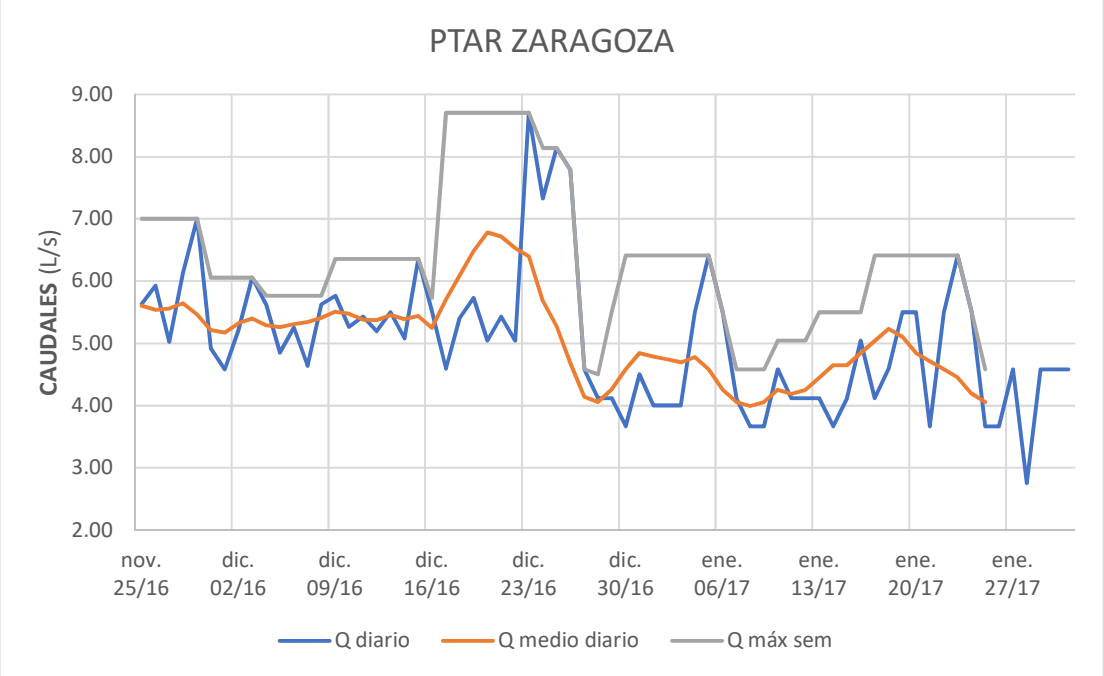
El RAS 2000, en su aparte A.11.4.3 Caudal de diseño (artículo 151 del Decreto 1096 de 2000) especifica que *"El **diseño de proceso de las unidades de tratamiento** debe basarse en el **caudal máximo semanal** para el periodo de diseño, excepto en casos especiales. El diseño hidráulico de la planta debe hacerse para el caudal máximo horario…"* (negrilla por fuera de texto).

Teniendo en cuenta que el presente informe técnico tiene como objetivo principal determinar la capacidad real de la PTAR Zaragoza, se procederá a determinar el Caudal máximo semanal, teniendo en cuenta que: a) dentro de la información que se nos aportó para nuestro estudio por parte de la Ciudadela Zaragoza no existe ningún cálculo del Caudal máximo semanal que haya sido utilizado en el *"…diseño de proceso de las unidades de tratamiento…"* de dicha PTAR; y b) que en el RAS 2000 no existe ninguna fórmula matemática que permita determinar el Caudal máximo semanal, limitándose únicamente a preceptuar, en su aparte A.11.4.1 Medición de caudales (artículo 149 del Decreto 1096 de 2000), que *"Para la determinación del caudal de las descargas deben efectuarse por lo menos tres jornadas de medición horaria durante las 24 horas del día y en cada uno de los emisarios que se consideren representativos…"*.

Dado que la PTAR Zaragoza, hoy en día, tiene automatizados sus procesos, lo que permite conocer cuáles son los caudales reales de entrada que está manejando esta planta en la actualidad, se le pidió a la urbanización Ciudadela Zaragoza nos entregara dicha información, recibiendo de parte éstos los datos de caudal diario (m^3/día), desde el viernes, 25 de noviembre de 2016, hasta el martes, 31 de enero de 2017, lo que representa información de 68 días.

Del proceso de dicha información, se encontró que actualmente la PTAR Zaragoza está tratando un caudal medio diario de 5.07 L/s y un caudal máximo semanal de 8.70 L/s, lo que representa un **Factor de mayoración** de **1.72**. En el APÉNDICE A se encuentra la información entregada, por parte de la urbanización, y procesada, por parte de los autores del presente informe. En la Gráfica 1 se presenta la variación de los caudales diario, medio diario y máximo semanal (éstos dos últimos caudales calculados utilizando una media móvil de siete días).

GRÁFICA 1: *Variación de los caudales diario, medio diario y máximo semanal en la PTAR Zaragoza, desde Nov. 25/16 hasta Ene. 31/17*



Fuente: ASURÍO

La fórmula utilizada para determinar el Caudal máximo semanal es la siguiente:

$$Q_{MS} = F \times Q_{MD} + Q_{IF} + Q_{CE} \quad (7)$$

Donde:

Q_{MS}:	Caudal máximo semanal (L/s)
F:	Factor de mayoración
Q_{MD}:	Caudal medio diario (L/s)
Q_{IF}:	Caudal de infiltraciones (L/s)
Q_{CE}:	Caudal de conexiones erradas (L/s)

De esta manera, la PTAR Zaragoza deberá estar preparada para tratar un **Caudal máximo semanal equivalente** a **44.08 L/s**, a saber:

$$Q_{MS} = 1.72 \times 23.07 + 1.47 + 2.93 = 44.08\ L/s$$

En el APÉNDICE B se encuentra una tabla que resume todos los cálculos llevados a cabo en el presente numeral. Puede observarse el cálculo de los caudales de diseño para la urbanización Ciudadela Zaragoza, correspondiente a 3500 unidades de vivienda, y para las dos urbanizaciones, correspondientes a 4450 unidades de vivienda, tal como se detalla a continuación, a manera de resumen:

TABLA 6

Variable	**Ciudadela Zaragoza** (3500 viviendas)	**C. Zaragoza + P.Lindaraja (4450 viviendas)**
Caudal medio de diseño (Q_{md})	21.45 L/s	**27.47 L/s**
Factor de mayoración (F)	1.72	**1.72**
Caudal máximo semanal (Q_{MS})	34.52 L/s	**44.08 L/s**

Fuente: ASURÍO

2. Capacidad real de la PTAR Zaragoza

El RAS 2000, en su aparte A.11.4.3 Caudal de diseño (artículo 151 del Decreto 1096 de 2000) especifica que *"El **diseño de proceso de las unidades de tratamiento** debe basarse en el **caudal máximo semanal** para el periodo de diseño, excepto en casos especiales. El diseño hidráulico de la planta debe hacerse para el caudal máximo horario…"* (negrilla por fuera de texto).

2.1. Caudal máximo semanal que puede tratar la PTAR Zaragoza

La Ciudadela Zaragoza nos hizo entrega para nuestro estudio del documento "MEMORIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS – PTAR".

En la página 53 del mismo, encontramos el caudal máximo semanal que puede tratar la PTAR Zaragoza, reflejado en el caudal máximo que los digestores aerobios por aireación extendida, bioaumentación, tratamiento primario físico y químicamente asistido, pueden llegar a tratar en un tiempo de detención hídrica de 6 horas, el cual resulta ser de 33.3 L/s, para un tanque rectangular de 720 m^3 de capacidad, a saber:

Volumen del tanque rectangular, con 2 módulos paralelos:

Ancho: 15 m
Largo: 16 m
Profundidad: 3 m
Volumen real: 720 m^3 = 15 m × 16 m × 3 m

Caudal máximo semanal REAL de tratamiento de la PTAR Zaragoza, según la siguiente fórmula:

$$Q_{MS\ REAL} = \frac{720\ m^3 \times 1000}{6\ h \times 3600} = \mathbf{33.3\ L/s}$$

A continuación, se presenta el cálculo que aparece en el referido documento, para las dimensiones de los digestores:

TABLA 7: *Cálculo de las dimensiones de los Digestores aerobios por aireación extendida, bioaumentación, tratamiento primario físico y químicamente asistido*

CAUDAL A TRATAR				
769.867	**GPD**	**2.910**	**M3/DIA**	
Digestores aerobios por aireacion extendida, bioaumentacion, tp fisico y				
quimicamente asistido.				
Se prediseña planta, con un periodo, de detencion hídrica de:			6	Horas
CRITERIO PROPIO DEL FABRICANTE				
Volumen requerido incluye cribado			728	m3
Volumen Horario			121	m3
Coeficiente de Pico CP.		***CRITERIO PROPIO DEL FABRICANTE***	3	factor
CP X VH			364	m3
Volumen tanque rectangular 2 modulos paralelos			***Criterio propio del***	
ancho	15	m	***fabricante***	libre
largo	16	m		libre
profundidad	3	m		libre
volumen Real =	720	m3		

Fuente: DORLEOP LTDA. C.I., "MEMORIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS – PTAR" de la Ciudadela Zaragoza

El cálculo anterior significa que **la PTAR Zaragoza no puede tratar un caudal máximo semanal superior a 33.3 L/s**.

2.2. Cálculo del punto de saturación de la PTAR Zaragoza

Teniendo en cuenta que el caudal máximo semanal que puede tratar la PTAR Zaragoza es de 33.3 L/s y utilizando la tabla que resume todos los cálculos llevados a cabo en el numeral 1.5 (ver APÉNDICE B), se encuentra que **la PTAR Zaragoza quedará saturada cuando**, entre las dos urbanizaciones, **se llegue a 3240 viviendas**, según se observa en la Tabla que se muestra a continuación:

TABLA 8: *Cálculo del punto de saturación de la PTAR Zaragoza para un caudal máximo semanal real de 33.3 L/s*

VARIABLE	NOM	UNIDAD	FÓRMULA	3240 viv	4450 viv	FUENTE
Nivel de Complejidad				Alto	Alto	RAS 2000
Personas por Vivienda		hab/viv	(Incluye Población Flotante)	4	4	Constructor
Viviendas	Viv	viv		3240	4450	Constructor
Población	P	hab	$P = hab/viv \cdot Viv$	12960	17800	
Dotación	D	L/(s·hab·día)		140	140	RAS 2000 Res. 3320 de 2003
Retorno	R			0.8	0.8	RAS 2000 A.11.4.3
Aportes Domésticas	Q_D	L/s	$Q_D = P \cdot D \cdot R \div 86400$	16.80	23.07	RAS 2000 A.11.4.3
Aportes Industriales	Q_I	L/s		0.00	0.00	Constructor
Aportes Comerciales	Q_C	L/s		0.00	0.00	Constructor
Aportes Institucionales	Q_{In}	L/s		0.00	0.00	Constructor
Caudal medio Diario	Q_{MD}	L/s	$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$	16.80	23.07	RAS 2000 D.3.2.2.5
Área Terreno	A_T	Ha		29.33	29.33	Constructor
Tasa Infiltraciones	IF	L/s·Ha		0.05	0.05	RAS 2000
Caudal Infiltraciones	Q_{IF}	L/s	$Q_{IF} = IF \cdot A_T$	1.47	1.47	RAS 2000
Tasa Conexiones Erradas	CE	L/s·Ha		0.10	0.10	RAS 2000
Caudal Conexiones Erradas	Q_{CE}	L/s	$Q_{CE} = CE \cdot A_T$	2.93	2.93	RAS 2000
Caudal medio de Diseño	Q_{md}	L/s	$Q_{md} = Q_{MD} + Q_{IF} + Q_{CE}$	21.20	27.47	RAS 2000 A.11.4.3
Factor de Mayoración	F			1.72	1.72	Medición en campo
Caudal Máximo Semanal	Q_{MS}	L/s	$Q_{MS} = F \cdot Q_{MD} + Q_{IF} + Q_{CE}$	33.30	44.08	RAS 2000 A.11.4.3

Fuente: ASURÍO

2.3. Cálculo del caudal de diseño del módulo adicional para la PTAR Zaragoza

Lo determinado en el punto anterior quiere decir que, para cuando las dos urbanizaciones lleguen, entre ambas, a 3240 viviendas, se deberá contar con la construcción y puesta en funcionamiento de un módulo adicional en la PTAR Zaragoza que permita tratar un caudal máximo semanal de **10.78 L/s adicionales**, para completar una capacidad de tratamiento equivalente a un **caudal máximo semanal de 44.08 L/s**, según la siguiente fórmula:

$$Q_{MS\ Módulo\ Adicional} = 44.08\ L/s - 33.3\ L/s\ = \mathbf{10.78\ L/s}$$

3. CONCLUSIONES

Son las conclusiones de los autores del presente informe técnico, las siguientes:

3.1. **SÍ es posible conectar a la PTAR Zaragoza**, **en forma inmediata**, las aguas residuales domésticas provenientes de las **950 viviendas** que el Municipio de Madrid está construyendo en el predio Lindaraja.

3.2. Sin embargo, la PTAR Zaragoza deberá tener **en funcionamiento** un **módulo adicional**, con capacidad de tratar un **caudal máximo semanal adicional**, repetimos, equivalente a **10.78 L/s**, cuando, entre la Ciudadela Zaragoza y la que construye el Municipio de Madrid en el predio Lindaraja, se llegue a las **3240 unidades de vivienda entregadas** a sus propietarios y efectivamente ocupadas.

3.3. La **capacidad real de la PTAR Zaragoza**, hoy en día, equivale a un **caudal máximo semanal de 33.3 L/s**, dándose su **punto de saturación con 3240 unidades de vivienda**, entre ambos proyectos urbanísticos.

3.4. Una vez se cuente con el módulo adicional, la **PTAR Zaragoza** deberá contar con una **capacidad de tratamiento** de aguas residuales domésticas equivalente a un **caudal máximo semanal de 44.08 L/s**, producidas por **4450 unidades de vivienda**, 3500 por parte de la Ciudadela Zaragoza y 950 por parte de la urbanización que construye el Municipio de Madrid en el predio Lindaraja.

3.5. El **factor de mayoración** para determinar el caudal máximo semanal para 4450 unidades de vivienda, a partir del caudal medio de diseño, es de **1.72**, determinado con base a mediciones de campo.

Atentamente,

PABLO CARRIZOSA DE NARVÁEZ
C.C. No. 79.397.660
Representante Legal
ASURÍO

WALTER OCAMPO GUTIÉRREZ
C.C. No. 19.463.532
Representante Legal
ASOMUÑA

APÉNDICE A: Cálculo del Factor de mayoración

FECHA	HORA	DÍA	CAUDAL		Qmedio diario	Qmáx sem	Factor de
			(m3/día)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	Mayoración
nov. 25/16		Vn	487	5.64	5.60	7.00	1.25
nov. 26/16		Sá	512	5.93	5.54	7.00	1.26
nov. 27/16		Do	434	5.02	5.56	7.00	1.26
nov. 28/16		Ln	530	6.13	5.65	7.00	1.24
nov. 29/16		Mt	605	7.00	5.46	7.00	1.28
nov. 30/16		Mc	425	4.92	5.21	6.05	1.16
dic. 01/16		Jv	396	4.58	5.17	6.05	1.17
dic. 02/16		Vn	450	5.21	5.32	6.05	1.14
dic. 03/16		Sá	523	6.05	5.40	6.05	1.12
dic. 04/16		Do	486	5.63	5.29	5.76	1.09
dic. 05/16	11:57:59	Ln	419	4.85	5.26	5.76	1.10
dic. 06/16	11:57:59	Mt	454	5.25	5.31	5.76	1.09
dic. 07/16	11:57:55	Mc	401	4.64	5.35	5.76	1.08
dic. 08/16	11:57:59	Jv	486	5.63	5.41	5.76	1.07
dic. 09/16	11:57:58	Vn	498	5.76	5.51	6.35	1.15
dic. 10/16	11:56:57	Sá	455	5.27	5.48	6.35	1.16
dic. 11/16	11:57:04	Do	469	5.43	5.38	6.35	1.18
dic. 12/16	11:57:57	Ln	449	5.20	5.38	6.35	1.18
dic. 13/16	11:57:40	Mt	475	5.50	5.45	6.35	1.17
dic. 14/16	11:57:44	Mc	439	5.08	5.39	6.35	1.18
dic. 15/16	11:57:55	Jv	549	6.35	5.44	6.35	1.17
dic. 16/16	11:57:58	Vn	476	5.51	5.25	5.73	1.09
dic. 17/16	11:57:45	Sá	397	4.59	5.71	8.70	1.52
dic. 18/16	11:58:35	Do	467	5.41	6.10	8.70	1.43
dic. 19/16	11:58:30	Ln	495	5.73	6.49	8.70	1.34
dic. 20/16	11:58:37	Mt	436	5.05	6.78	8.70	1.28
dic. 21/16	11:58:44	Mc	469	5.43	6.72	8.70	1.30
dic. 22/16	11:56:49	Jv	436	5.05	6.53	8.70	1.33
dic. 23/16	11:56:48	Vn	752	8.70	6.40	8.70	1.36
dic. 24/16	11:56:57	Sá	633	7.33	5.68	8.14	1.43
dic. 25/16	11:57:04	Do	703	8.14	5.27	8.14	1.54
dic. 26/16	11:57:11	Ln	673	7.79	4.68	7.79	1.66
dic. 27/16	11:57:17	Mt	396	4.58	4.14	4.58	1.11
dic. 28/16	11:57:23	Mc	356	4.12	4.06	4.50	1.11
dic. 29/16	11:57:29	Jv	356	4.12	4.26	5.50	1.29
dic. 30/16	11:57:36	Vn	317	3.67	4.58	6.41	1.40
dic. 31/16	11:57:42	Sá	389	4.50	4.85	6.41	1.32
ene. 01/17	11:57:49	Do	346	4.00	4.79	6.41	1.34
ene. 02/17	11:57:56	Ln	346	4.00	4.74	6.41	1.35
ene. 03/17	11:58:02	Mt	346	4.00	4.70	6.41	1.37
ene. 04/17	11:58:09	Mc	475	5.50	4.78	6.41	1.34
ene. 05/17	11:58:16	Jv	554	6.41	4.58	6.41	1.40
ene. 06/17	11:56:38	Vn	475	5.50	4.25	5.50	1.29
ene. 07/17	11:56:46	Sá	356	4.12	4.06	4.58	1.13
ene. 08/17	11:56:53	Do	317	3.67	3.99	4.58	1.15
ene. 09/17	11:56:59	Ln	317	3.67	4.06	4.58	1.13
ene. 10/17	11:57:06	Mt	396	4.58	4.25	5.05	1.19
ene. 11/17	11:57:13	Mc	356	4.12	4.19	5.05	1.20
ene. 12/17	11:57:19	Jv	356	4.12	4.25	5.05	1.19
ene. 13/17	11:57:26	Vn	356	4.12	4.45	5.50	1.24
ene. 14/17	11:57:33	Sá	317	3.67	4.65	5.50	1.18
ene. 15/17	11:57:39	Do	356	4.12	4.65	5.50	1.18
ene. 16/17	11:57:46	Ln	436	5.05	4.84	5.50	1.13
ene. 17/17	11:57:52	Mt	356	4.12	5.04	6.41	1.27
ene. 18/17	11:57:59	Mc	396	4.58	5.24	6.41	1.22
ene. 19/17	11:58:06	Jv	475	5.50	5.11	6.41	1.26
ene. 20/17	11:58:13	Vn	475	5.50	4.84	6.41	1.32
ene. 21/17	11:58:20	Sá	317	3.67	4.71	6.41	1.36
ene. 22/17	11:56:37	Do	475	5.50	4.58	6.41	1.40
ene. 23/17	11:56:44	Ln	554	6.41	4.45	6.41	1.44
ene. 24/17	11:56:50	Mt	475	5.50	4.19	5.50	1.31
ene. 25/17	11:56:57	Mc	317	3.67	4.06	4.58	1.13
ene. 26/17	11:57:04	Jv	317	3.67			
ene. 27/17	11:57:10	Vn	396	4.58			
ene. 28/17	11:57:17	Sá	238	2.75			
ene. 29/17	11:57:24	Do	396	4.58			
ene. 30/17	11:57:30	Ln	396	4.58			
ene. 31/17	11:57:37	Mt	396	4.58			
			Caudal medio diario -->		5.07		
			Caudal máximo semanal -->			8.70	
			Factor de mayoración -->		**1.72**		1.66

Fuente: Caudales diarios en m^3/s, por Ciudadela Zaragoza, y Cálculos, por ASURÍO

APÉNDICE B: Cálculo de los caudales de diseño de la PTAR Zaragoza

CÁLCULO DE LOS CAUDALES medio diario, medio de diseño y máximo semanal, según RAS 2000, para 3500 unidades de vivienda (Ciudadela Zaragoza) y 4450 unidades de vivienda (Ciudadela Zaragoza y urbanización predio Lindaraja)

VARIABLE	*NOM*	*UNIDAD*	*FÓRMULA*	*3500 viv*	*4450 viv*	*FUENTE*
Nivel de Complejidad				Alto	Alto	*RAS 2000*
Personas por Vivienda		*hab/viv*	*(Incluye Población Flotante)*	4	4	*Constructor*
Viviendas	*Viv*	*viv*		3500	4450	*Constructor*
Población	*P*	*hab*	$P = hab/viv \cdot Viv$	14000	17800	
Dotación	*D*	*L/(s·hab·día)*		140	140	*RAS 2000 Res. 3320 de 2003*
Retorno	*R*			0.8	0.8	*RAS 2000 A.11.4.3*
Aportes Domésticas	Q_D	*L/s*	$Q_D = P \cdot D \cdot R \div 86400$	18.15	23.07	*RAS 2000 A.11.4.3*
Aportes Industriales	Q_I	*L/s*		0.00	0.00	*Constructor*
Aportes Comerciales	Q_C	*L/s*		0.00	0.00	*Constructor*
Aportes Institucionales	Q_{In}	*L/s*		0.00	0.00	*Constructor*
Caudal medio Diario	Q_{MD}	*L/s*	$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$	18.15	23.07	*RAS 2000 D.3.2.2.5*
Área Terreno	A_T	*Ha*		22.00	29.33	*Constructor*
Tasa Infiltraciones	*IF*	*L/s·Ha*		0.05	0.05	*RAS 2000*
Caudal Infiltraciones	Q_{IF}	*L/s*	$Q_{IF} = IF \cdot A_T$	1.10	1.47	*RAS 2000*
Tasa Conexiones Erradas	*CE*	*L/s·Ha*		0.10	0.10	*RAS 2000*
Caudal Conexiones Erradas	Q_{CE}	*L/s*	$Q_{CE} = CE \cdot A_T$	2.20	2.93	*RAS 2000*
Caudal medio de Diseño	Q_{md}	*L/s*	$Q_{md} = Q_{MD} + Q_{IF} + Q_{CE}$	21.45	27.47	*RAS 2000 A.11.4.3*
Factor de Mayoración	*F*			1.72	1.72	*Medición en campo*
Caudal Máximo Semanal	Q_{MS}	*L/s*	$Q_{MS} = F \cdot Q_{MD} + Q_{IF} + Q_{CE}$	34.52	44.08	*RAS 2000 A.11.4.3*

Fuente: Cálculos ASURÍO