

1. MEMORIA

1.1. ANTECEDENTES.

Con fecha 7 de febrero de 2007 se publica en el B.O.E. nº 33 la Resolución relativa al concurso, por procedimiento abierto, de la **Redacción del Proyecto, la Ejecución de las obras y la realización de pruebas de funcionamiento y mantenimiento durante tres meses de los colectores y Estación Depuradora de Aguas Residuales de Ajofrín-Burguillos.**

La adjudicación del concurso se efectúa a favor de la empresa Unión Temporal de Empresas Sacyr, S.A.U.-Sufi, S.A., el 31 de mayo de 2007.

De acuerdo con lo anterior, el presente Proyecto tiene por objeto el precisar las obras e instalaciones necesarias para realizar la depuración de las aguas residuales generadas, así como la puesta a punto y las pruebas de funcionamiento conjunto de colectores y de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de **Ajofrín-Burguillos**, situada en el Termino Municipal de Burguillos, de forma que la calidad de las aguas vertidas al cauce receptor cumpla todos los requerimientos establecidos por la legislación vigente.

1.2. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente Proyecto se define las obras y las instalaciones necesarias para solucionar el problema de la contaminación causada por los vertidos de las aguas residuales de del área de las poblaciones de Ajofrín y Burguillos de Toledo.

Dichas obras e instalaciones son las siguientes:

- Reunión de los vertidos de aguas residuales de los núcleos urbanos y emisarios hasta la obra de llegada a la E.D.A.R.

- Conexión de los puntos de vertido actuales a los colectores generales.
- Estación Depuradora de Aguas Residuales

Estas actuaciones mencionadas son comunes a las dos zonas enunciadas.

1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

COLECTORES

Introducción

Las aguas a depurar proceden de las localidades de Ajofrín y Burguillos de Toledo, que aportan los siguientes caudales en sus puntos de vertido:

	Localidades	Q medio	Q máximo
Colector Ajofrín	Ajofrín	61,20 m ³ /h	612 m ³ /h
	Burguillos	61,20 m ³ /h	612 m ³ /h

1.3.1. CRITERIOS DE DISEÑO

* Trazado

El trazado de las conducciones se realiza en lo posible siguiendo caminos y arroyos, limitando de esta manera las afecciones.

En los colectores se procura adaptarse en lo posible a la topografía del terreno minimizando la profundidad de las excavaciones, mientras que en la impulsión se intenta minimizar tanto el número de desagües y ventosas como la profundidad de excavación.

*** Aliviaderos**

Se disponen de aliviaderos con los puntos de vertido, diseñando éstos para el caudal máximo admisible en la conducción de aguas abajo, siendo éste superior al caudal máximo.

Los aliviaderos diseñados mediante orificio sumergido, y disponen de reja de sólidos gruesos para evitar el vertido de los mismos al cauce.

*** Distancia entre pozos**

La distancia entre pozos de registro se establece entre 40 y 50 m. Esta distancia en general es bastante inferior debido a la necesidad de pozos de registro en todos los cambios de alineación, tanto en planta como en alzado.

*** Recubrimiento**

El recubrimiento mínimo se establece en 1,00 m sobre la generatriz superior de la clave de los tubos. En algunos puntos singulares este recubrimiento se reduce adoptándose medidas de protección.

*** Diseño hidráulico**

Las tuberías se diseñan de forma que como mínimo puedan transportar el caudal máximo, que es 10 veces el caudal medio.

Para los colectores se tienen los siguientes criterios:

- La pendiente mínima es del 0,5%, y la pendiente máxima es del 3%.
- El caudal máximo se calcula con la fórmula de Manning, considerando un coeficiente de rugosidad de 0,009-0,010 para el PVC.

Se adoptan los siguientes diámetros y tipos de tubería:

Colector	Tramo	Tubería
AJOFRÍN	Ajofrín-Burguillos	DN 400 PVC

Zanjas

Se adoptan las siguientes zanjas:

- Colector Ajofrín: Sobreancho de 50 cm. a cada lado, cama de arena de 20 cm. de espesor, relleno granular compactado al 95% Proctor de espesor el diámetro del tubo más 30 cm. y relleno normal compactado al 95% del Proctor modificado hasta la cota del terreno. El talud es 5V:1H.

1.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Colector Ajofrín. Tramo Ajofrín-Burguillos:

Esta conducción comienza con el actual vertido de Ajofrín, al que se le hace una regulación mediante un aliviadero de orificio sumergido, de forma que regule el caudal de paso máximo a 0,170 m³/s. El sobrante retorna a un arroyo mediante vertedero lateral.

Aguas abajo del aliviadero de pluviales se dispone una tubería DN-400 de PVC, que recorre 9.414 m con una pendiente mínima del 0,5% hasta llegar al vertido de Burguillos.

En dicho vertido se realiza un nuevo aliviadero de pluviales de manera que el caudal máximo de paso sea, de nuevo, 0,170 m³/s. El aliviadero es del tipo de orificio sumergido con vertido del sobrante mediante vertedero lateral.

La conducción de salida del aliviadero de pluviales se realiza con una tubería DN-400 de PVC, que recorre 879 m con una pendiente mínima del 0,5% hasta llegar a la EDAR.

1.3.3. LÍNEA DE AGUA

Obra de llegada

El colector de llegada a la E.D.A.R. finaliza en la obra de llegada situada de forma externa al edificio de proceso. Dicha obra de llegada está dotada de aliviadero de seguridad, que permitirá realizar el by-pass total de planta en caso de que el bombeo esté fuera de servicio.

El aislamiento general de la planta se efectúa por una compuerta, que aísla la conducción con el pozo de gruesos.

El by-pass general de la planta entra en servicio por aislamiento de la compuerta, o por la llegada de un caudal superior al de diseño de pretratamiento ($5 Q_m$). El diseño del vertedero se ha proyectado de tal forma, que permitirá evacuar el caudal máximo sin que entre en carga el colector de llegada, en caso de parada de planta. En este vertedero se proyecta un tamiz de 6 mm de paso, de funcionamiento autónomo y autolimpiante, diseñado para el caudal máximo de llegada por el colector.

Pozo de gruesos y desbaste de sólidos gruesos

Se ha diseñado un pozo de gruesos, desde donde se extraerán los sólidos retenidos en el mismo mediante cuchara bivalva en polipasto eléctrico. Ésta tiene una capacidad de 100 litros.

Para el desbaste de gruesos se diseña una reja manual, previa al pozo de bombeo de 50 mm de separación, para la protección de las bombas. La limpieza de la reja se realiza mediante peine incorporado a la cuchara bivalva.

El residuo extraído del pozo de gruesos se vierte sobre contenedor de 5 m³ de capacidad.

Bombeo de agua bruta

Dada la necesidad de que 5 Qmed sea sometido a un tratamiento primario y además atender a los caudales mínimos, se ha diseñado un pozo de bombeo con 5 bombas sumergibles (3+2) de forma que dos de ellas sean de caudal mitad que las grandes, siendo la reserva de las mismas. Todas las bombas van equipadas con variador de frecuencia de forma que se tenga un caudal continuo en la planta permitiendo adaptarse a la llegada de caudales mínimos.

Las bombas adoptadas son las siguientes:

Parámetro	Ajofrín-Burguillos
<i>Nº bombas grandes</i>	3
<i>Caudal unitario</i>	100 m ³ /h
<i>Altura elevación</i>	7.00 m
<i>Nº bombas pequeñas</i>	2
<i>Caudal unitario</i>	50 m ³ /h
<i>Altura elevación</i>	7.00 m

El bombeo se realiza de forma directa hasta un canal común de carga del tamizado, quedando las impulsiones libres de válvulas. En este canal se proyecta un aliviadero de seguridad que se conecta mediante tubería de retorno al bombeo de agua bruta.

La extracción de las bombas se realizará mediante polipasto eléctrico en caso necesario

Tamizado de sólidos finos

El tamizado se proyecta mediante tamiz rotativo de 3 mm de paso y mediante 1+1 unidades, de forma que un solo equipo sea capaz de tratar todo el caudal de paso al desarenador, manteniendo una reserva del 100%.

Los residuos sólidos vierten a un tornillo transportador compactador que, a su vez, descarga en un contenedor de 800 l de capacidad.

Desarenador – desengrasador

Una unidad del tipo longitudinal aireado de las siguientes características:

<i>Parámetro</i>	<i>Ajofrín-Burguillos</i>
Longitud	10
Ancho de desarenado	1,40
Ancho de desengrasado	0,50
Altura recta	1,90

La aportación de aire al desarenador se realiza mediante dos (1 en reserva) soplantes con motor de dos velocidades, que impulsan el aire a la parrilla de distribución dotada de difusores non-log de burbuja gruesa.

La extracción de las arenas se realiza mediante una bomba centrífuga vertical de 15 m³/h instalada sobre el puente desarenador, a un clasificador lavador del tipo tornillo.

Las grasas y flotantes arrastradas por el puente viajante descargan a un concentrador de grasas y flotantes mecánica con barredor superficial en depósito metálico de acero inoxidable, con capacidad 4-12 m³/h.

Se ha proyectado un by pass del desarenador mediante tubería, que une el aliviadero de seguridad del canal de salida del tamizado, con la arqueta de salida del desarenador. Este by-pass se activa mediante cierre de la compuerta de aislamiento del desarenador.

En la salida del desarenador se instalará una compuerta de aislamiento del tratamiento biológico para realizar el by-pass del agua pretratada., y un aliviadero de agua sobrante

Medida y regulación de caudal a tratamiento secundario

La medida de caudal se realiza en tubería mediante medidor del tipo electromagnético. Este, por medio de PLC, gobierna una compuerta-vertedero regulable en rango 0-300 mm. La longitud de este vertedero es de 1.400 mm.

Reparto a canales de oxidación

El agua pretratada procedente de la medida de caudal, entra en la cámara de reparto a canales de oxidación. Esta consta de dos vertederos donde se producirá la perfecta equirepartición de los caudales. Posterior a estos vertederos se colocan las correspondientes compuertas de aislamiento, entrando en los reactores por la parte inferior.

Canales de oxidación

Se proyectan dos canales de oxidación diseñados para obtener una edad del fango superior a los 16 días, edad necesaria para la estabilización del fango. La concentración del licor mezcla en el canal de oxidación se calcula con 4 Kg./m³.

El movimiento del licor mezcla para evitar la sedimentación del fango y mejorar la transferencia de oxígeno es proporcionado por un acelerador de corriente en cada línea.

La aportación de aire al canal de oxidación se efectuará mediante tres soplantes (1 de reserva), y difusores de membrana de burbuja fina situados sobre la solera del reactor, dispuestos en dos parrillas por línea.

Los parámetros resumen se recogen en la siguiente tabla:

Parámetro	Ajofrín-Burguillos
<i>Volumen total (m³)</i>	1750
<i>Nº líneas (ud)</i>	2
<i>Longitud recta (m)</i>	15,05
<i>Ancho canal (m)</i>	4,00
<i>Nº canales (ud)</i>	2
<i>Radio de cierre (m)</i>	4,125
<i>Altura agua (m)</i>	5,00
<i>Caudal aire unitario (Nm³/h)</i>	950
<i>Nº parrilas (ud)</i>	4
<i>Nº difusores (ud)</i>	380
<i>Potencia acelerador de corriente (Kw.)</i>	3

Eliminación del Fósforo por vía química

Para la eliminación del fósforo por vía química se ha proyectado una instalación de almacenamiento y dosificación del cloruro férrico que consta de los siguientes elementos:

- Un depósito de almacenamiento en PRFV de 1,50 m³ de capacidad, en doble casco.
- Dos bombas dosificadoras de membrana de caudal unitario 1-10 a 5 bar. de contrapresión.
- Tubería y valvulería necesaria.

El Cloruro férrico se dosificará a la cámara de reparto a reactores biológicos.

Decantadores secundarios

Formado por dos unidades circulares convencionales del tipo gravedad. Las características de estos elementos se resumen a continuación:

Parámetro	Ajofrín-Burguillos
Diámetro (m)	10,00
Altura cilíndrica (m)	3,83

El decantador secundario lleva su propio sistema de extracción de espumas y flotantes y éstas se vierten directamente al pozo de bombeo de flotantes.

Medida y regulación de caudal de agua tratada

La medida de caudal de agua tratada se realiza en tubería mediante medidor del tipo electromagnético

Arqueta de agua tratada

El agua tratada termina en una arqueta de 36 m³, antes de su vertido, de donde aspirará el grupo de agua a presión para el agua de servicios de la planta.

Tanque de tormentas

Cuando el caudal de pretratamiento sea superior al caudal de tratamiento biológico, pasará al tanque de tormentas. Dicho tanque de tormentas es un decantador circular de gravedad idéntico a los decantadores secundarios descritos, y proyectado de forma que pueda ser utilizado en sustitución de uno de ellos.

El funcionamiento del tanque de tormentas es el siguiente:

- Cuando el caudal de pretratamiento sea superior al de biológico, dicho exceso será enviado al tanque, donde se almacenará hasta que cese la lluvia.
- En caso de que el periodo de lluvia exceda la capacidad del tanque, funcionará como decantador primario, enviando el agua a la salida de la arqueta de agua tratada, donde

se unirá al agua proveniente del tratamiento biológico antes de su vertido al cauce receptor.

- Cuando la lluvia cese el tanque se vaciará, enviando el agua a la arqueta de reparto a reactores biológicos, para lo cual se ha proyectado un bombeo, dada la diferencia de cotas. Este bombeo cumple además los parámetros del bombeo de recirculación, en caso de que se utilice como decantador secundario.
- En caso de funcionamiento como decantador primario o secundario, se proyecta una extracción de flotantes directa al bombeo de flotantes.

1.3.4. LÍNEA DE FANGOS

Recirculación y fangos en exceso

La salida de fangos de los decantadores, se conduce hasta dos arquetas independientes con objeto de mantener la independencia de cada línea de biológico. En estas arquetas se sitúa el bombeo de recirculación y el bombeo de fangos en exceso.

La recirculación se proyecta mediante 1+1 bomba sumergible por línea equipadas con variador de velocidad. Estas bombas se diseñan para bombear el 150% de Q_{med} con reserva del 100%.

El bombeo de fangos en exceso, se realiza mediante 1 bomba sumergible por arqueta enviando estos al espesador de gravedad.

El bombeo de recirculación impulsa los fangos a cualquiera de las arquetas de entrada a biológico, de forma que cualquier línea del reactor puede trabajar con cualquier decantador.

Los datos característicos de las bombas son los siguientes:

Parámetro	Ajofrín-Burguillos
Bombas recirculación (ud)	2+2
Caudal unitario (m³/h)	45,00
Altura (m)	2,00
Bombas fangos exceso (ud)	2+0
Caudal unitario (m³/h)	6,7
Altura (m)	10,00

Espesamiento de fangos por gravedad

Para el espesamiento de los fangos se ha proyectado un espesador de gravedad circular de cabeza de mando central de 5,00 m, con altura útil de 4,00 m.

El espesador va cubierto con campana de poliéster ya que será desodorizado. La extracción de los fangos espesados se realiza mediante dos (1+1) bombas de tornillo helicoidal que los impulsan a la centrífuga.

Deshidratación de fangos

Se prevé realizar el secado de fangos mediante una centrífuga convencional durante cinco (5) días a la semana a un promedio de funcionamiento de 7 horas por día útil

Las instalaciones de secado proyectadas constan de los siguientes elementos:

- Una centrífuga convencional para un caudal máximo de 6 m³/h.
- Dos bombas (1 de reserva) de alimentación de tornillo helicoidal de 1-6 m³/h
- Un sistema de dosificación en continuo de polielectrolito del tipo Polypack A-400, compuesto por dos cubas de 0,200 m³ de volumen unitario, dos electro agitadores de 0,5 CV de potencia unitaria, un dosificador volumétrico y dos bombas dosificadoras de tornillo helicoidal de 25-250 l/h
- Una bomba de tornillo a Tolva de 0,5 - 1 m³/h
- Una tolva de fangos deshidratados de 20 m³ de Capacidad

1.3.5. INSTALACIONES VARIAS

Desodorización

Se ha previsto un equipo de desodorización por carbón activo de 7500 m³/h de capacidad

Los elementos de donde se extraerá el aire para su renovación son los siguientes:

- Edificio de proceso, zona pretratamiento y deshidratación
- Espesador de gravedad

Agua potable

Red de distribución en polietileno de baja densidad.

Agua de servicio industrial y de riego

Las redes de agua de servicio industrial y de riego se alimentarán con efluente final de la planta, impulsado por un grupo de presión hidroneumático. Dicho grupo, que aspirará agua tratada del depósito final, comprenderá una bomba de rodete multicelular, un filtro y un depósito de presión; el funcionamiento de la bomba será automático, según las variaciones de presión en las redes, controlado por un prestató montado en el citado depósito hidroneumático.

Red de pluviales

Se ha dispuesto una red de pluviales en toda la zona ocupada por viales, formada por un conjunto de tuberías de PVC de diámetros 200 y 300 mm y sus correspondientes arquetas sumideros de 0,35 x 0,35 de fábrica de ladrillo macizo enfoscado, que se reúnen en pozos de registro de 0,80 m de diámetro, y desde donde el agua de lluvia podrá ser evacuada.

Esta red se completa con una cuneta triangular sin revestir a pie de los taludes de la excavación que se va conectando con la red de aliviaderos.

La red de pluviales se conecta con el by-pass general de la EDAR.

Red de aguas residuales

En la zona de control hay zonas en donde su propio funcionamiento origina aguas residuales, por lo que se ha proyectado una red para las mismas. Esta red recoge los vertidos de los servicios, vestuarios y laboratorio, y los conduce al pozo de bombeo, dentro del propio edificio de proceso.

El colector es de PVC para saneamiento de 200 mm de diámetro y arqueta de fábrica de ladrillo.

Pasarelas y pórticos

Todos los depósitos y elementos elevados están dotados de pasarelas de acceso con escalera. Las pasarelas llevan sus correspondientes barandillas de seguridad y se proyectan metálicas en acero galvanizado.

Conducciones de fangos

Todas los colectores de fangos cuya concentración es igual o mayor que un 2% están provistos de entradas de agua industrial a presión (4 Kg./cm.) para su limpieza en caso de atascos.

Vaciados y drenajes

Se ha diseñado una red de drenajes y vaciados que conducirá el caudal de aguas hasta el bombeo de cabeza. Esta red recibe los efluentes del sobrenadante del espesador, sumidero de limpieza de la zona de la tolva de fango deshidratado, efluente de la centrífuga e interiormente al edificio de los sumideros de la zona de fangos y pretratamiento.

El vaciado de los elementos de proceso se proyecta como sigue:

- Reactor biológico mediante bomba de una línea a otra
- Decantador secundaria: Mediante bombeo de fangos y bomba
- Tanque de tormentas: mediante el propio bombeo de vaciados
- Desarenador: red conectada con la interior del edificio de proceso

Equipos de seguridad

Se han considerado y valorado los equipos de seguridad y mantenimiento necesarios para el funcionamiento de la planta.

Taller y repuestos

Se incluye una dotación de herramientas mínima, así como los repuestos necesarios para la operación continuada de la planta durante los dos primeros años de operación normal.

1.4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

1.4.1. COLECTORES

AJOFRÍN

Los caudales de cola de cada uno de los tramos se resumen a continuación:

	ACTUAL	
	Q _{med}	Q _{máximo}
Ajofrín – Burguillo	61,20 m ³ /h	612,00 m ³ /h

Tabla 1

La capacidad máxima de los colectores se ha calculado utilizando la fórmula de Manning, con una pendiente máxima del 1% y una sección llena del 95 %.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{i} \cdot S$$

Siendo:

Q: caudal en m³/s

n: coeficiente de Manning, de valor 0,009 a 0,010 para tuberías de PVC

R_h : radio hidráulico, igual a la superficie mojada entre el perímetro mojado

S: superficie mojada.

Tramo Ajofrín-Burguillos

TuberíaDN 400 PVC

Longitud 10.292,91 m

Pendiente mínima..... 5‰

Caudal de cálculo612,00 m³/h; 0,170 m³/s

Capacidad máxima651,60 m³/h; 0,181 m³/s

Este colector recoge las aguas negras de las localidades de Ajofrín y de Burguillos. El PK 0+000 se encuentra en el vertido de Ajofrín, recogándose el vertido de Burguillos en el pk 9+414. Ambos vertidos se encuentran regulados mediante aliviaderos.

El colector finaliza en la nueva EDAR de Ajofrín.

Aliviaderos

Para la regulación de los caudales de entrada al colector, se proyectan un total de 4 aliviaderos de tipo orificio sumergido, y vertedero lateral para caudal sobrante. Este tipo de aliviaderos permiten realizar una regulación de caudal más precisa que los del vertedero lateral, con el inconveniente de la reducción de la sección de paso.

Los huecos practicados para realizar la regulación se han realizado con la sección máxima que permite realizar el vertido del caudal sobrante al cauce receptor.

Todos los aliviaderos disponen de reja de paso grueso de grandes dimensiones, de forma que limiten el vertido de sólidos al cauce receptor.

Los aliviaderos proyectados son los siguientes:

- Aliviadero vertido Ajofrín

- Aliviadero vertido Burguillos

Todos los aliviaderos se diseñan para la máxima capacidad de las tuberías de aguas abajo, de forma que se tenga las máximas velocidades en el interior de las mismas y con ello se realice un arrastre de los sólidos depositados en la base del colector debido a las pendientes mínimas del trazado.

Para el cálculo de la altura de aguas arriba del orificio se ha utilizado la siguiente expresión:

$$Q = C \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Donde:

Q: Caudal de derrame (m³/s)

c: Coeficiente de gasto experimental

a: Área abertura (m²)

g: Aceleración de gravedad 9,81 m/s²

h: Altura de agua respecto al centro del orificio (descarga libre) en m

Despejando h se obtiene:

$$h = \frac{\left(\frac{Q}{c \cdot a}\right)^2}{2 \cdot g}$$

El valor experimental c , varía según la sumergencia del orificio, y la altura de la abertura. Para la elección de este coeficiente se utilizan los datos por Unwin y Bellasis.

En la tabla nº 2 se resumen todos los datos de cálculo y definición de los aliviaderos.

**PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-BURGUILLOS
DE TOLEDO**

	Caudales			Tuberías		Orificio		Parámetros		Vertedero (II)	
	Llegada	Paso	Alivio	Llegada	Salida	Ancho	Altura	c	h	Longitud	Cresta
	m³/s	m³/s	m³/s	mm	mm	cm	cm		m	m	cm
Aliviadero depuradora Ajofrín	1,167	0,170	0,9965	800	400	25	25	0,6	1,04853	5	28

Aliviadero depuradora Burguillos	6,564	0,170 (I)	1,167	400	400	25	25	0,6	1,04853	5	31
	0,085			800							

Tabla 2

- (I) El caudal de llegada de la tubería de Ø 400 está regulado a 0,170 m³/s.
- (II) Para el cálculo de la longitud de vertedero se utiliza la siguiente expresión:

$$H = \left(\frac{Q_{ALIVIO}}{C \cdot L} \right)^{2/3}$$

Siendo L: longitud

C: coeficiente de valor 1,37

Q_{ALIVIO}: caudal a aliviar

H: altura de cresta

INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se realizan los cálculos justificativos hidráulicos de todos los elementos de regulación, tuberías, bombeos, así como de la línea piezométrica de la EDAR.

Los cálculos se han dividido en los siguientes apartados:

- Conducciones
- Aliviaderos
- Línea piezométrica EDAR

En los siguientes puntos se desarrollan cada uno de ellos.

COLECTORES

La capacidad máxima de los colectores se ha calculado utilizando la fórmula de Manning, con una pendiente máxima del 1% y una sección llena del 95 %.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{i} \cdot S$$

Siendo:

Q: caudal en m³/s

n: coeficiente de Manning, de valor 0,009 a 0,010 para tuberías de PVC

R_h: radio hidráulico, igual a la superficie mojada entre el perímetro mojado

S: superficie mojada

**PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-BURGUILLOS
DE TOLEDO**

La capacidad máxima de la tubería es muy superior a la necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación, y sería planteable su disminución a un diámetro inferior. Así, por ejemplo, una tubería de DN 400 PVC con una pendiente mínima del 5‰ tendría una capacidad máxima de 0,156 m³/s, mientras que una tubería de DN 300 PVC con una pendiente mínima del 6‰ tendría una capacidad máxima de 0,074 m³/s.

REGIMEN PERMANENTE

Caudal Régimen (m ³ /seg)	0,1092
Altura que da la Bomba (m)	46,23
Rendimiento Bomba (%)	63,38

PRESIONES POR TRAMO

	Tramo 1	Tramo 2
Altura inicial (m)	656,512	646,506
Altura final (m)	646,506	640

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

RESERVOIRES ALIMENTES PAR LES RUISSEAUX					
NODOS TRAMO 1	1	2	4	6	
Presión máxima (m.c.a)	51,866	43,317	25,984	8,96	
Instante (s.)	47,598	47,112	47,598	0,729	
Presión mínima (m.c.a)	16,167	12,81	6,8	1,989	
Instante (s.)	17,971	17,485	16,999	19,428	
NODOS TRAMO 2	1	2	3	4	5
Presión máxima (m.c.a)	1,506	1,129	0,753	0,376	0
Instante (s.)	0,486	0,243	0	0	0
Presión mínima (m.c.a)	-0,004	-0,364	-0,727	-1,09	0
Instante (s.)	31,327	2,914	2,671	2,671	0

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS EN PUNTOS DEL PERFIL

PUNTO	Longitud (m)	Cota (m)	P máx. (mca)	P mín. (mca)
1	0	609	52,8258	17,1268
2	100	615	46,236	12,2472
3	400	620	38,4891	9,718
4	612	625	31,5226	6,5694
5	943	630	23,3033	4,7816
6	998	635	17,7577	0,3638
7	1308	635	14,8574	3,7518
8	1598	640	7,7336	2,2036
9	1743	645	1,9379	-0,9865
10	1819	645	1,5214	-0,039
11	1889	640	6,1357	4,6299
12	2023	635	10,3967	8,8985
13	2195	635	9,4516	7,9621
14	2364	635	8,5255	7,0433
15	2504	630	12,7529	11,277
16	2675	635	6,8165	5,3482
17	2879	635	5,6954	5,0682
18	3006	640	0	0

1.4.2. EDAR

EDAR DE AJOFRÍN

Se ha proyectado el dimensionamiento de 3+2 bombas. El caudal total a bombear es de 540 m³/h, con una altura manométrica de 7,81 m.

El bombeo 3+2 está formado por 3 bombas de 180 m³/h y 2 bombas en reserva de 90 m³/h.

Las características de las bombas seleccionadas se detallan en las siguientes hojas:

La regulación del bombeo se realiza en arranque-parada, para lo cual se ha diseñado el volumen útil del pozo de bombeo de forma que se limite el número máximo de veces de arranque de la bomba.

El volumen se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{T_{c \min} Q}{4}$$

donde:

V: Volumen en m³

T_{cmin} : Tiempo entre arranques consecutivos que para 6 arranques a la hora es de 0,166 horas

Q: Caudal de la bomba m³/h

Entonces.

$$V = 0,166 \text{ h} \cdot \frac{180 \text{ m}^3 / \text{h}}{4} = 7,47 \text{ m}^3$$

Así, el volumen útil del pozo deberá ser mayor o igual que 7,47 m³.

**PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-BURGUILLOS
DE TOLEDO**

Para acomodar las tuberías de entrada y de salida, así como los equipos de bombeo, se adopta un pozo de bombeo de 2,00 m de ancho, 3,65 m de largo y 1,40 m de altura útil, del que resulte un volumen útil de 10,22 m³, que cumple perfectamente.

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN- BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRIN										
CAUDALES		max	med	min						
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h								
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h								
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h								
Caudal recirculación		90,0 m³/h								
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med	min
EMEN	PROCESO	CALCULOS			PERDIDAS			COTAS		
					Cota nivel de agua canal de salida.			638,37 m		
	Resguardo por vertedero				0,1 m					
					Cota vertedero arqueta de salida.			638,47 m		
	<u>Vertedero de cresta viva</u>	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame	= 0,03 m³/s								
	L= Longitud del vertedero	= 2,00 m								
	h= $V^2/2g$	= 0,0000 m								
	V= Velocidad de acercamiento	= 0,00 m/s								
	A= Sección mojada	= 21,00 m²								
	H= Carga sobre vertedero				0,043					
	<u>PRIMER CAMINO</u>	(1 codo)			Cota nivel arqueta de salida			638,51		
	<u>Codos.</u>									
	Q= Caudal de derrame.	= 0,03 m³/s								
	d= Diámetro del conducto	= 0,20 m								
	V= Velocidad.	= 1,06 m/s								
	Kb= Coeficiente experimental.	= 0,25 90º								
	H= Pérdida de carga.				0,01					
	<u>Alcantarilla</u>	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0,03 m³/s								
	d= Diámetro del conducto	= 0,20 m								
	V= Velocidad.	= 1,06 m/s								
	L= longitud del tubo<15	= 15,00 m								
	C= Coeficiente de derrame	= 0,54								
	H= Pérdida de carga.				0,193 m					

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-BURGUILLLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMETRICA EDAR AJOFRIN										
CAUDALES		max	med	min						
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h								
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h								
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h								
Caudal recirculación		90,0 m³/h								
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med	min
EMENI	PROCESO	CALCULOS			PERDIDAS			COTAS		
	<u>Rozamiento</u>	(1 linea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0.03 m³/s								
	d= Diámetro del conducto	= 0.20 m								
	V= Velocidad.	= 1.06 m/s								
	n= Coeficiente de rugosidad.	= 0.011								
	L= longitud del tubo.	= 8.60 m								
	H= Pérdida de carga.				0,064 m					
	<u>Alcantarilla</u>	(1 linea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0.07 m³/s								
	d= Diámetro del conducto	= 0.20 m								
	V= Velocidad.	= 2.12 m/s								
	L= longitud del tubo<15	= 9.00 m								
	C= Coeficiente de derrame	= 0.63								
	H= Pérdida de carga.				0,579 m					
	SEGUNDO CAMINO									
	<u>Codos</u>	(3 codos)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0.03 m³/s								
	d= Diámetro del conducto	= 0.20 m								
	V= Velocidad.	= 1.06 m/s								
	Kb= Coeficiente experimental.	= 0.25 90°								
	H= Pérdida de carga.				0,014 m	x 3 =	0.043 m			
	<u>Alcantarilla</u>	(1 linea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0.03 m³/s								
	d= Diámetro del conducto	= 0.25 m								
	V= Velocidad.	= 0.68 m/s								
	L= longitud del tubo<15	= 15.00 m								
	C= Coeficiente de derrame	= 0.58								
	H= Pérdida de carga.				0,068 m					

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-
BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRIN									
CAUDALES		max	med	min					
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h							
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h							
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h							
Caudal recirculación		90,0 m³/h							
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med
EMEN	PROCESO	CALCULOS			PERDIDAS			COTAS	
	<u>Rozamiento</u>	(1 linea)							
	Q= Caudal de derrame. =	0,03 m³/s							
	d= Diámetro del conducto =	0,25 m							
	V= Velocidad. =	0,68 m/s							
	η= Coeficiente de rugosidad. =	0,011							
	L= longitud del tubo. =	4,60 m							
	H= Pérdida de carga.				0,010 m				
	<u>Alcantarilla</u>	(1 linea)							
	Q= Caudal de derrame. =	0,07 m³/s							
	d= Diámetro del conducto =	0,25 m							
	V= Velocidad. =	1,36 m/s							
	L= longitud del tubo<15 =	9,00 m							
	C= Coeficiente de derrame =	0,67							
	H= Pérdida de carga.				0,212 m				
					Primer camino:				
					Cota nivel arqueta salida decantador secundario. .			639,36	
					Segundo Camino:				
					Cota nivel arqueta salida decantador secundario. .			638,85	
	<u>Canal</u>								
	H= Pérdida de carga.				0,016 m				
					Cota superior agua canal decantación.			639,38	
		Resguardo por vertedero			0,1 m				
					Cota vertedero decantador secundario.			639,48	

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-
BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMETRICA EDAR AJOFRIN										
CAUDALES		max	med	min						
Caudal medio de llegada		60,0 m ³ /h								
Caudal máximo EDAR		300,0 m ³ /h								
Caudal máximo biológico		120,0 m ³ /h								
Caudal recirculación		90,0 m ³ /h								
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med	min
EMEN	PROCESO	CALCULOS			PERDIDAS			COTAS		
	Vertedero de escotadura en "V"									
	Q= Caudal de derrame.	= 0,03 m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s						
	N= Número de escotaduras.	= 320,00 ud	ud	ud						
	α= Angulo escotadura.	= 90,00								
	H= Carga sobre vertedero.				0,022 m					
					Cota lamina agua en decantador			639,50		
REACTOR BIOLÓGICO										
Se fija el nivel de agua del decantador secundario en la +623,00 m teniendo en cuenta el nivel de cimentación y el nivel de agua.										
	Primer decantador (sur)									
	Alcantarilla	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0,06 m ³ /s								
	d= Diámetro del conducto	= 0,30 m								
	V= Velocidad.	= 0,83 m/s								
	L= longitud del tubo<15	= 15,00 m								
	C= Coeficiente de derrame	= 0,62								
	H= Pérdida de carga.				0,091 m					
	Rozamiento.	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0,06 m ³ /s								
	d= Diámetro del conducto	= 0,30 m								
	V= Velocidad.	= 0,83 m/s								
	n= Coeficiente de rugosidad.	= 0,015								
	L= longitud del tubo.	= 1,10 m								
	H= Pérdida de carga.				0,005 m					
	Sagundo decantador (norte)									
	Alcantarilla	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0,06 m ³ /s								
	d= Diámetro del conducto	= 0,30 m								
	V= Velocidad.	= 0,83 m/s								
	L= longitud del tubo<15	= 15,00 m								
	C= Coeficiente de derrame	= 0,62								
	H= Pérdida de carga.				0,091 m					

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRÍN									
CAUDALES		max	med	min					
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h							
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h							
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h							
Caudal recirculación		90,0 m³/h							
CÁLCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med
EMEN1	PROCESO	CÁLCULOS			PERDIDAS			COTAS	
	<u>Rozamiento</u>	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame.	= 0,06 m³/s							
	d= Diámetro del conducto	= 0,30 m							
	V= Velocidad.	= 0,83 m/s							
	n= Coeficiente de rugosidad.	= 0,015							
	L= longitud del tubo.	= 1,50 m							
	H= Pérdida de carga.				0,007 m				
	Pérdidas reparto tanque tormentas				0,24 m				
	Resguardo por vertedero				0,100 m				
					Cota lámina arqueta entrada decantación 2ª			639,84 m	
					Cota vertedero salida reactor			639,94 m	
	<u>Vertedero de cresta viva</u>	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame	= 0,06 m³/s							
	L= Longitud del vertedero	= 1,50 m							
	h= $V^2/2g$	= 0,0000 m							
	V= Velocidad de acercamiento	= 0,00 m/s							
	A= Sección mojada	= 21,00 m²							
	H= Carga sobre vertedero				0,076 m				
					Cota máxima lámina en reactor			640,02 m	
	<u>Orificio sumergido</u>	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame	= 0,06 m³/h							
	a= Área de la abertura	= 0,36 m²							
	C= Coeficiente de derrame	= 0,60							
	H= Pérdida de carga				0,004 m				
					Cota lámina arqueta entrada a reactor			640,02 m	
	Resguardo por vertedero				0,100 m				

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRIN										
CAUDALES		max	med	min						
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h								
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h								
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h								
Caudal recirculación		90,0 m³/h								
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med	min
EMEN	PROCESO	CALCULOS			PERDIDAS			COTAS		
	<u>Compuerta</u>									
	k= Caudal de derrame	= 1,05								
	Q= ancho compuerta	= 0,03 m³/h								
	a= altura lámina de agua	= 0,20 m								
	h= velocidad	= 0,25 m								
	v= Pérdida de carga	= 0,67 m/sg			0,024					
	H= Por entrada				0,100					
	<u>Canal</u>									
	H= Pérdida de carga				0,002					
	<u>Vertedero de cresta viva</u>	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame	= 0,03 m³/s								
	L= Longitud del vertedero	= 0,80 m								
	h= V²/2g	= 0,0000 m								
	V= Velocidad de acercamiento	= 0,00 m/s								
	A= Sección mojada	= 21,00 m²								
	H= Carga sobre vertedero				0,080 m					
	<u>Alcantarilla</u>	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame.	= 0,03 m³/s								
	d= Diámetro del conducto	= 0,20 m								
	V= Velocidad.	= 1,06 m/s								
	L= longitud del tubo<15	= 15,00 m								
	C= Coeficiente de derrame	= 0,54								
	H= Pérdida de carga.				0,193 m					

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRÍN									
CAUDALES		max	med	min					
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h							
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h							
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h							
Caudal recirculación		90,0 m³/h							
CÁLCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med
EMENI	PROCESO	CÁLCULOS			PÉRDIDAS			COTAS	
	Rozamiento	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame.	= 0,03 m³/s							
	d= Diámetro del conducto	= 0,20 m							
	V= Velocidad.	= 1,06 m/s							
	n= Coeficiente de rugosidad.	= 0,015							
	L= longitud del tubo.	= 13,00 m							
	H= Pérdida de carga.				0,179 m				
					Cota máxima lámina sin regulación			640,70 m	
	DETERMINACIÓN COTA REGULACIÓN BY-PASS								
	Para fijar la cota del vertedero del By-pass se considera que se regula a los 3Qm y que se hace by-pass total a los 5Qm, siendo Qm = 108,3 m³/h.								
	Vertedero de cresta viva	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame	= 0,05 m³/s							
	L= Longitud del vertedero	= 1,40 m							
	h= $V^2/2g$	= 0,0000 m							
	V= Velocidad de acercamiento	= 0,00 m/s							
	A= Sección mojada	= 21,00 m²							
	H= Carga sobre vertedero				0,072 m				
	Vertedero de cresta viva	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame	= 0,08 m³/s							
	L= Longitud del vertedero	= 1,40 m							
	h= $V^2/2g$	= 0,0000 m							
	V= Velocidad de acercamiento	= 0,00 m/s							
	A= Sección mojada	= 21,00 m²							
	H= Carga sobre vertedero				0,102				
					Altura de regulación			0,17 m	
	PRETRATAMIENTO								
	Resguardo salida desarenador				0,100 m				
					Cota vertedero salida desarenador			640,80 m	

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-
BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRÍN									
CAUDALES		max	med	min					
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h							
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h							
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h							
Caudal recirculación		90,0 m³/h							
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med
EMENT	PROCESO	CALCULOS			PERDIDAS			COTAS	
	<u>Vertedero de cresta viva</u>	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame =	0,08 m³/s							
	L= Longitud del vertedero =	1,40 m							
	h= $V^2/2g$ =	0,0000 m							
	V= Velocidad de acercamiento =	0,00 m/s							
	A= Sección mojada =	21,00 m²							
	H= Carga sobre vertedero				0,106 m				
					Cota lámina desarenador			640,90 m	
	<u>Vertedero sumergido</u>	(1 línea)							
	L= Longitud vertedero. =	0,50 m							
	Q ₁ = Caudal de derrame libre. =	0,08 m³/s							
	Q= Caudal de derrame. =	0,08 m³/s							
	n= Exponente del derrame libre. =	1,50							
	H ₁ = Carga aguas arriba. =	0,15 m							
	H ₂ = Carga aguas abajo. =	0,00 m							
	H= Carga sobre vertedero.				0,1500 m				
					Cota lámina canal salida tamices			641,05 m	
	Resguardo por vertedero				0,100 m				
					Cota vertedero salida tamices			641,15 m	
	<u>Vertedero de cresta viva</u>	(1 línea)							
	Q= Caudal de derrame =	0,08 m³/s							
	L= Longitud del vertedero =	1,50 m							
	h= $V^2/2g$ =	0,0000 m							
	V= Velocidad de acercamiento =	0,00 m/s							
	A= Sección mojada =	21,00 m²							
	H= Carga sobre vertedero				0,097 m				
					Cota lámina canal agua tamizada en by-pass			641,24 m	
	Resguardo por vertedero				0,100 m				
					Cota de apoyo de los tamices			641,34 m	
	Pérdidas por tamiz rotativo				1,150 m				
					Cota máxima en tamiz			642,50 m	

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRIN										
CAUDALES		max	med	min						
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h								
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h								
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h								
Caudal recirculación		90,0 m³/h								
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med	min
EMEN	PROCESO	CALCULOS			PERDIDAS			COTAS		
	Orificio sumergido	(2 líneas)								
	Q= Caudal de derrame	= 0.04 m³/h								
	a= Área de la abertura	= 0.07 m²								
	C= Coeficiente de derrame	= 0.60								
	H= Pérdida de carga				0.049 m					
					Cota lámina máxima canal de carga de tamices			642,55 m		
	Se dispone de un aliviadero de seguridad para que la lámina de vertido no sobrepase la lámina máxima.									
	Vertedero de cresta viva	(1 línea)								
	Q= Caudal de derrame	= 0.08 m³/s								
	L= Longitud del vertedero	= 2.50 m								
	h= V²/2g	= 0.0000 m								
	V= Velocidad de acercamiento	= 0.00 m/s								
	A= Sección mojada	= 21.00 m²								
	H= Carga sobre vertedero				0.069 m					
					Cota vertedero de seguridad			642,48 m		
	Resguardo coronación canal carga				0.300 m					
					Cota vertedero de seguridad			642,85 m		
	Paso tubos sobre canal				0.300 m					
					Cota máxima impulsión bombeo			643,15 m		
DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE BOMBEO										
					Cota rasante llegada colector			637,17 m		
	El máximo nivel alcanzado en la obra de llegada es el 50 % del calado del tubo, al ser DN 600 será por tanto la +0.30 m.									
	50% calado tubo llegada				0.300 m					
					Cota máximo nivel en by-pass EDAR			637,47 m		
	Diámetro de la tubería				0.600 m					
	Resguardo coronación canal carga				0.100 m					
					Cota máximo nivel en llegada			636.77 m		

PROYECTO AS BUILT DE LOS COLECTORES Y ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE AJOFRÍN-
BURGUILLOS DE TOLEDO

LINEA PIEZOMÉTRICA EDAR AJOFRIN									
CAUDALES		max	med	min					
Caudal medio de llegada		60,0 m³/h							
Caudal máximo EDAR		300,0 m³/h							
Caudal máximo biológico		120,0 m³/h							
Caudal recirculación		90,0 m³/h							
CALCULOS A CAUDAL		max	med	min	max	med	min	max	med
EMENT	PROCESO								
	Ensayamiento brusco.								
	V ₁ = Velocidad de llegada.	=	1,43 m/s						
	V ₂ = Velocidad de salida.	=	0,00 m/s						
	H= Pérdida de carga.				0,101 m				
					Cota lámina pozo de gruesos			636,67 m	
	Paso de reja de muy gruesos				0,100 m				
					Nivel de trabajo pozo de bombeo			636,57 m	
					Altura geométrica de bombeo			6,58 m	
	Pérdida de carga impulsión directa				0,500 m				
					Altura de bombeo			7,08 m	