



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

GESTIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CUENCA MINERA DEL BIERZO

León, Julio de 2015

Autor: Víctor Fernández Solís
Tutor: Emilio Gómez Fernández

El presente proyecto ha sido realizado por D. Víctor Fernández Solís, alumno de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Emilio Gómez Fernández, profesor del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D. Víctor Fernández Solís

El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D. Emilio Gómez Fernández

El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

El estudio que se presenta a continuación tiene por objetivo describir los pasos a seguir para la potabilización de agua bruta captada en la Presa del Real, situada en el municipio de Torre del Bierzo, con el fin de abastecer la población de Bembibre. Se describe el proceso de potabilización adoptado así como los equipos e instrumentos necesarios para llevarlos a cabo.

También se analiza el tratamiento seguido para la adecuación de los fangos producidos durante el proceso de potabilización para su posterior almacenamiento y utilización como enmendante de suelos.

Además, se estudia un sistema de automatización y control remoto de todos los procesos que se llevan a cabo en la estación de tratamiento de agua potable, gracias a la toma de datos mediante equipos de medición y su posterior procesamiento por medio de un software específico.

Por último, se plantea la forma y el lugar de la toma de muestras para tener un control riguroso de la calidad del agua una vez haya sido tratada. De esta manera se conocerá en todo momento si se cumplen los parámetros establecidos por el Real Decreto 140/2003.

ABSTRACT

The object of this study, is to describe the actions taken to potabilize raw water picked up from Presa del Real, located in the township of Torre del Bierzo, in order to provide water supply to the town of Bembibre. It is described the purification process adopted, as well as the equipment and instrumentation necessary to achieve it.

It is also analyzed the selected treatment to adequate the sludge produced during the purification process for its late stocking and usage as soil fertilizer.

Besides, it is considered an automation and remote control system of each and every process taken in the water treatment plant, thanks to the data caption by measurement equipment and its later processing with an specific software.

Finally, it is also presented the way and location of the samples capture in order to get an accurate control of the water quality once it has been treated. This way, it will be always known if every parameter stablished in R.D. 140/2003 is grante.

INDICE

INDICE DE FIGURAS	III
INDICE DE TABLAS.....	V
1. Introducción.....	1
2. Objetivo	3
3. Descripción de la instalación	3
3.1. Lugar de captación del agua bruta	3
3.1.1. Características del agua de captación	4
3.2. Bases de diseño.....	6
3.2.1. Caudales.....	7
3.2.2. Calidad exigida al efluente	7
4. Proceso de potabilización	8
4.1. Línea de agua	8
4.1.1. Captación agua bruta	8
4.1.2. Preozonización.....	9
4.1.3. Dosificación peróxido de hidrogeno.....	13
4.1.4. Adsorción. Carbón activo	14
4.1.5. Coagulación	17
4.1.6. Floculación.....	20
4.1.7. Decantación.....	21
4.1.8. Filtración	24
4.1.9. Desinfección	27
4.2. Línea de fangos	30
4.2.1. Homogenización de fangos.	32
4.2.2. Espesamiento de fangos.....	33
4.2.3. Deshidratación de fangos.	35
4.2.4. Almacenamiento de lodos.....	39
5. Automatismos y control del proceso	40
5.1. Centro de control.....	40
5.2. Software de aplicación, SCADA.....	41
5.3. Sinóptico	41

5.4. Instrumentación.....	42
5.4.1. Equipos de medida	42
5.4.2. Controlador lógico programable PLC	46
6. Autocontrol. Toma de muestras.	48
7. Red de distribución de agua.....	49
8. Conclusiones.....	50
9. Bibliografía.	52
ANEXOS A LA MEMORIA.....	54
ANEXO 1. CÁLCULOS DE PROCESO DE LA E.T.A.P.....	54
ANEXO 2. PRESUPUESTO	63
ANEXO 3. MARCO LEGISLATIVO	66

INDICE DE FIGURAS

Imagen 3.1. Localización del embalse	4
Imagen 4.1. Generación de ozono.....	11
Imagen 4.2. Planos equipo de ozonización	11
Imagen 4.3. Esquema de inyector de ozono.	12
Imagen 4.4. Esquema destrucción de ozono residual.....	13
Imagen 4.5. Equipo de preparación del carbón activo.....	15
Imagen 4.6. Rompebóvedas	15
Imagen 4.7. Cuba automática de preparación.	16
Imagen 4.9. Dosificador del coagulante.	19
Imagen 4.10. Equipo automático preparación del polielectrolito.	21
Imagen 4.11. Esquema decantador lamelar.....	22
Imagen 4.12. Bloque lamelar.....	23
Imagen 4.13. Esquema del filtrado en continuo.	25
Imagen 4.14. Descripción de la filtración en continuo.....	26
Imagen 4.15. Rango de eficacia de procesos de desinfección.	28
Imagen 4.16. Sistema de desinfección con UV.....	29
Imagen 4.17. Lámparas UV.....	29
Imagen 4.18. Esquema de la línea de fangos.	31
Imagen 4.19. Esquema espesador de gravedad.....	34
Imagen 4.20. Sección espesador de gravedad.	35
Imagen 4.21. Grupo automático de preparación polielectrolito.	36
Imagen 4.22. Bomba tornillo helicoidal	37
Imagen 4.23. Esquema centrifuga.....	38
Imagen 4.24. Centrifugadora.....	39
Imagen 4.25. Centrifugadora.....	39
Imagen 5.1. Ejemplo software SCADA.....	41
Imagen 5.2. Funcionamiento medidor de caudal ultrasónico.	42
Imagen 5.3. Medidor de conductividad.	43
Imagen 5.4. Medidor de pH.....	44
Imagen 5.5. Turbidímetro.....	45

Imagen 5.6. Medidor de fangos.	45
Imagen 5.7. Medidor de caudal electromagnético	46
Imagen 5.8. Esquema de funcionamiento del sistema.	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Parámetros calidad del agua	5
Tabla 4.1. Características equipo de ozonización.....	11
Tabla 4.2. Características H ₂ O ₂ comercial.....	14
Tabla 4.3. Características rompebóvedas.....	16
Tabla 4.4. Características de la cuba de preparación.....	16
Tabla 4.5. Características mezclador rápido.....	18
Tabla 4.6. Características Sulfato de alúmina.	18
Tabla 4.7. Características del dosificador.....	19
Tabla 4.8. Características del Almidón modificado.....	20
Tabla 4.9. Características del preparador de polielectrolito.....	21
Tabla 4.10. Características bloque lamelar.	23
Tabla 4.11. Características del lecho filtrante.....	25
Tabla 4.12. Características Sistema UV.	29
Tabla 4.13. Datos para cálculo de lodos.....	32
Tabla 4.14. Producción total de lodos.....	33
Tabla 4.15. Características espesador de gravedad.....	34
Tabla 4.16. Características grupo automático.....	37
Tabla 4.17. Características bomba tornillo helicoidal.....	37
Tabla 4.18. Características de la centrífuga.....	39
Tabla 5.1. Características medidor de caudal ultrasónico.....	43
Tabla 5.2. Características del medidor de conductividad.....	43
Tabla 5.3. Características del medidor de pH.....	44
Tabla 5.4. Características del turbidímetro.....	45
Tabla 5.5. Características del medidor de fangos.....	45
Tabla 5.6. Características medidor de caudal electromagnético.....	46
A1.1. Caudales de diseño.....	55
A1.2. Necesidades de Ozono	55
A1.3. Sistema de difusión de ozono.....	56
A1.4. Diseño generador de ozono	56
A1.5. Dosificación H ₂ O ₂	56

A1.6. Consumo H2O2	57
A1.7. Tanque de almacenamiento H2O2	57
A1.8. Diseño adsorción.....	57
A1.9. Preparación carbón activo en polvo.	57
A1.10. Almacenamiento carbón activo en polvo.	58
A1.11. Dosificación Sulfato de alúmina.	58
A1.12. Datos sulfato de alúmina.	58
A1.13. Consumo de sulfato de alúmina.	58
A1.14. Tanque de almacenamiento del sulfato de alúmina.	59
A1.15. Dosificación Floculante.	59
A1.16. Datos almidón modificado.	59
A1.17. Consumo de almidón modificado.	59
A1.18. Diseño decantación.7	59
A1.19. Dimensionamiento del filtro.	60
A1.20. Desinfección.	60
A1.21. Datos para producción de fangos.	61
A1.22. Producción total de fangos.	61
A1.23. Dimensionamiento espesador.	62
A1.24. Acondicionamiento de fangos.....	62
A1.25. Deshidratación de fangos.....	62
A1.26. Almacenamiento de fangos.	62
A2.1. Resumen presupuesto.	66
A3.1. Parte A. Parámetros microbiológicos.	67
A3.2. Parte B.1. Parámetros químicos.....	68
A3.3. Parte B.2. Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto.	68
A3.4. Parte A. Sustancias destinadas al tratamiento de agua de consumo humano.	69
A3.5. Número mínimo de muestras para el agua de consumo humano a la salida de la ETAP.....	70

1. Introducción.

El gran desarrollo de las poblaciones así como la gran actividad industrial, tiene como consecuencia el gran aumento del consumo de agua. Esto ha dado lugar a una mayor explotación de los recursos hídricos, dándose la necesidad de proporcionar un adecuado suministro de agua a la población en lo referido a calidad, cantidad y accesibilidad.

En países de la Unión Europea se estima un gasto medio por habitante de entre 150 y 200 litros de agua potable al día, de los cuales solo entre 3 y 4 litros se consumen como bebida.

El gran aumento del consumo de agua también tiene como consecuencia el gran incremento de la contaminación de estos recursos, así como la degradación del medio ambiente. Para evitar estos efectos adversos se controla de manera cuantitativa y cualitativa los vertidos de las poblaciones, también se obliga a llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales del municipio. Por este motivo, el agua destinada para consumo humano debe pasar previamente por un proceso de potabilización para la eliminación de los agentes perjudiciales para nuestra salud.

Debido a la importancia del agua, se han establecido una serie de medidas sanitarias y de control para la protección de la salud de los consumidores. Por esta razón, el agua potable debe cumplir unas exigencias fundamentales, la ausencia de microorganismos patógenos y de sustancias tóxicas así como la ausencia de sabores, olores y turbiedad. Este proceso se llevara a cabo en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable.

Se denomina Estaciones de Tratamiento de Agua Potable, al conjunto de estructuras en las que se trata el agua bruta de manera que se vuelva apta para el consumo humano. Estas están situadas entre las instalaciones de captación de agua bruta y los depósitos y canalizaciones encargadas de la distribución de la misma. Estas instalaciones tienen la misión de eliminar las sustancias indeseables en el agua destinada al consumo humano. El agua tratada al salir de la estación de tratamiento

debe reunir una serie de características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas, que permitan el consumo y que garanticen una calidad mínima.

La potabilización del agua es un proceso que comprende diversas fases, como son la captación, la mezcla con sustancias coagulantes y reactivas, la decantación y separación de arenas, la floculación, la sedimentación, la filtración y la desinfección mediante carbón activo, cloro y ozonización.

El tratamiento del agua se centrará en la eliminación de tres tipos principales de sustancias no deseadas en el agua destinada al consumo humano que son:

- Materia mineral.
- Materiales orgánicos: Fenoles, hidrocarburos, detergentes...
- Contaminantes biológicos: Microorganismos como bacterias, protozoos, virus...

Existen diversas tecnologías en lo referente a la potabilización del agua, no obstante todas ellas deben cumplir los siguientes principios:

- Combinación de barreras múltiples para tener bajas condiciones de riesgo, esto se consigue combinando diferentes etapas del proceso de potabilización.
- Tratamiento integrado para producir el efecto requerido.
- Tratamiento por objetivo, así cada etapa del tratamiento se centrará en la eliminación de algún tipo de contaminante específico.

En el diseño de nuestra ETAP, tendremos que tener en cuenta que el volumen de almacenamiento de agua potable tiene que ser mayor a la demanda máxima diaria.

Se realizarán análisis para la comprobación de la potabilidad del agua, tanto en la estación de tratamiento de agua como en la red de distribución. En España están establecidos unos límites de los valores de los parámetros analíticos y la frecuencia de los análisis, constituyendo una Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

2. Objetivo.

El presente TFG tiene por objeto la definición, medición y valoración de los pasos a seguir para la realización de una E.T.A.P. en la localidad de Bembibre, situado en la provincia de León.

Se analizará la captación de agua bruta así como la calidad y los tratamientos para la potabilización de la misma.

También se estudiarán los equipos necesarios para el abastecimiento de la red de agua de la zona.

3. Descripción de la instalación.

La estación de tratamiento de agua potable estará ubicada en la comunidad de Bembibre a la cual abastecerá. En la instalación se llevarán a cabo los procesos necesarios para la potabilización del agua. Debemos describir una serie de parámetros básicos para el dimensionamiento de la E.T.A.P. como son los caudales de agua tratada o el tipo de agua que vamos a usar.

3.1. Lugar de captación del agua bruta.

El agua utilizada para el abastecimiento se toma del río Arroyo Del Real. Este río nace en la crestería de los Montes de León, en las cercanías del barranco de la Molina. Pertenece a la cuenca hidrográfica del Miño-Sil, situado en el municipio de Torre del Bierzo en la provincia de León. Sus coordenadas UTM30 – ED 50: 222798 – 4716719.



Imagen 3.1. Localización del embalse

El agua es retenida por la presa del Real. La presa es del tipo bóveda de 16 m de altura. El volumen de la presa del Real es de 47 hm^3 y su cuenca hidrográfica es de $42,6 \text{ km}^2$, con un caudal punta para la avenida de proyectos de $420 \text{ m}^3/\text{s}$. La evacuación de avenidas se realiza mediante 1 aliviadero de labio fijo, es decir, sin regulación.

Según el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, la categoría de una presa, desde el punto de vista de la seguridad, está condicionada por el riesgo que se puede prever a los elementos situados aguas abajo. La presa del Real se cataloga en la categoría A, que se refiere a afecciones graves a núcleos urbanos.

3.1.1. Características del agua de captación.

Al final de este apartado se presenta una tabla que recoge el rango de variación de los valores de los principales parámetros de calidad de agua (Ver tabla 1). En dicha tabla se añaden los límites de calidad establecidos como objetivo de calidad de agua del medio acuático natural susceptible de ser utilizado como fuente de abastecimiento según el grado de tratamiento aplicable, es decir A1 para tratamiento simple (físico más desinfección), A2, para tratamiento convencional de potabilización (coagulación, floculación, decantación, filtración, desinfección) y A3, para tratamiento avanzado incorporado adsorción y oxidación. En esta tabla también se añaden los límites establecidos para la calidad de agua potable, dichos límites deberán cumplirse tras el tratamiento de agua bruta captada.

Se puede indicar que en general, el agua natural captada de la presa del Real del Arroyo del Real es un agua de buena calidad, sin mucha turbidez, de baja salinidad, blanda, con baja contaminación de origen fecal y baja contaminación por metales pesados.

Hay que tener en cuenta que el tratamiento del agua tiene que conseguir hacer potable el agua natural en todo momento. Por lo tanto aunque en general el agua tenga buena calidad las situaciones extremas pueden obligar a mayores tratamientos.

En nuestro caso el tratamiento a adoptar sería del tipo A3, es decir, preoxidación, adsorción, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección. Tomamos este tipo de tratamiento debido a la presencia en algunos momentos de exceso de color y turbidez del agua captada.

Tabla 3.1. Parámetros calidad del agua

E.T.A.P. Bembibre		Variación calidad agua bruta					
		Captación		Agua captable para potabilizar			Agua potable
		Agua bruta		Limite	Limite	Limite	Limite
		mínimo	máximo	A1	A2	A3	
pH		7,4	8,0	6,5-8,5	5,5-9	5,5-9	6,5-9,5
Color	mg/L Pt/Co	5	>300	20	100	200	15
Conductividad	MS/cm	139	180	[1000]	[1000]	[1000]	2500
Turbidez	UNF	2	13				5
Coliformes totales	UFC/100 ml	0	3840	[50]	[5.000]	[50.000]	
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0	1100	[20]	[2.000]	[20.000]	
E. Coli	UFC/100 ml	0	94				0
Clostridium Perfringens	UFC/100 ml	0	29				0
SS		2	45	[25]	-	-	
Amonio mg/L		0,01	0,4	[0,05]	1,5	4	0,5
Cloruros	mg/L	2,4	5	[200]	[200]	[200]	250

Sulfatos	mg/L	29	44	250	250	250	250
Carbonatos - Bicarbonatos, TA	mg/L	40	58				
Nitratos	mg/L	0,7	15	50	50	50	
Sodio	mg/L	3,8	5				200
Calcio	mg/L	16	18				
Magnesio	mg/L	7	9				
TH	mg/L	71	79				
Fluoruros	µg/L	70	90	1500	[1700]	[1700]	1500
Hierro	µg/L	50	210	300	2000	[1000]	200
Manganeso	µg/L	ó	91	[50]	[100]	[1000]	50
Níquel	µg/L	Q	10				20
Plomo microg/L	µg/L	5	13	50	50	50	25 (10 en 2014)
Zinc	µg/L	20	50	3000	5000	5000	
Cobre	µg/L	0,2	10	50	[50]	[1000]	2000
Cromo	µg/L	2	60	50	50	50	50
Arsénico	µg/L		50	50	50	100	10
Aluminio	µg/L	17	47				200

3.2. Bases de diseño

Para el diseño de la estación de tratamiento de agua potable primero hay que definir el tipo de E.T.A.P. Para ello es indispensable saber la cantidad de población a la que se va a abastecer y también la calidad del agua que se va a tratar. De esta manera podremos conocer las dimensiones de la E.T.A.P. y los procesos necesarios para la adecuación del agua al consumo humano.

3.2.1. Caudales

Para el cálculo del caudal necesario para abastecer a la población de Bembibre, tendremos en cuenta una población de unos 10.000 habitantes con un consumo de agua de 140 litros de agua por habitante y día, cumpliendo así el Real Decreto 140/2003, que establece un consumo mínimo de 100 litros de agua por habitante y día.

El volumen de agua potable a obtener tiene que ser de:

$$140 \frac{\text{litros}}{\text{habitantes} \cdot \text{día}} \cdot 10.000 \text{ habitantes} = 1.400.000 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

La estación de tratamiento de agua potable tendrá un funcionamiento continuo durante los 12 meses del año.

$$Q = \frac{1.400.000 \frac{\text{litros}}{\text{día}}}{24 \frac{\text{Horas}}{\text{día}}} = 58.333,3 \frac{\text{litros}}{\text{hora}} = 58,3 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Se prevé el diseño de una línea de tratamiento de agua 60 m³/hora, de esta manera se podrá garantizar el suministro de agua a toda la población en caso de aparecer puntas en la demanda de agua potable.

3.2.2. Calidad exigida al efluente

La calidad exigida al agua tratada es la correspondiente a agua potable determinada mediante el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. También se tendrá en cuenta que los reactivos químicos utilizados en el tratamiento no deberán dejar en el agua sustancias en concentraciones por encima de los límites exigidos. Además la utilización de reactivos utilizados en la desinfección no puede dejar en el agua tratada subproductos en concentraciones por encima de los límites establecidos.

Por último, la calidad del agua tratada será tal que no ataque a los materiales de las conducciones de tal forma que haga variar sus características y propiedades, o que incorpore sustancias al agua que lleven a infringir los límites de potabilidad. Para

cumplir esto, el agua tratada estará próxima al equilibrio carbónico y será ligeramente incrustante, sin producir deposiciones excesivas.

Tendremos la posibilidad de ir más allá de los límites establecidos en la legislación para agua potable, con el fin de mejorar la calidad del agua tratada.

4. Proceso de potabilización.

Se deberá someter al agua bruta a un tratamiento físico, químico y desinfección para obtener una calidad del agua tratada superior a los niveles exigidos por la legislación. Para lograr este objetivo la estación de tratamiento de agua potable será diseñada para que sea capaz de absorber cualquier problema que pueda surgir en la calidad del agua bruta captada. Para garantizar el cumplimiento de las exigencias referidas al agua potable que establece la normativa española mediante el Real Decreto 140/2003, se realizarán controles continuos de calidad respecto a parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

4.1. Línea de agua

El tratamiento del agua consistirá en una preoxidación mediante ozono y adición de peróxido de hidrogeno para eliminar compuestos orgánicos. Un proceso de adsorción mediante la adición de carbón activo eliminando así los compuestos que dan olor, sabor y color al agua. Un tratamiento químico de retirada de sólidos por coagulación-floculación y filtración. Por último se realizara la desinfección mediante rayos ultravioleta para eliminar los microorganismos potabilizando así el agua.

4.1.1. Captación agua bruta

La captación de agua bruta comprende desde obtención del agua en el embalse del Real a la llegada del agua bruta a la estación de tratamiento de agua potable

El agua bruta es captada del arroyo del Real con ayuda del azud existente.

El agua se tomara mediante un desagüe de fondo de 300mm de diámetro, situado en el muro de la presa. La maniobra de apertura y cierre de la toma de agua se realizara mediante una válvula reguladora situada al final del desagüe.

La captación de agua será protegida mediante rejas de desbaste para evitar así la entrada de cuerpos que puedan obstruir o dañar la válvula, perdiendo su estanqueidad.

El agua será conducida hasta la arqueta de rotura situada en la cabecera de la planta mediante una tubería subterránea de hormigón del tipo "TUBO HM" de 300mm de diámetro interior. La entrada del agua bruta es regulada a través de válvulas de mariposa eléctricas. La conducción del agua se hará mediante gravedad debido a la diferencia de cotas del embalse 800m y la cota de la localidad de Bembibre situado a 620 m

La entrada del agua bruta a la estación de tratamiento se realiza mediante la obra de llegada. Esta instalación tiene la finalidad de homogenizar el agua antes de entrar en la planta. Lo primero que encontraremos en la obra de llegada serán mecanismos de desbaste que retengan los arrastres que hayan podido venir en la conducción. Se utilizará rejas de desbaste con paso fino y tamices. La limpieza de esos mecanismos se podrá hacer de forma manual. En la obra de llegada se situarán los equipos de medición del caudal de entrada así como la medición de parámetros físico-químicos como la turbidez o el PH

4.1.2. Preozonización

Para la eliminación de sustancias que vienen disueltas en agua ya sean minerales u orgánicas, realizaremos un proceso de oxidación. La oxidación también se utiliza para la eliminación de sustancias que provocan olores y sabores al agua y aquellos organismos contaminantes causantes de enfermedades.

En el caso de las aguas potables, se realiza una preoxidación de la materia orgánica e inorgánica para la eliminación de compuestos perjudiciales al agua. También se utiliza para la eliminación de turbidez, iones metálicos y reducción de los niveles de trihalometanos.

La preoxidación facilita los tratamientos posteriores e interrumpe desarrollos bacteriológicos tanto en conducciones como en equipos:

- Disminuye el contenido de materia orgánica.
- Evita obstrucción de tuberías debido al desarrollo de plancton.
- Destrucción bacterias ferruginosas.
- Precipitación de los óxidos de hierro y manganeso.
- Oxida el amoníaco dando cloraminas y nitritos.

El ozono es una forma alotrópica triatómica del oxígeno, el cual se genera a partir de oxígeno gas. Utilizaremos el ozono para la oxidación del agua debido a fuerte poder oxidante y su alta velocidad de reacción. El contacto del agua con el ozono se realiza en un tanque con diversos compartimientos en el que se insufla el aire ozonizado.

Debido a que el ozono es termodinámicamente inestable, se descompone espontáneamente en oxígeno, por lo que lo generaremos en la propia estación de tratamiento de agua.

Para una correcta preoxidación del agua bruta estableceremos una dosis media de ozono de 1,5 mg/l, por lo que la cantidad de ozono necesario para tratar nuestros 60 m³/h es de 0,09 kg/h.

El ozono posee una concentración de 148 g/m³ por lo que la cantidad de gas necesaria con la dosificación especificada anteriormente es de 0,608 m³/h.

Generación de ozono

El sistema de ozonización consiste en una unidad de generación de ozono, con una capacidad de 100g/h a una concentración de 148 g/m³ desde oxígeno con un punto de rocío de ≤ -65 °C y 20°C de temperatura de agua de refrigeración. Es de alta frecuencia, colocado horizontalmente. Consiste en un cuerpo cilíndrico cerrado en ambas terminaciones por unas tapas embridadas siendo una de cristal. Dentro de este cilindro un número específico de tubos de acero inoxidable están ensamblados entre dos planchas tubulares fijadas formando un cuerpo compacto.

El oxígeno a ozonizar cruza el ozonizador a través de un espacio delgado anular entre dos tubos dieléctricos y el espacio entre los electrodos de alto voltaje y dieléctricos. Los electrodos se mantienen en alto voltaje, y la virola se conecta a tierra. El campo eléctrico alto entre los dos espacios anulares produce una descarga eléctrica silenciosa ("cold plasma"). Una parte de la energía eléctrica, necesaria para la generación de ozono, se transforma en calor. Este calor es disipado por hacer pasar a través de la virola agua de refrigeración.

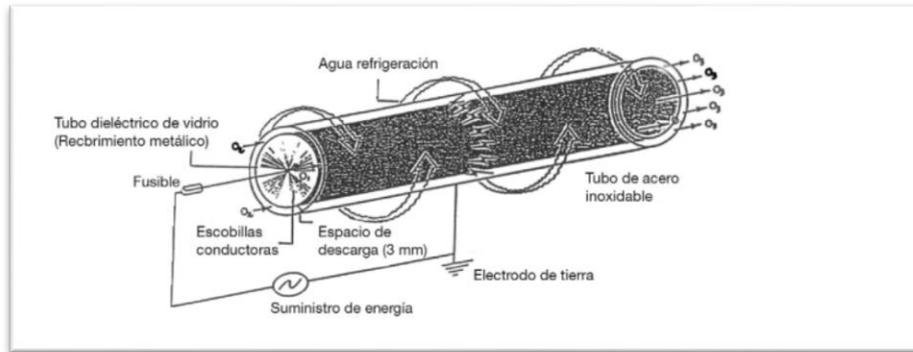


Imagen 4.1. Generación de ozono

El equipo a utilizar en la generación de ozono será de mediano tamaño. El sistema de control de este equipo nos asegurara un funcionamiento flexible para nuestra planta. Características técnicas del equipo:

Tabla 4.1. Características equipo de ozonización.

Marca	OXICOM
Modelo	CFV 02
Producción máxima de ozono	1,32 Kg/h
Concentración	10 % de ozono en oxígeno
Consumo de oxígeno	9,2 Nm ³ /h
Caudal agua refrigeración	1,90 m ³ /h
Consumo	14 KW
Dimensiones	2mx2mx1,15m

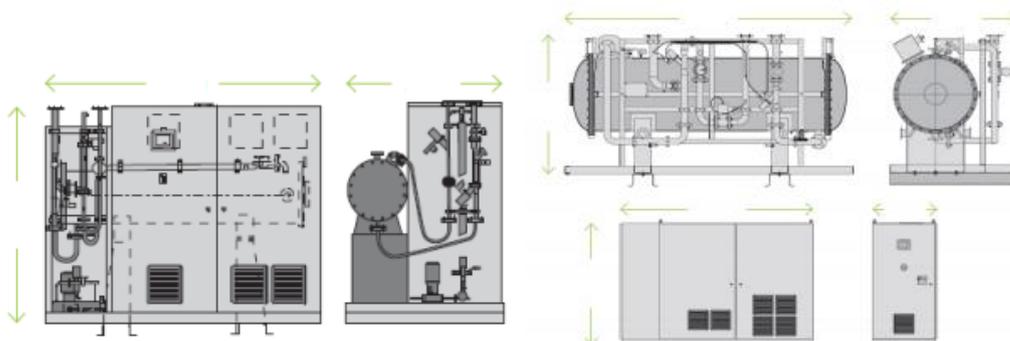


Imagen 4.2. Planos equipo de ozonización

Inyección del ozono al sistema

Para la incorporación del ozono utilizaremos un sistema de introducción del gas utilizando difusores cerámicos de burbuja fina para poner en contacto el ozono con la corriente principal de agua. Los difusores son dispositivos fabricados en material poroso resistente al ozono. A través del elemento poroso emiten pequeñas burbujas de ozono que ascienden a través del flujo de agua, a contracorriente. El caudal de gas será regulado a través de una válvula automática y medidor de caudal. El caudal de los difusores es de $0,35 \text{ m}^3/\text{h}$ por lo que necesitaremos dos difusores de este tipo para garantizar la difusión del ozono.

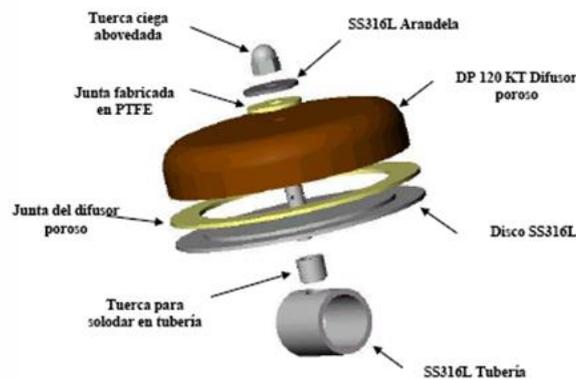


Imagen 4.3. Esquema de inyector de ozono.

Proceso

En el proceso de preoxidación, la ozonización es una buena alternativa a la cloración ya que es más eficaz en la eliminación de olor, sabor y color del agua así como la eliminación de bacterias virus y otros microorganismos.

Cuando el ozono se pone en contacto con el agua, este se desglosa y forma varias especies oxidantes distintas, las cuales reaccionan con las partículas foráneas presentes en el agua. Estas reacciones provocan que las bacterias se desglosen en contacto con los radicales libres, protegiendo así el agua de dichas bacterias. El ozono se descompone al oxidar las moléculas orgánicas, atacando la estructura celular de los microbios.

Destrucción ozono residual

La función del destructor de ozono, es la de destruir el ozono residual, existente en el flujo de gas que no ha reaccionado en la cámara de contacto.

Por seguridad, el gas a la salida de la cámara será conducido a un sistema de destrucción de ozono que no se ha transferido al agua. Para la eliminación del ozono se empleara el método de descomposición catalítica

La corriente de gas es introducida en el destructor de ozono (VOD) y dirigida hacia el calentador eléctrico, para prevenir la condensación en el catalizador, donde el ozono se convierte en oxígeno. El ventilador colocado en la tapa posterior aspira los gases de la cámara introduciéndolos en el destructor.

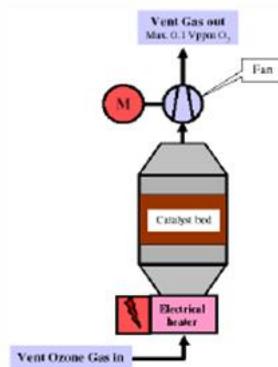


Imagen 4.4. Esquema destrucción de ozono residual.

4.1.3. Dosificación peróxido de hidrogeno

En el tratamiento de agua de consumo humano, se puede utilizar el peróxido de hidrogeno como oxidante durante el pretratamiento, y como desinfectante, su eficacia biocida es baja, por lo tanto hay que combinarlo con otro sistema.

El uso del peróxido de hidrogeno junto a otro a oxidante, nos permite aprovechar los posibles efectos sinérgicos entre ellos, con lo que conseguimos una destrucción adicional de la carga orgánica.

En nuestro caso al mezclar el peróxido de hidrogeno junto con el ozono, pretendemos combinar la oxidación directa y selectiva del ozono con la reacción rápida y poco selectiva de los radicales HO con los compuestos orgánicos.

El peróxido de hidrogeno comercial tiene las siguientes características:

Tabla 4.2. Características H₂O₂ comercial.

Riqueza (kg/l)	0,6
Riqueza (%p/p)	50,0
Densidad (kg/l)	1,2

La dosificación del peróxido de hidrogeno (al 50%) se realizará mediante una bomba dosificadora. Se realizará la dosificación en la arqueta de salida de la cámara de preozonización. Estableceremos una dosis media de 1 gr/m³ por lo que la dosis horaria de este producto comercial es de 0,12 kg/h y de 0,1 l/h.

Para asegurarnos el suministro de H₂O₂ dimensionaremos un tanque de almacenamiento con una reserva para 15 días. Nuestro tanque tendrá una capacidad de 36 litros.

4.1.4. Adsorción. Carbón activo

La adsorción corresponde a la transferencia de una molécula de la fase líquida hacia la fase sólida. La adsorción mediante carbón activo sirve para retirar del agua las sustancias solubles. La adsorción de un contaminante presente en el agua a través de carbón activado está basado en la retención superficial de los contaminantes.

Mediante este proceso se consigue retener sustancias no polares como aceites minerales, cloro y sus derivados, sustancias halogenadas y sustancias generadoras de malos olores y gustos al agua.

El nivel de adsorción depende de la concentración de sustancias en el agua, la temperatura y la polaridad de la sustancia. Las moléculas que se encuentran en el agua se unirán físicamente a la superficie del carbón activo. El proceso ocurre en tres pasos:

- Macro transporte: Movimiento del material mineral a través del sistema de macro-poros del carbón activo.
- Micro transporte: Movimiento de material orgánico a través del sistema de micro-poros del carbón activo.
- Adsorción: Adhesión física del material orgánico a la superficie del carbón activo en los meso-poros y micro-poros del carbón activo.

En el proceso de adsorción se utiliza carbón activo, este se compone de un 75-80% de carbono y un 5-10% de cenizas con una densidad de $0,4 \text{ g/cm}^3$.

En el sistema de tratamiento de aguas dispondremos de un equipo para la preparación y dosificación del carbón activado en polvo. Constará del silo de almacenamiento, del rompebóvedas, de la cuba de preparación y bombas y equipos de control.

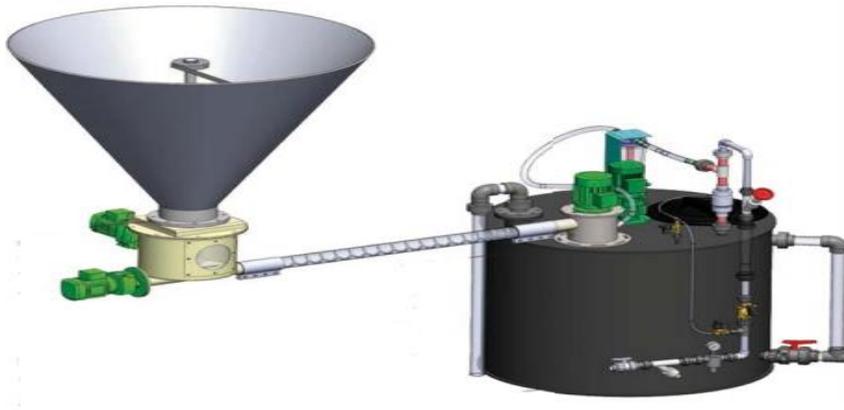


Imagen 4.5. Equipo de preparación del carbón activo.

El rompebóvedas dosificador realiza la dosificación volumétrica del carbón activado a la cuba de preparación. Utilizaremos un rompebóvedas DDS 400, que nos asegurara una extracción continua y una dosificación correcta gracias al variador de frecuencia que actúa sobre el sinfín dosificador.

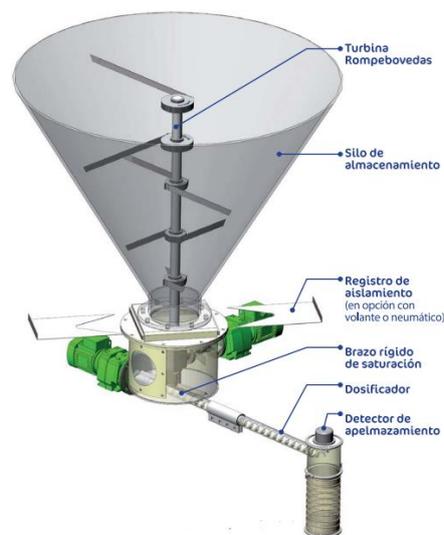


Imagen 4.6. Rompebóvedas

Tabla 4.3. Características rompebóvedas.

Marca	Sodimate
Modelo	DDS 400
Caudal dosificador	20 kg/h

La preparación se realiza en una cuba automática de lechada en continuo a nivel constante y concentración variable. La concentración de la mezcla preparada será en función del caudal del sinfín dosificador. En la cuba se lleva a cabo una suspensión previa para facilitar la mezcla del carbón con el agua.



Imagen 4.7. Cuba automática de preparación.

Tabla 4.4. Características de la cuba de preparación.

Tipo de preparación	En continuo
Capacidad de deposito	50 litros
Concentración de disolución	1,0%
Consumo medio de disolución	60 l/h

Para una correcta adsorción realizaremos una dosificación de carbón activo de 10 mg/l. El caudal de agua a tratar es de 60 m³/h, por lo tanto el consumo de reactivo

será de 0,6 kg/h. La concentración de la suspensión de carbón activado en agua será de 1%

El carbón activo en polvo se almacenara en un silo vertical cilíndrico, este está equipado con los elementos y equipos necesarios para su operación correcta y segura. Tendrá una capacidad para garantizar el suministro de carbón durante 15 días. Este silo podrá acumular 216 kg de carbón activo. Se ha elegido un depósito con una capacidad de 1 m³.

4.1.5. Coagulación

Una vez que se ha realizado el proceso de adsorción al agua mediante carbón activado, se procede a la agrupación de partículas de tamaño minúsculo mediante el proceso de coagulación.

Estas partículas de pequeño tamaño y carga eléctrica que no pueden sedimentar, reciben el nombre de coloides.

El proceso de coagulación consiste en el efecto que se produce al añadir una sal metálica, sulfato de alúmina, a una dispersión coloidal. Esto produce la neutralización de las cargas eléctricas que mantienen separadas las partículas coloidales, lo que lleva a la agrupación de estas aumentando de tamaño. Esto da lugar a la disminución de las fuerzas que ayudan a que se mantengan separadas dichas partículas coloidales, produciéndose la formación de agregados y partículas de mayor tamaño que decantan al fondo por gravedad.

La fuerza de repulsión de estas partículas se le denomina potencial Z. Cuanto mayor sea este potencial Z mayor será la carga de la partícula. El agua a tratar en esta Estación de tratamiento de agua tiene un pH de 7,89 y un potencial en torno a -30 mV.

El proceso de coagulación lo llevaremos a cabo mediante un mezclador rápido o coagulador. Este nos permite obtener una mezcla rápida y homogénea del producto. Consiste en una cámara de mezcla provista de un sistema de agitación sumergible del tipo hélice.

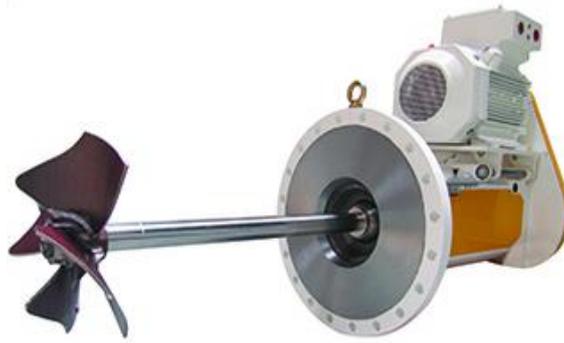


Imagen 4.8. Mezclador rápido.

Tabla 4.5. Características mezclador rápido.

Marca	MILTON ROY
Tipo de hélice	Sabre de tres palas
Cantidad de palas	3

El coagulante utilizado será sulfato de alúmina con las siguientes características:

Tabla 4.6. Características Sulfato de alúmina.

Producto comercial	Sulfato de Alúmina
Apariencia	Líquido ámbar
Riqueza en AL ₂ O ₃ (%)	8,80
Riqueza (kg/l)	0,65
Riqueza (%m/m)	48,00
Densidad a 15,5 ° (kg/l)	1,320
Viscosidad (°E)	21,00
Punto de congelación (°C)	-15,00

Dosificación

Para saber la dosificación correcta para nuestro caudal de agua a tratar, 60 m³/h, establecemos una dosis media de 35 g/m³. Con esto y las características de nuestro coagulante calculamos los siguientes parámetros:

- Dosificación horario del reactivo: $60 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,035 \text{ kg/m}^3 = 2,1 \text{ kg/h}$
- Dosificación horaria del reactivo comercial: 4,38 kg/h
- Dosificación horaria en litros del reactivo comercial: 3,3 l/h

El consumo al día del sulfato de alúmina será de 79,6 litros/día por lo que el tanque de almacenamiento lo dimensionamos para tener una reserva teórica de 15 días. El sulfato de alúmina será almacenado en un tanque cilíndrico de eje vertical metálico con imprimación interior, con una capacidad de 1500 litros.

Para la dosificación se utilizara una bomba de membrana mecánica con un caudal de 4,5 l/hora y una potencia de 0,18 kW.

Tabla 4.7. Características del dosificador.



Marca	MILTON ROY
Modelo	Serie GM
Caudal	4,5 l/h
Potencia	0,18 kW

Imagen 4.9. Dosificador del coagulante.

4.1.6. Floculación

Una vez añadido el coagulante, pasamos a la siguiente etapa que es la formación de partículas sedimentables. En esta parte del tratamiento se le añade floculante al agua, con el objetivo de aumentar el tamaño y la cohesión del floculo y de esta manera facilitar su sedimentación.

Al contrario de la coagulación, donde la fuerza primara es de tipo electroestático, la floculación se debe a un mecanismo de formación de puentes químicos o enlaces físicos.

En nuestro caso utilizaremos almidón modificado, que se encargara de favorecer el crecimiento de los flóculos. De esta manera se incrementara la eficacia de las operaciones de sedimentación, clarificación y filtración.

Tabla 4.8. Características del Almidón modificado.

Producto comercial	Almidón modificado
Riqueza (%)	100%
Densidad (Kg/l)	0,55

Durante la floculación se realizara una agitación lenta para producir una mezcla suave y así obtener un mayor número de uniones entre partículas coaguladas. Con esta baja velocidad de agitación también pretendemos impedir la rotura y disgregación de los flóculos ya formados

Para que la floculación sea correcta establecemos una dosis media de 2 gr/m^3 con un funcionamiento de dosificación las 24 horas del día. Con esta dosis hay un consumo de producto comercial de $0,12 \text{ kg/h}$ y de $2,88 \text{ Kg}$ al día.

Para el proceso de floculación se proyecta una cámara de floculación mecánica con un tiempo de retención de 20 min. Contaremos con un preparador automático de solución de polielectrolito en continuo, destinado a la preparación automática de la solución de almidón y agua. El almidón modificado se extrae de la tolva de almacenamiento mediante un dosificador de tornillo, vertiéndose sobre el cono de agua de la tobera de mezcla. La cuba de preparación y maduración está provista de agitadores para garantizar una mezcla homogénea para una perfecta dilución.

El equipo automático de preparación del polielectrolito es un “DOSAPACK MAX” de la casa SDM.

Tabla 4.9. Características del preparador de polielectrolito



Marca	SDM
Modelo	DOSAPACK MAX
Capacidad deposito	130 l

Imagen 4.10. Equipo automático preparación del polielectrolito.

4.1.7. Decantación

Ahora procedemos a la eliminación de las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, que mediante los procesos de coagulación-floculación han pasado a ser sedimentables.

Una vez que ya se han formado floculos de gran tamaño mediante la unión de las partículas coloidales en suspensión, procedemos a separarlas del agua. Esta separación la llevaremos a cabo mediante una sedimentación en un decantador laminar.

En nuestro caso utilizaremos un decantador equipado con módulos lamelares, constituidos por tubos independientes de longitud definida con los que se forman zonas de flujo laminar ideales para desarrollar la decantación de las partículas, de esta manera se acelera la separación de los floculos.

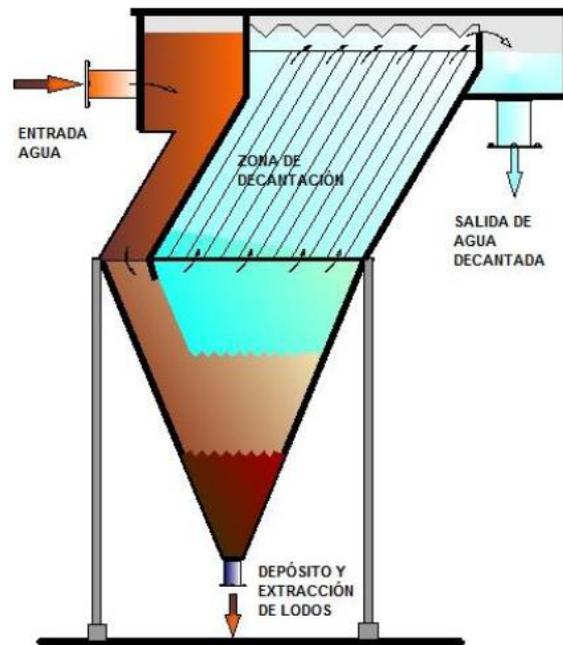


Imagen 4.11. Esquema decantador lamelar.

Este equipo estará dividido en 4 zonas diferentes para una óptima separación de los floculos.

- Zona de entrada: Consistirá en el paso de agua de la zona de floculación a la zona de decantación.
- Zona de decantación: En esta zona están ubicados los paquetes lamelares compuestos por varios tubos situados en paralelo con una inclinación de 60° , de esta manera se aumenta la superficie de decantación.
- Zona de salida: aquí tendremos ya agua limpia y clarificada. El agua decantada es almacenada en un depósito anexo al decantador para su posterior bombeo a la zona de filtración.
- Zona de depósito y extracción de lodos: Del fondo del decantador, el material sedimentado es extraído en forma de fangos, para su posterior tratamiento.

El bloque de lamelas con conductos tubulares continuos de poliestireno rígido atóxico provisto de carbón-black, para la protección de los rayos U.V., vienen equipados con una estructura perimetral para su rápida colocación en las balsas. Mediante el sistema de lamelas conseguimos que la distancia que tiene que recorrer una partícula para decantar sea menor que en un decantador convencional, aumentando así la capacidad de clarificación.

El bloque de lamelas es de la marca “Chiariflus” con las siguientes características:

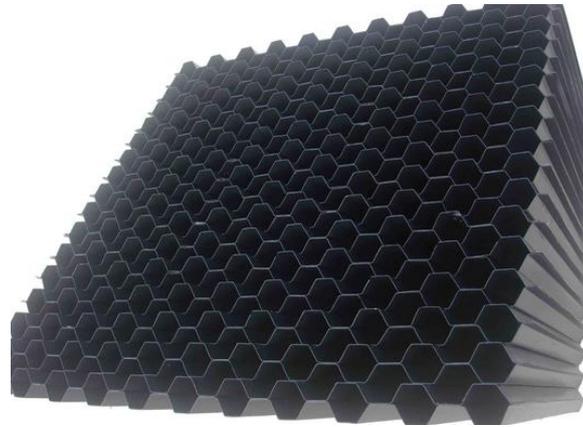


Imagen 4.12. Bloque lamelar.

Tabla 4.10. Características bloque lamelar.

Modelo	CV/43.50
Forma	Conductos tubulares continuos
Ángulo de inclinación	60º
Distancia ortogonal planos	43 mm
Factor “C”	+30% de Sp
Radio hidráulico	1,4 cm
Diámetro hidráulico	5,7 cm
Material	Poliestireno rígido atóxico
Estructura perimetral	Acero inoxidable AISI 304

Gracias a este sistema conseguimos que se produzca la separación de los sólidos, que resbalan por la pendiente de las lamelas hacia el fondo del decantador, y el agua limpia que sigue una trayectoria ascendente.

Se dimensiona una zona de decantación con unas medias de:

- Longitud interior del tanque: 6m
- Ancho del tanque: 2,2 m

De esta manera tendremos una superficie de decantación de $13,2 \text{ m}^2$

Para que la sedimentación se produzca de una manera sencilla debemos procurar el que flujo de agua que recorre los tubos lamelares tenga una ausencia total de turbulencias. Para ello el agua a tratar que entra en el sistema, tendrá una velocidad predeterminada. De esta manera conseguimos un flujo laminar facilitando la sedimentación.

En nuestra E.T.A.P. el decantador cuenta con una cubeta de recogida de fangos y para la succión de los lodos se realiza mediante presión hidrostática por una válvula de purga automática. Gracias a la válvula automática se podrá controlar el tiempo de purga necesario, optimizando al máximo el espesamiento de los lodos. Los lodos se dirigen por gravedad hacia un depósito desde el cual se bombearán al tratamiento de fangos.

Utilizaremos una bomba de recirculación para conducir los fangos hasta las cámaras de floculación, de esta manera podemos aumentar el rendimiento de la planta cuando el agua a tratar tenga una turbidez reducida. Se implanta un porcentaje de recirculación de fangos del 10%

El agua será introducida en el decantador mediante una tubería rectangular, dimensionada de tal modo que la velocidad de salida del agua a tratar sea constante y con un valor de $0,15 \text{ m/s}$.

Una vez que el agua haya sido decantada será recogida y dirigida a un depósito de almacenamiento de agua clarificada que alimentará los filtros.

4.1.8. Filtración

Una vez que el agua se vierte en el depósito de agua clarificada procedemos al bombeo de esta hacia la instalación de filtración. Se utilizará una bomba monocelular horizontal, que aspire el agua clarificada directamente del depósito de agua decantada.

La filtración es un proceso de separación física. La filtración es un proceso en el cual se separa materia sólida del agua a tratar. De esta manera obtendremos un efluente libre de sólidos y por otro lado otro con gran concentración de partículas.

En nuestra estación de tratamiento de agua potable, hemos elegido un filtro abierto de lavado en continuo de la empresa “Huber Technology” con una velocidad de filtración de 13,6 m/h Este sistema de filtrado con sistema de lavado simultaneo al filtrado, es una gran evolución de los sistemas convencionales de filtrado. En comparación con el sistema convencional de filtrado, este tipo de filtro no desciende su rendimiento a medida que lo usas, sin necesidad de hacer paradas para lavar y acondicionar el lecho filtrante.

Marca	HUBER TECHNOLOGY
Modelo	CFSF-46
Superficie filtrante	4,4 m ²
Ancho	2,34 m
Longitud	2,34 m
Altura	5 m

Las características del lecho filtrante utilizado son:

Tabla 4.11. Características del lecho filtrante.

Material	Arena silícea
Granulometría	1-2 mm
Espesor útil del lecho filtrante	2,20 m
Superficie adoptada	4,4 m ²

Este sistema de filtrado que vamos a usar se basa en dos procesos físicos básicos:

- Proceso de filtrado: Consiste en un lecho de arena donde los sólidos en suspensión que contiene el agua de entrada se quedarán en la arena. Esto se consigue gracias a dos flujos en contracorriente.
- Proceso de lavado: Se intercambian los sólidos suspendidos en la arena al agua de lavado. Esto ocurre en un medio fluidificado, con dos flujos a contracorriente.

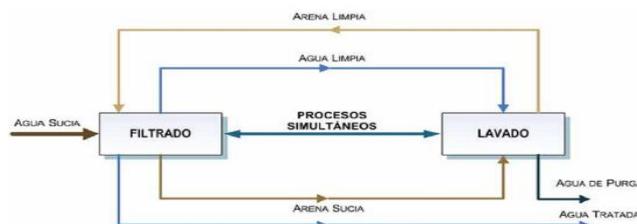


Imagen 4.13. Esquema del filtrado en continuo.

El agua a filtrar se introduce por la parte inferior del filtro mediante un distribuidor, de esta forma se reparte de forma homogénea en el fondo del filtro. La filtración se efectúa a medida que el agua asciende a través del lecho de arena, quedando retenidos por contacto los sólidos en la arena. La mayor parte de los sólidos se separan en la zona próxima a la alimentación, por lo que la arena más sucia se encuentra en la parte baja del filtro.

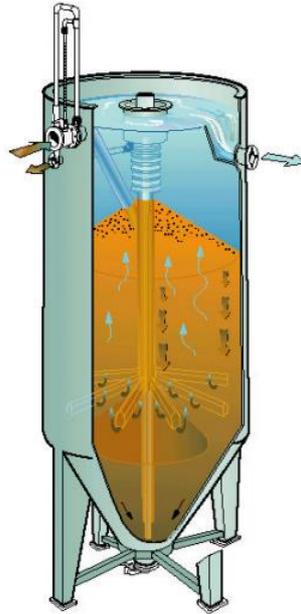


Imagen 4.14. Descripción de la filtración en continuo.

Gracias a una bomba interna de emulsión mantendremos el lecho de arena en movimiento, aspirando la arena sucia próxima al fondo del tanque del filtro. En esta bomba, la arena es sometida a una fuerte agitación, provocando que la suciedad se desprenda de los granos de arena. Esta bomba está construida en acero inoxidable, y en su parte superior esta acoplada a un plato que contiene la inyección de aire y el tubo de evacuación de aire del fondo del tanque.

Por último la suciedad se lava y se elimina en el lavador de arena, situado de forma concéntrica alrededor de la parte alta de la bomba de emulsión. En este lavador, un pequeño flujo ascendente de agua ya filtrada arrastra por fricción las impurezas de la arena sucia en sentido descendente. La arena una vez limpia es devuelta al lecho de arena quedando en la parte superior. El lavador de arena es ajustable a la densidad de los diferentes sólidos que nos podemos encontrar, para ello tiene un canal perimetral colocado en vertical donde se lleva a cabo la interacción de los diferentes flujos.

El agua con la que se ha limpiado la arena se elimina de forma continua. Esta es vertida al conducto de purga y recirculada hacia la cámara de mezcla rápida de nuestra E.T.A.P.

El agua limpia aflora por la parte superior donde será bombeada hacia el exterior mediante una tubería y conducida a la siguiente etapa. En la tubería de salida de agua filtrada, contamos con un medidor de caudal ultrasónico exterior, para tener control sobre el caudal de salida.

4.1.9. Desinfección

El último proceso de tratamiento de agua que llevaremos a cabo en nuestra E.T.A.P. es la desinfección. La función principal de la desinfección es, eliminar en el agua a tratar todos aquellos microorganismos no deseados, los cuales pueden afectar a la salud humana. En el tratamiento de agua potable es imprescindible eliminar todas aquellas sustancias que puedan ser portadoras de enfermedades muy graves para la salud humana.

En nuestro caso el método para la purificación del agua será por medio de luz ultravioleta. Este se encargara de inactivar microorganismos como las bacterias, virus y protozoos que puedan existir en el agua a tratar. Debido a esta característica de la luz ultravioleta, su uso se ha generalizado ya que también es respetuosa con el medio ambiente, no usa sustancias químicas y es muy eficaz a la hora de desinfectar y proteger el agua frente a microorganismos perjudiciales.

La luz ultravioleta es un tipo de radiación electromagnética no ionizante y una forma de luz invisible al ojo humano. Esta tiene una longitud de onda entre 380 y 10 nanómetros, más corta que la luz visible per superior a los rayos X. La luz UV que utilizaremos nosotros se clasifica como germicida (200 y 300 nanómetros).

La radiación UV proporciona una inactivación rápida y eficaz de los microorganismos mediante un proceso físico, gran diferencia frente a otros métodos químicos utilizados en la desinfección de aguas. Cuando los microorganismos están expuestos a estas longitudes de onda germicidas, no son capaces de reproducirse debido al daño que reciben los ácidos nucleicos. Es la manera más común en métodos de desinfección por su fácil y segura manipulación.

La elección de este método para la desinfección se debe a que su utilización presenta una serie de ventajas frente a la desinfección a base de cloro. También supone una protección contra prácticamente todos los organismos tratados con cloro e incluso contra protozoos resistentes al cloro.



Imagen 4.15. Rango de eficacia de procesos de desinfección.

Funcionamiento

Gracias a las lámparas de cuarzo puro, dentro de las cuales se encuentra el gas inerte responsable de proporcionar la descarga inicial. A medida que se incrementa la energía eléctrica también lo hace el calor producido por el emisor así como la presión interna del gas, esto provoca una excitación de electrones que se desplazan a lo largo de las diferentes líneas de longitud de onda, produciéndose la luz ultravioleta.

El ADN, es el encargado de dirigir las actividades dentro de las células vivas. Si este ha sufrido alguna alteración las células no funcionarían correctamente. Al exponer los microorganismos a una dosis adecuada de radiación ultravioleta, el ADN de las células absorberá los fotones UV lo que dará como resultado una reacción fotoquímica irreversible, causando la inactivación y destrucción de las células.

El equipo utilizado será de la marca "TrojanUV". Este equipo nos proporciona un amplio rango de dosis dependiendo de la calidad y la cantidad de agua a tratar. Cuenta con lámparas de baja presión, energéticamente eficientes. Es un sistema compacto y robusto siendo esta una elección económica y eficiente para la desinfección de agua potable. Los componentes principales de este sistema de desinfección son, las lámparas de UV, el reactor de flujo continuo y los balastos electrónicos.



Imagen 4.16. Sistema de desinfección con UV.

Tabla 4.12. Características Sistema UV.

Marca	TrojanUV
Modelo	Telos 245i
Nº de lámparas	2
Material de la cámara	Acero inoxidable 316L
Sistema de limpieza	Automático

Lámparas

Se cuenta con dos lámparas del tipo amalgama de baja presión, que generan una radiación monocromática con una longitud de onda aproximada de 250 nm.

Consiste en un tubo herméticamente cerrado de cuarzo, encargado de aislar las lámparas del contacto directo con el agua y controlar la temperatura de la pared de la misma. El tubo está lleno de una pequeña cantidad de mercurio y un gas inerte, argón. Los electrodos están compuestos de tungsteno facilitando así la formación del arco dentro de la lámpara. Este tipo de lámpara tiene una elevada eficiencia eléctrica lo que nos disminuirá los costes y mantenimiento así como el número total de lámparas. Las lámparas están controladas mediante un el controlador "Type 4X (IP66)" el cual está sujeto la cámara UV. Este sistema está diseñado para que el cambio de lámparas se realice fácilmente.



Imagen 4.17. Lámparas UV.

Sistema de limpieza

Este sistema de limpieza es automático y sin necesidad de interrumpir la desinfección. Los anillos de limpieza, de flurocarbano, rodean la funda de cuarzo y a la vez son soportados por una estructura de acero inoxidable. El sistema se activa mediante un temporizador y se realiza gracias a un motor eléctrico.

El agua, ya potabilizada, es dirigida e introducida en depósitos subterráneos desde donde las bombas la impulsarán a la red de distribución de la comunidad de Bembibre. De esta manera el agua podrá llegar hasta los hogares de los usuarios.

4.2. Línea de fangos

Durante el tratamiento de potabilización se produce un rechazo, recogido en la decantación y en el lavado del filtro, dicho rechazo se denomina fangos. Estos fangos estarán compuestos por:

- Arcilla, limo y arena de reducida granulometría.
- Residuos de la coagulación-floculación.
- Residuos de los procesos de ablandamiento y desinfección.
- Residuos procedentes del carbón en polvo.

En otras plantas de tratamiento de agua potable, estos fangos se vierten al medio natural, con la consiguiente contaminación del mismo. En nuestra E.T.A.P. se propone la retirada de dichos fangos, con un previo tratamiento para que su almacenamiento no ocupe un gran volumen, realmente se trata de reducir la cantidad de agua que tienen estos fangos recogidos de la decantación y en el lavado de los filtros.

Estos fangos serán conducidos a la instalación de espesamiento y deshidratación. Toda esta materia en suspensión que contiene el agua, tras someterla a los procesos anteriormente descritos (oxidación, coagulación-floculación, decantación, filtración...) se retira del agua y es acumulada. Este subproducto tendrá una concentración variable, poco valor y químicamente rico en hidróxidos metálicos debido al empleo de reactivos como sales de aluminio.

Los fangos acumulados en el decantador, tienen una composición mayoritaria de óxidos hidratados de aluminio o de hierro, a la vez que materias de naturaleza orgánica e inorgánica. Estos fangos se recogerán en una cubeta de recogida donde se succionaran mediante presión hidrostática proporcionada por una válvula de purga automática.

En cuanto a los residuos originados en el lavado de los filtros, tienen características similares a los anteriores pero con una menor concentración. Debido a que en el filtro se favorece el desarrollo biológico, el agua de lavado contendrá mayor cantidad de materia orgánica.

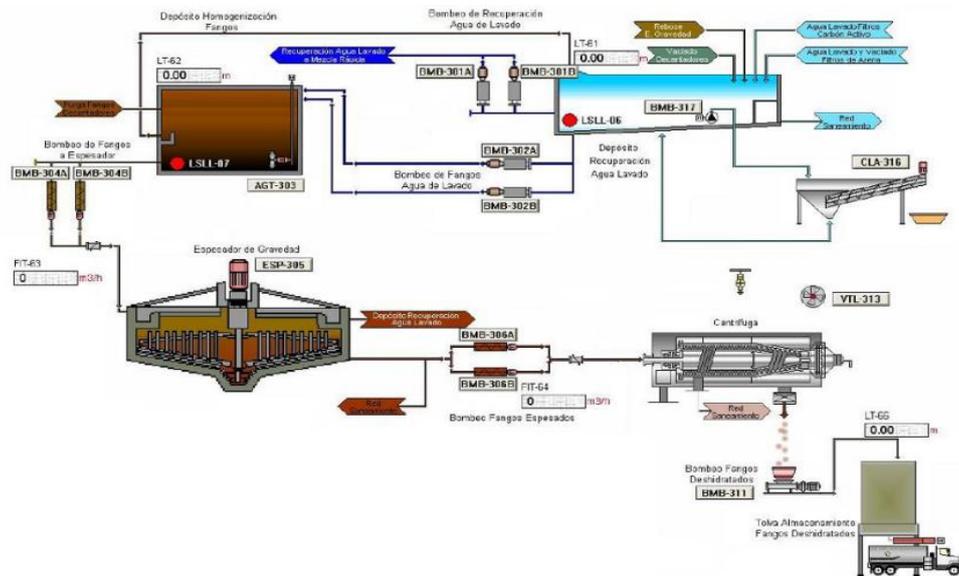


Imagen 4.18. Esquema de la línea de fangos.

La necesidad de tratar estos residuos en nuestra E.T.A.P. se debe a que la descarga de estos residuos en las corrientes naturales de agua presenta problemas importantes, porque aunque la mayoría de los residuos sean inorgánicos, estos provocarían bancos de fangos en los tramos lentos del cauce y aumentaría la turbidez y el color de las aguas. Además de los problemas medioambientales que presenta, no hay que olvidar las normas medioambientales, que cada vez son más estrictas en lo que se refiere al vertido de estos residuos.

En resumen, la línea de fangos tiene como objeto extraer y secar los desechos producidos en decantación y filtración para reducir de esta manera los costes de transporte a vertedero controlado y reducir la ocupación de volumen extraordinario que dificulta el almacenamiento en la estación de tratamiento de agua potable, aunque sea de forma temporal.

4.2.1. Homogenización de fangos.

Una vez que los lodos generados en la estación de tratamiento de agua han sido recogidos mediante la purga de decantadores y del lavado de los filtros, se decantan por gravedad. Estos son conducidos a un depósito de homogenización de fangos.

La homogenización de los fangos es necesaria debido a que estos son extraídos de forma intermitente y sus concentraciones son variables. De esta manera conseguimos una homogenización de su concentración y un volumen que nos permita el funcionamiento continuo de la línea de fangos.

Hay que tener en cuenta que si las concentraciones de los fangos son muy dispares, el rendimiento del proceso se verá afectado de manera drástica. Debemos programar el caudal del agua de lavado de los filtros así como la purga de los decantadores para conseguir una concentración de la mezcla lo más constante posible.

La estación de tratamiento de agua potable, mediante los medios fisicoquímicos para la potabilización del agua genera un efluente residual. Este residuo estará compuesto por los sólidos en suspensión que tiene el agua y los reactivos añadidos a dicha agua para tratarla.

Tabla 4.13. Datos para cálculo de lodos.

Caudal de cálculo (m ³ /h)	60
SS en agua bruta (mg/l)	25,00
Rendimiento de la decantación (%)	95,00
SS retenidos (mg/l)	23,75
Dosis de sulfato de alúmina (mg/l)	35,00
Color (Allen Hazen)	2,00
Dosis carbón activo (mg/l)	10,00

La producción de fangos será la suma de los sólidos en suspensión y los reactivos utilizados durante el proceso (sulfato de alúmina, dosis del carbón activo). Deberemos tener en cuenta que la composición química, no nos proporciona suficiente información de las características físico-químicas de los sólidos en suspensión, las cuales son muy importantes a la hora de seleccionar el tratamiento a aplicar a un lodo.

Para conocer la concentración de los sólidos en suspensión como el color, se debe realizar un análisis de sólidos, el cual no está regulado por la legislación aplicable pero que es necesario para el dimensionamiento de nuestra línea de fangos. Por esto nuestra cantidad de fangos será:

Tabla 4.14. Producción total de lodos.

Producción de fangos (kg/h)	2,25
Concentración (%)	1,00
Volumen de fangos (m ³ /h)	0,225
Funcionamiento máximo previsto (h/día)	24
Producción de fangos (kg/día)	54
Volumen de fangos (m ³ /día)	5,4

El depósito de homogenización cuenta con un agitador sumergible para la perfecta homogenización de los fangos. En este depósito están ubicadas las bombas para conducir los fangos al espesador.

4.2.2. Espesamiento de fangos

Una vez que tenemos los lodos en el depósito de homogenización, hay que bombearlos al espesador. Para llevar este proceso, se instalan dos bombas sumergibles (una de ellas en reserva) de caudal unitario de 1 m³/h, que llevarán los fangos hasta el espesador de gravedad. Esta instalación funcionará de modo automático, además en el depósito se instalará un medidor de nivel para la regulación del funcionamiento de los equipos.

Se ha previsto la instalación de un espesador de gravedad. El espesador funcionará 3 horas al día, con lo que su capacidad de tratamiento será 3 m³/h de fangos al 1% de M.S.

El espesador seleccionado tendrá las siguientes características:

Tabla 4.15. Características espesador de gravedad.

Marca	Poliester Insular Diseñ S.L.
Modelo	DTC-CS 5
Forma geométrica	Troncocónico
Cámara de alimentación	Central
Canal perimetral	Thompson
Volumen	5 m ³

El espesamiento es el proceso antes de la deshidratación de los lodos. Este proceso consiste en la concentración de los lodos y la reducción del volumen tratado. De manera simplificada, esta operación consiste en el depósito del lodo suavemente en un tanque cilíndrico, provocando que el agua ascienda a la superficie y posteriormente se recoja el sobrenadante. El lodo es extraído por el fondo. Este proceso se realiza por gravedad.

El espesador de gravedad sigue la siguiente distribución:

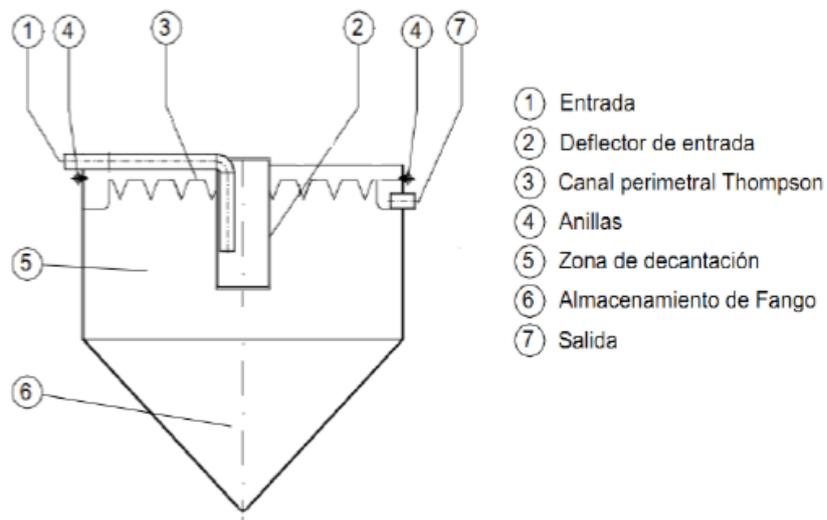


Imagen 4.19. Esquema espesador de gravedad.

Los fangos que vamos a tratar entran en el decantador por un tubo central. En este deflector de entrada la velocidad del fluido se reduce, con lo que la decantación comienza. Los sólidos se reducen y mediante una sedimentación física van a la parte baja del cono, donde se acumularán todas estas partículas sólidas.

Por otro lado, el agua ya clarificada va tomando altura hasta rebosar por el canal perimetral (del tipo Thompson), donde se consigue romper las espumas producidas así como la retención de flotantes que puedan estar presentes, de esta manera se evita que salgan con el agua depurada por la salida de reboso.

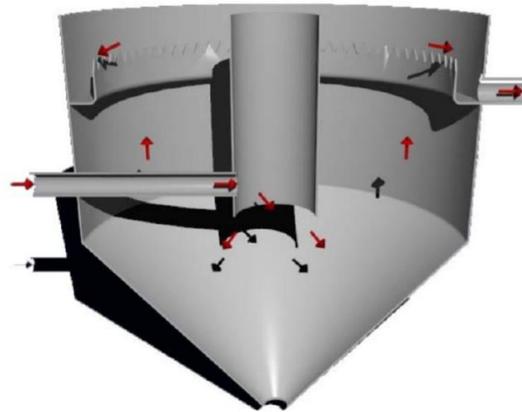


Imagen 4.20. Sección espesador de gravedad.

Nuestro espesador está dimensionado para obtener una concentración de 35 kg/m^3 , partiendo de una concentración de fangos de 10 kg/m^3 . La cantidad de fangos que mandamos a espesamiento es de 54 kg/día , teniendo un caudal medio de $5,4 \text{ m}^3/\text{día}$.

Con la concentración de salida de los fangos, sabemos que el caudal de los fangos a la salida será de $1,54 \text{ m}^3/\text{día}$. Los fangos espesados se conducen a un depósito de 3 m^3 de capacidad. Del depósito de fangos espesados, los mandaremos al equipo de deshidratación.

Tendremos un caudal sobrenadante de $3,86 \text{ m}^3/\text{día}$, el cual será enviado a cabecera de la línea de agua para su recuperación.

4.2.3. Deshidratación de fangos.

Como los fangos espesados aun contienen mucha agua, se les somete a un proceso de deshidratación. Este proceso tiene los siguientes objetivos:

- Reducir los costes de transporte
- La manipulación sea más fácil
- Reducir el volumen de almacenamiento

Los fangos del depósito son retirados por medio de una bomba de caudal variable que los envía hacia las instalaciones de deshidratación donde se acondicionan con polielectrolito.

Utilizaremos una deshidratación mecánicas, para conseguir un grado de sequedad superior al 20%. Someteremos a los lodos a una centrifugación, con el uso previo de un reactivo que acondicione previamente el fango para mejorar la eficacia del proceso.

Acondicionamiento de los fangos para deshidratación

Los lodos serán sometidos a un pretratamiento específico, el acondicionamiento, para poder garantizar el funcionamiento óptimo del sistema de deshidratación mecánica. Gracias a este proceso se facilita la aglomeración de los sólidos mejorando así las características de la deshidratación. Esta fase de acondicionamiento es fundamental para evitar problemas de carga o que se produzcan atasques en el equipo.

El reactivo utilizado será polielectrolito en polvo. El almacenamiento del reactivo se realiza en forma de sacos, previéndose en el edificio de deshidratación de fangos y juntos a la zona de carga, suficiente espacio para su almacenamiento.

La preparación del reactivo a una concentración de 0,25% se realiza en un grupo automático de 450 l/h de capacidad de alimentación por dosificador automático volumétrico y regulación automática con armario de centro, estimándose en 1 hora el tiempo de maduración.



Imagen 4.21. Grupo automático de preparación polielectrolito.

Tabla 4.16. Características grupo automático.

Marca	Polisol
Modelo	OBL
Producción máxima	450 l/h

Para el dimensionamiento, establecemos una dosis de reactivo sobre materia seca de 0,8%. La producción de fangos como ya se ha dicho es de 54 kg/día, por lo que el consumo de reactivo será de 0,432 kg/día.

Para la impulsión de esta solución hasta la centrifuga de secado se instala una bomba de tornillo helicoidal, inyectándose en la conducción de impulsión agua de dilución en línea al 0,1% medida mediante rotámetro.

La bomba de tornillo helicoidal tendrá las siguientes características:



Imagen 4.22. Bomba tornillo helicoidal

Tabla 4.17. Características bomba tornillo helicoidal.

Marca	Albosa
Modelo	Gama M
Capacidad	Hasta 3,5 m ³ /h
Presión	Hasta 5 bar

Deshidratación de fangos

La cantidad de fangos a deshidratar es de 54 kg/día, los cuales tienen una concentración de 35 kg/m³, con lo que nuestro caudal de fangos enviados a deshidratación es de 1,54 m³/día. Como el equipo trabajara 3 horas diarias, el caudal horario de fangos es de 0,51 m³/h. Con estos datos se dimensionara el equipo para la deshidratación

La deshidratación se realizara con una centrífuga 3m³/h de fangos al 3,5% de concentración. Dicha centrífuga tendrá un ángulo de cono de 20º, para garantizar la deshidratación con entradas hasta el 1% de M.S.

Podríamos considerar la centrifugación como una especie de decantación que tiene lugar en un decantador cilíndrico, que mediante su giro origina un campo centrifugo equivalente a varios miles de veces la fuerza de la gravedad. De esta manera se consigue que el lodo deshidratado se precipite contra las paredes interiores del cilindro giratorio.

Consta de un tornillo helicoidal que gira alrededor de su eje, este a su vez está encerrado en una cubeta de forma cilindro-cónica que también gira pero a menor velocidad.

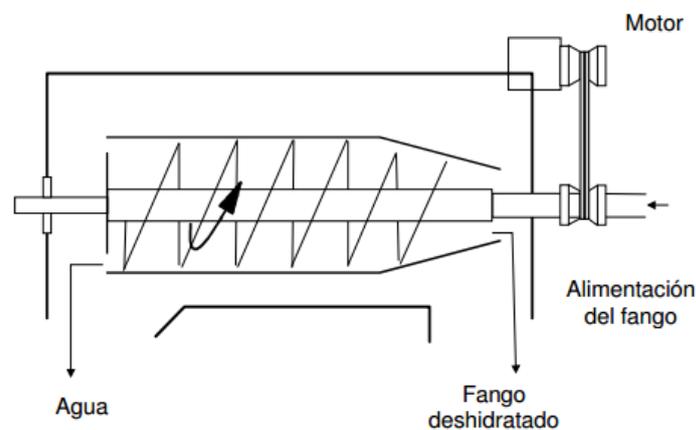


Imagen 4.23. Esquema centrífuga.

El fango es introducido por el eje, y debido a la fuerza centrífuga, la parte sólida se recoge en las paredes de la cubeta de forma que se separa del agua. Gracias al giro del tornillo helicoidal, el fango acumulado es arrastrado hacia el extremo cónico, así también se logra una compactación adicional de los lodos.

La centrifuga seleccionada es de la marca ALFA-LAVAL, consta de un rotor solido de carga continua para fangos procedentes de tratamientos de agua potable, espesados con aproximadamente 3,5% MS., y para una sequedad a la salida de más de 20%.

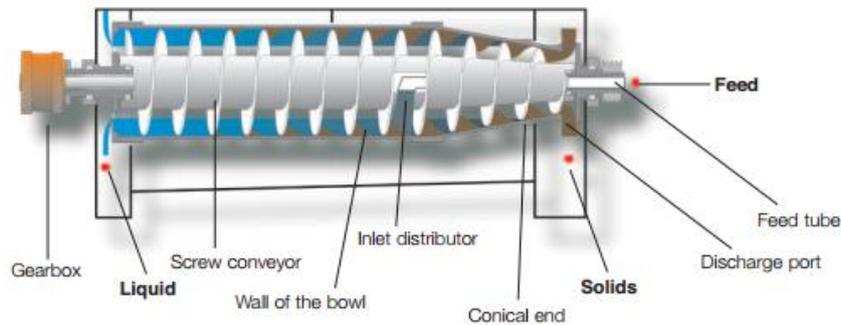


Imagen 4.24. Centrifugadora.

Tabla 4.18. Características de la centrifuga.



Imagen 4.25. Centrifugadora.

Marca	ALFA-LAVAL
Modelo	ALDEC 20
Peso de lodos máximo	1100 kg

4.2.4. Almacenamiento de lodos

Los fangos secos obtenidos en la centrifugadora, se transportan mediante un tornillo helicoidal de hasta 2 m³/h hasta depositarlos en una tolva.

Como la cantidad de fangos que tenemos en nuestra planta es de 54 kg/día y la sequedad que obtenemos en la centrifugadora es del 20%, obtendremos un volumen de fangos secos de 0,27 m³/día.

Dimensionaremos la tolva de recogida de fangos secos para un almacenamiento de 7 días. Nuestra tolva tendrá una capacidad de 2 m³.

Los fangos ya secados y almacenados pueden ser utilizados como enmendante de suelos. De esta manera podremos reutilizar esta materia de deshecho.

5. Automatismos y control del proceso

Para un control óptimo de la planta se ha diseñado un sistema de inteligencia distribuida para satisfacer las necesidades de cada estación remota. Gracias a este sistema tendremos el control directo de la estación de una forma remota.

Mediante el sistema de automatización, obtendremos mediciones de la planta, tales como flujos, niveles, pH, turbiedad, concentración y/o dosificación de los distintos reactivos. Mediante estas mediciones controlaremos las diferentes etapas del proceso de potabilización del agua, ya que mediante este sistema de control comandaremos las bombas, válvulas...

5.1. Centro de control

El centro de control será el encargado de representar en pantalla y en tiempo real, mediante sinópticos adecuados, el estado en cada momento de la red (válvulas abiertas, caudales, alarmas, etc.). Generará los partes de alarmas, históricos y cronológicos.

Hardware:

Estará compuesto por un ordenador tipo PC, con características técnicas que soporten toda la información sin que nos de errores. Además se incluirá una impresora para la impresión de partes e informes.

Software:

El centro de control debe incluir licencias del software SCADA. Este tiene la función de adquisición de datos, supervisión y control en tiempo real, de sistemas de telemedida, control y regulación. Se encargara de comunicarse con las estaciones remotas, adquirir datos y tratarlos.

El sistema presenta múltiples e importantes ventajas ofreciendo una estructura distribuida en captura y procesamiento de datos en tiempo real, como estructura integrada de control.

5.2. Software de aplicación, SCADA

Descripción Funcional

El sistema de supervisión y control es el encargado de facilitar a los operadores del Centro de Control las funciones de control del sistema, de supervisión en tiempo real de su estado y la solicitud de ejecución de ambos, así como de poder realizar consultas de valores anteriores o las alarmas recibidas previamente.

Se encarga de mantener la comunicación con los diferentes autómatas distribuidos por la estación depuradora para la adquisición de la información de supervisión y el envío de la información de control y configuración.

Presenta un interfaz gráfico al operador que facilita las operaciones de control y supervisión, destacándose mediante simbología específica (colores, iconos, letreros y señales auditivas) los elementos de proceso.

El acceso de los operadores al sistema está controlado mediante un conjunto de claves de acceso asignadas a cada uno, de manera que se mantiene una jerarquía de niveles de seguridad.

Se incorporarán un conjunto de funciones para el análisis histórico del comportamiento del sistema. Todos los eventos, tanto los producidos por el sistema bajo supervisión, como los generados por las acciones de los operadores, quedan datados y registrados, así como los conjuntos definidos de medidas periódicas, en los archivos históricos, de manera que se puedan generar informes, gráficas, etc.

5.3. Sinóptico

Se ha previsto la instalación, en la sala de control de la E.T.A.P., de un videoproector que nos permita visualizar a gran escala las pantallas del SCADA.

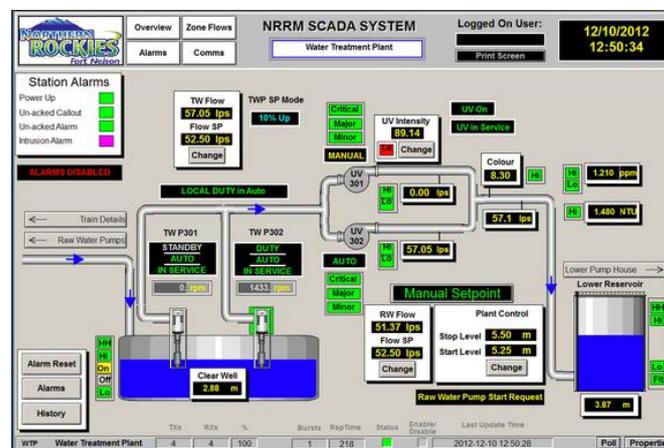


Imagen 5.1. Ejemplo software SCADA.

5.4. Instrumentación

Para el control de la planta se prevé en principio una serie de elementos primarios para toma de datos, tales como, caudales, medida de oxígeno, etc. cuyas señales son enviadas al cuadro de control para su indicación y registro.

5.4.1. Equipos de medida

Para tener un elevado control sobre los tratamientos de agua, y saber en todo momento lo que ocurre en nuestra estación de tratamiento de agua potable, se instalan una serie de equipos de medida. Los datos obtenidos son enviados al cuadro de control y mediante PLC's podremos controlar el funcionamiento de las distintas máquinas.

Los parámetros de medición más importantes en el tratamiento de agua quedan cubiertos. Para cada parámetro hay sensores especiales disponibles que proporcionan valores de medición fiables y ajustados a la aplicación en tiempo real, para la supervisión o regulación de procesos.

A continuación explicaremos los distintos equipos utilizados en nuestra E.T.A.P.

Medidor de caudal ultrasónico

Es un sistema de medición de caudales ultrasónico. Gracias al uso de transductores de caudal con abrazaderas, el equipo mide la tasa de caudal a través de la tubería. Utiliza dos transductores, cada uno de los cuales envía y recibe señales ultrasónicas codificadas a través del fluido.

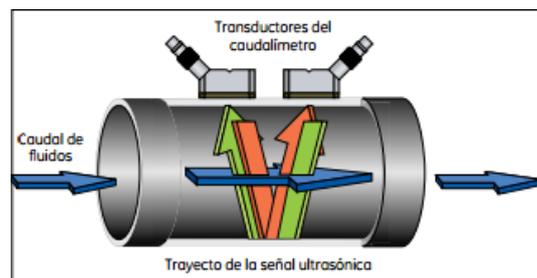


Imagen 5.2. Funcionamiento medidor de caudal ultrasónico.

Tabla 5.1. Características medidor de caudal ultrasónico.

Marca	DigitalFlow™
Modelo	DF868
Exactitud del caudal	±0,5% de la lectura
Consumo	20 W

Dispondremos de dos medidores de caudal ultrasónico, uno en la llegada del agua bruta a la E.T.A.P. y otro en la tubería de salida del agua filtrada.

Medidor de conductividad.

La conductividad es la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica. La medida de conductividad se obtiene aplicando voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia del agua, a mayor conductividad la corriente es más alta.

Utilizaremos un equipo de medición en el agua bruta.

Tabla 5.2. Características del medidor de conductividad.



Marca	Endress+Hauser
Modelo	Condumax CLS15D
Rango de medida	0,1 a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Imagen 5.3. Medidor de conductividad.

Medidor de pH

La determinación del pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones.

Estableceremos cuatro equipos de medición de pH, en el agua bruta, a la salida de floculación, a la salida del agua decantada y en el agua tratada

Tabla 5.3. Características del medidor de pH.



Imagen 5.4. Medidor de pH.

Marca	Endress+Hauser
Modelo	Orbisint CPS11D
Rango de medida	0-14

Turbidímetro

El turbidímetro es un instrumento utilizado para medir las partículas suspendidas en el agua. La medición se realiza mediante un haz de luz y un detector de luz fijado a 90° del haz original. El rayo de luz pasa a través del agua que se quiere analizar, la cantidad de sólidos en suspensión es proporcional a la cantidad de luz reflejada.

Utilizaremos dos turbidímetros, uno a la entrada del agua bruta y otro a la salida del agua tratada.



Imagen 5.5. Turbidímetro.

Tabla 5.4. Características del turbidímetro.

Marca	Endress+Hauser
Modelo	Turbimax CUS52D
Rango de medida	0,0 a 400 FNU/NTU

Medidor nivel de fangos

Este medidor sirve para medir el nivel de fangos en el decantador lamelar. El equipo transmite pulsos eléctricos al transductor, este convierte los pulsos eléctricos en pulsaciones ultrasónicas emitidas desde un diafragma que posee. Midiendo el tiempo entre la emisión de las pulsaciones y la recepción de los ecos reflejados por el fango podremos calcular la distancia entre el diafragma y el lodo.

Tabla 5.5. Características del medidor de fangos.



Imagen 5.6. Medidor de fangos.

Marca	Milltronics
Modelo	DPS 300

Medidor de caudal electromagnético

Cuando el fluido pasa a través del campo magnético de forma perpendicular a la dirección del flujo, los conductores eléctricos generan voltaje en proporción a la velocidad media. Por lo tanto, el fluido que se está midiendo, debe alcanzar el mínimo de conductividad. Midiendo la tensión inducida, se obtendrá la velocidad del líquido y por lo tanto su caudal volumétrico.

Se han instalado tres medidores de caudal electromagnético, en la conducción de los fangos a espesamiento, a la centrifuga y en la recirculación de fangos



Imagen 5.7. Medidor de caudal electromagnético

Tabla 5.6. Características medidor de caudal electromagnético.

Marca	KROHNE
Modelo	OPTIFLUX 2000

5.4.2. Controlador lógico programable PLC

El controlador lógico programable es un elemento que usaremos en las maquinas utilizadas durante el proceso de potabilización, los cuales programaremos para cada proceso.

Los elementos que componen a este autómata programable son los siguientes:

- Bloque de entrada: Es donde se reciben las señales que proceden de los sensores. Estas señales son adaptadas y codificadas de tal forma que sean comprendidas por la CPU
- Bloque de salida: Interpreta las órdenes de la CPU, las descodifica y las amplifica para mandarlas a los actuadores.
- CPU: Es donde reside la inteligencia del sistema. Dependiendo de las instrucciones del programa y los valores de las entradas, activara las saldas.

- Interfaces: Son los canales de comunicación con el exterior. Estos serán utilizados para la programación y visualización.

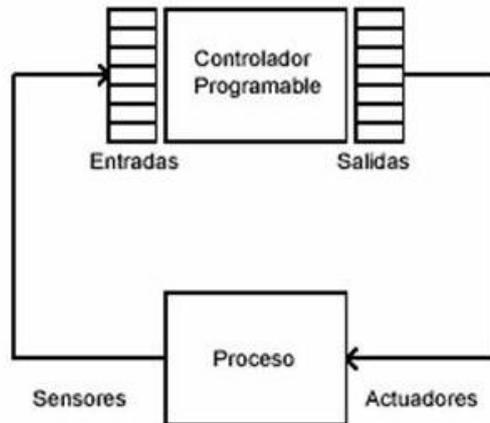


Imagen 5.8. Esquema de funcionamiento del sistema.

Se elige autómatas de la marca "ONROM" destinados a supervisar y controlar los equipos alimentados por el cuadro eléctrico.

Tabla 5.7. Características PLC.



Imagen 5.9. PLC

Marca	ONROM
Modelo	CP1H
Entrada Digital	160
Salida Digital	48
Entradas analógicas	16
Salidas Analógicas	8

Para la protección, mando y control de todos los equipos y receptores incluidos en la regulación, preozonización, cámara de floculación-coagulación, filtración y desinfección, utilizaremos un cuadro de control de motores (CCM1).

En otro cuadro de control de motores (CCM2), se realizara la protección y control de los equipos de purga de fangos, espesamiento y deshidratación de fangos.

6. Autocontrol. Toma de muestras.

Para verificar que la calidad del agua tiene unas condiciones aptas para el consumo, se debe realizar periódicamente un autocontrol que incluya diferentes tipos de análisis. Estos análisis se realizarán atendiendo a lo establecido en el Anexo V del Real Decreto 140/2003.

Consideraremos que el agua es apta para el consumo humano cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana. Deberá cumplir con los valores paramétricos especificados en el Anexo I del Real Decreto 140/2003.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta se describen a continuación:

- Finalidad: Se verificará la calidad del agua suministrada a través de la red de distribución.
- Responsable: El gestor de cada una de las partes del abastecimiento.
- Tipo de análisis:
 - Examen organoléptico: Se valora la calidad organoléptica y microbiológica del agua y de la eficacia del tratamiento de potabilización.
 - Análisis de control: Valoración de la calidad organoléptica y microbiológica del agua y la eficacia del tratamiento de potabilización.
 - Análisis completo: Comprobación amplia de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua.

El objetivo principal del muestreo es determinar la calidad del agua a la salida de la estación de tratamiento de agua. El punto de muestreo se fijará a la salida del depósito de cabecera.

Para el muestreo se utilizará una serie de materiales predeterminados y que cumplan unos requisitos establecidos. Serán de materiales que no modifiquen ni contaminen el agua, por lo que los envases deben estar esterilizados. Los envases utilizados serán herméticos y con tamaño suficiente para el tipo de muestra que se va a realizar.

La toma de muestras se realizará de manera directa, y seguirán el siguiente procedimiento para asegurar que la muestra no esté mal tomada:

- 1) Marcar el recipiente con el código correspondiente para su correcta identificación.
- 2) Quitar filtros, mangueras y difusores que pueda tener el punto donde se recoja la muestra.
- 3) Desinfectar previamente el grifo del que se recogerá el agua.

- 4) Llenar el recipiente y tapanlo, teniendo especial cuidado en no tocar el interior del mismo.
- 5) Rellenar el registro de la toma de agua.

Se realizara un análisis de control para valorar la calidad organoléptica y microbiológica del agua y de la eficacia del tratamiento de desinfección. Los parámetros básicos incluidos en este tipo de análisis son: Olor, sabor, turbidez, color, conductividad, concentración del ión hidrógeno o pH, "Escherichia coli" y bacterias coliformes

La frecuencia del muestreo depende del volumen del agua tratada. Nuestra E.T.A.P. trata un volumen de agua de 60 m³, por lo que se realizara como mínimo una muestra al año. En caso de que la autoridad sanitaria juzgue que pudiera existir riesgo para la salud de la población, se encargara de que el gestor de la E.T.A.P. incremente la frecuencia del muestreo para aquellos parámetros que considere oportunos.

Las muestras una vez tomadas serán enviadas a un laboratorio, ya sea público o privado, para que realice el análisis de control. Este laboratorio deberá implementar un sistema de aseguramiento de la calidad y validarlo ante una unidad externa de control de calidad. Los métodos de ensayo utilizado por el laboratorio deberán ajustarse a lo especificado en el anexo IV del Real Decreto 140/2003.

7. Red de distribución de agua

Una vez que el agua ya ha sido tratada y almacena en los depósitos subterráneos, mediante bombas será impulsada e introducida en el red de distribución de agua de la comunidad de Bembibre.

La red de distribución es el conjunto de tuberías y elementos de maniobra y control que permitan el suministro de agua a los consumidores.

La red de distribución comienza a la salida de la plana de tratamiento de agua y termina en el punto de conexión (llave de registro) con la instalación interior de suministro.

Desde la E.T.A.P. abasteceremos a la red de transporte, la cual está constituida por las conducciones que transportan el agua a la red arterial. Esta está formada por los conductos de mayor diámetro y no se permitirá que desde ningún punto de la misma se realicen acometidas para los suministros, bocas de riego y toma contra incendios.

La red de distribución del agua de consumo de la comunidad de Bembibre es de diseño mallado, eliminando de esta manera puntos y situaciones que faciliten la contaminación o el deterioro del agua distribuida. La red cuenta con mecanismos que

permitan su cierre por sectores, con objeto de poder aislar las áreas ante situaciones anómalas, y de sistemas que permitan las purgas por sectores para poder proteger a la población de posibles riesgos para la salud.

El Real Decreto 140/2003 establece, que antes del abastecimiento de la red, se realice un lavado y/o desinfección de las conducciones utilizadas para minimizar los riesgos para la salud de la población. También establece que las características y funcionamientos de la instalación interior no modifiquen o contamine las características que ha adquirido el agua en la planta de tratamiento.

8. Conclusiones.

En primer lugar, es necesario destacar la importancia de la potabilización del agua destinada a consumo humano, por lo que es imprescindible el acondicionamiento de la misma a unos niveles de calidad, cantidad y accesibilidad. Debido a esta necesidad se han establecido una serie de medidas sanitarias y de control para la protección de la salud humana.

Como se ha visto a lo largo del presente estudio, para conseguir agua potable han de llevarse a cabo una serie de procedimientos físico-químicos en un determinado orden. En nuestro caso, se busca obtener un agua de alta calidad, con lo cual, se le aplicara un tratamiento íntegro y exhaustivo. Desde mi punto de vista, con los tratamientos adoptados no cabe la posibilidad de que exista ningún contaminante que pueda producir un efecto dañino al consumidor.

La elección del lugar de captación, Presa del Real, se debe a varios motivos.

- La cercanía a la localidad de Bembibre a la que pretendemos abastecer.
- El agua no es de mala calidad, sin mucha turbidez, baja salinidad y bajos niveles de contaminación de origen fecal o metales pesados.
- Aprovechar la presa ya existente.

A diferencia de otras estaciones de tratamiento de agua potable que vierten los fangos producidos al medio natural, todos los residuos generados en nuestra planta durante la potabilización del agua, recibirán un tratamiento específico y posterior almacenamiento para su utilización como enmendante de suelo. De esta manera no solo evitamos la contaminación del medio natural, sino que también promovemos la recuperación de suelos gracias al contenido en materia orgánica de estos residuos.

Gracias al sistema de automatización y control remoto, conseguiremos una máxima optimización del proceso de potabilización del agua. En mi opinión, la instalación de un sistema que nos ayude en el control y seguimiento de los procesos de

la planta es un avance, ya que sabremos en todo momento que está ocurriendo en nuestra estación de tratamiento, pudiendo ajustar las dosificaciones para obtener mejores resultados.

Como se ha señalado anteriormente, la calidad del agua suministrada para consumo humano debe de tener unos límites mínimos. Por este motivo, fue necesario el establecimiento a escala nacional de criterios de calidad, recogidos en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Por último, para asegurar que se cumplen los niveles de potabilización establecidos por el Real Decreto 140/2003, se programara una serie de toma de muestras y su correspondiente análisis.

Con todo lo expuesto, se pretende haber desarrollado el presente estudio lo suficiente y de acuerdo con la legislación vigente, por lo que se somete a la mejor consideración y juicio.

9. Bibliografía.

Agua potable. 2002. El agua potable, tratamiento de lodos. [En línea] 2002.

http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_lodos.htm.

Aguado Alonso, José. 2009. Madrid+d. [En línea] 2009.

<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/02/25/113410>.

Andía Cárdenas, Yolanda. 2000. SEDAPAL. [En línea] 2000.

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>.

AQUALIA. Agua potable de máxima calidad. [En línea] <http://www.aqualia->

[infraestructuras.es/media/docs/ETAP%20Hell%C3%ADn1.pdf](http://www.aqualia-infraestructuras.es/media/docs/ETAP%20Hell%C3%ADn1.pdf).

Cruz Santana, Alejandro y Méndez Hernández, Irene. 2014. Proyecto básico de red de saneamiento y estación de tratamiento. 2014.

El agua potable. 2001. Proceso de potabilización. [En línea] 2001.

http://www.elaguapotable.com/tratamiento_del_agua.htm.

Hidritec. 2013. Hidritec. [En línea] 2013.

<http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-agua-potable-con-ozono>.

<http://zagan.unizar.es/record/31494/files/TAZ-TFG-2014-2059.pdf>. [En línea]

José Antonio, Jiménez Romo. 2011. *Guía práctica de calificación ambiental. Proyectos de ingeniería hidráulica y gestión de agua.* 2011.

Junta Castilla y León. 2009. *Manual de tratamientos del agua de consumo humano.* 2009.

Junta de Castilla y León. 2015. Instituto Geológico y Minero de España. [En línea] 2015.

http://www.igme.es/aguas_minerales/inventarios/CastillaLeon/WEB%20CyL.htm.

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. 2015. Ficha técnica de la presa Del Real. 2015.

Orenes, Fuensanta García. 1996. [En línea] 1996.

[file:///C:/Users/vitis_000/Downloads/Garc%C3%ADa%20Orenes,%20Fuensanta%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/vitis_000/Downloads/Garc%C3%ADa%20Orenes,%20Fuensanta%20(1).pdf).

Parkson, Treating Water Right. Filtro de flujo continuo, ascendente y medio granular.
[En línea] <http://www.parkson.com/sites/default/files/documents/document-dynasand-brochure-spanish-429.pdf>.

Servicio de Aguas de Misiones, SAMSA. 2000. *Proceso de potabilización del agua.*
2000.

Sodimate. Tratamiento de aguas. [En línea]
<http://www.sodimateiberica.com/tratamiento-de-agua/>.

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO 1. CÁLCULOS DE PROCESO DE LA E.T.A.P.

Se justifican los cálculos del proceso de tratamiento de la E.T.A.P. Primero se realiza la descripción de la línea de tratamiento y en segundo lugar la justificación de los procesos.

Descripción de la línea de tratamiento.

A continuación se describe la línea de tratamiento seleccionada siguiendo las etapas de tratamiento de agua y del fango.

Línea de agua.

- Pre-oxidación: Preozonización y dosificación H_2O_2 .
 - Con generador de ozono de reserva para la capacidad media prevista. Compuesto por un generador de ozono de capacidad de 1,32 Kg O_3/h .
 - Un destructor de ozono en gas de escape
 - Dosificación de peróxido de hidrógeno
- Adsorción.
 - Cuba de preparación automática de lechada en continuo con capacidad de 50 litros.
 - Un silo de carbón activo en polvo de 1 m³.
 - Un Rompebóvedas con caudal dosificación de 20 Kg/h.
- Coagulación.
 - Un tanque de mezcla rápida con sistema de agitación sumergible del tipo hélice.
 - Un silo de sulfato de alúmina líquido de 1500 litros.
 - Una bomba de membrana mecánica para la dosificación, con un caudal de 4,5 l/h.
- Flocculación.
 - Un grupo automático de preparación con capacidad de 130 l.
- Decantación.
 - Un decantador lamelar. Con un concentrador de fangos en solera en la zona de alimentación, con su correspondiente válvula automática de purga.
 - Un bloque lamelar, de conductos tubulares continuos con una inclinación de 60°
 - Una bomba de recirculación de fangos desde el decantador al flocculador.

- Filtración.
 - Una bomba monocelular horizontal.
 - Un filtro abierto de lavado en continuo con una velocidad de filtración de 13,6 m/h.
- Desinfección.
 - Equipo de desinfección mediante rayos UV, compuesto por lámparas de baja presión con una transmisión a 250 nm.

Línea de fangos.

- Espesamiento de fangos.
 - Dos bombas sumergibles (una en reserva) con un caudal unitario de 1 m³/h.
 - Espesador de gravedad con una capacidad de 5 m³/h al 1% M.S.
- Deshidratación de fangos.
 - Un grupo automático para la preparación de reactivo de 450 l/h.
 - Una bomba de tornillo helicoidal de 3,5 m³/h.
 - Centrifuga de 3m³/h al 3,5% MS
- Almacenamiento de fangos.
 - Un tornillo helicoidal de 2 m³/h.
 - Un silo de almacenamiento de fangos con capacidad de 2 m³/h.

Cálculo de los procesos.

Caudales de diseño de la E.T.A.P

A1.1. Caudales de diseño.

Caudal de diseño (m ³ /h)	60
Caudal de diseño (l/s)	16,2

Preozonización del agua bruta

Necesidades de ozono

A1.2. Necesidades de Ozono

Caudal de diseño (m ³ /h)	60
Dosis (mg/l)	1,5
Cantidad de O ₃ necesaria (Kg/h)	0,09
Concentración de Ozono (g/m ³)	148
Cantidad de gas necesaria (m ³ /h)	0,61

Sistema de difusión

A1.3. Sistema de difusión de ozono.

Tipo	Difusores cerámicos
Caudal mín. por difusor (m ³ /h)	0,35
Difusores necesarios por línea	1,71
Difusores adoptaos	3
Caudal por difusor (m ³ /h)	0,1

Generador de ozono

A1.4. Diseño generador de ozono

Caudal (m ³ /h)	60
Dosis (mg/l)	1,5
Demanda ozonización (kg/h)	0,09
Capacidad adoptada del generador (Kg/h)	1,32

Gas de alimentación	Oxígeno líquido
Concentración de ozono (g/Nm ³)	148
Caudal necesario	0,61
Caudal de gas de generación (Nm ³ /h)	8,92
Consumo de oxígeno líquido (Kg/h)	0,82
Densidad del Oxígeno líquido (Kg/l)	1,14
Consumo de oxígeno líquido (l/h)	0,72

Dosificación de agua oxigenada

A1.5. Dosificación H₂O₂

Caudal total (m ³ /h)	60
Dosis (gr/m ³)	1
Funcionamiento previsto (h/día)	24
Riqueza producto comercial (Kg/l)	0,6
Riqueza producto comercial (%p/p)	50
Densidad producto comercial (Kg/l)	1,2

Consumo producto comercial**A1.6. Consumo H₂O₂**

Dosis horaria del reactivo (Kg/h)	0,06
Dosis horaria producto comercial (Kg/h)	0,12
Dosis horaria producto comercial (l/h)	0,1

Tanque de almacenamiento del Peróxido de hidrógeno**A1.7. Tanque de almacenamiento H₂O₂**

Consumo día producto comercial (Kg/d)	2,88
Consumo día producto comercial (l/d)	2,4
Reserva teórica (Días)	15
Volumen unitario necesario (l)	36

Adsorción**A1.8. Diseño adsorción.**

Caudal de diseño (m ³ /h)	60
Dosis prevista (mg/l)	10
Consumo de reactivo (kg/h)	0,6

Preparación (Carbón activo en polvo)**A1.9. Preparación carbón activo en polvo.**

Tipo de preparación	En continuo
Densidad carbón activo (g/cm ³)	0,4
Concentración de la disolución (%)	1%
Consumo de disolución (l/h)	60

Almacenamiento

A1.10. Almacenamiento carbón activo en polvo.

Consumo de reactivo (Kg/día)	14,4
Días de almacenamiento	15
Capacidad del silo (Kg)	216
Capacidad necesaria (m ³)	0,54

Dosificación del coagulante.

A1.11. Dosificación Sulfato de alúmina.

Caudal de cálculo (m ³ /h)	60
Dosis prevista (gr/m ³)	35
Funcionamiento previsto (h/día)	24

Datos producto comercial

A1.12. Datos sulfato de alúmina.

Producto comercial	Sulfato de Alúmina
Apariencia	Líquido ámbar
Riqueza en AL ₂ O ₃ (%)	8,80
Riqueza (kg/l)	0,65
Riqueza (% m/m)	48,00
Densidad a 15,5 ° (kg/l)	1,32
Viscosidad (°E)	21
Punto de congelación (°C)	-15

Consumo producto comercial (Sulfato de alúmina)

A1.13. Consumo de sulfato de alúmina.

Dosis horaria reactivo (kg/h)	2,1
Dosis horaria producto comercial (kg/h)	4,38
Dosis horaria producto comercial (l/h)	3,31
Consumo día producto comercial (Kg/d)	105
Consumo día producto comercial (l/d)	79,55

Tanque de almacenamiento

A1.14. Tanque de almacenamiento del sulfato de alúmina.

Reserva teórica (Días)	15
Volumen total necesario (l)	1193,18
Volumen adoptado (l)	1500

Dosificación floculante.

A1.15. Dosificación Floculante.

Caudal de cálculo (m^3/h)	60
Dosis prevista (gr/m^3)	2
Funcionamiento previsto (h/día)	24

Datos producto comercial

A1.16. Datos almidón modificado.

Producto comercial	Almidón modificado
Riqueza (%)	100%
Densidad (kg/l)	0,55

Consumo producto comercial (Almidón modificado)

A1.17. Consumo de almidón modificado.

Dosis horaria del reactivo (Kg/h)	0,12
Consumo al día del producto (Kg/d)	2,88
Concentración de dosificación (%p/v)	0,2
Consumo al día de la dilución (l/d)	1440

Decantación

A1.18. Diseño decantación.7

Caudal (m^3/h)	60
Porcentaje de recirculación adoptado (%)	10
Caudal de recirculación necesario (m^3/h)	6
Caudal máximo (m^3/h)(con recirculación de fangos)	66
Superficie de decantación (m^2)	13,2

Filtración

Caudal de diseño (m^3/h)	60
--	----

Dimensiones del filtro

A1.19. Dimensionamiento del filtro.

Longitud total (m)	2,34
Ancho (m)	2,34
Superficie unitaria (m^2)	4,4
Velocidad de filtración ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	13,6

Desinfección

A1.20. Desinfección.

Caudal de diseño (m^3/h)	60
Funcionamiento previsto (h/día)	24
SS max (mg/l)	10
Turbidez % (U.N.F.)	<1
Dosis mínima UV (mJ/cm^2)	>40
Sistema	En tubería
Tipo de lámpara	Media o baja presión

Producción total de fangos.

Datos para calcular la producción de fangos

A1.21. Datos para producción de fangos.

Caudal de cálculo (m ³ /h)	60
SS en agua bruta (mg/l)	25,00
Rendimiento de la decantación (%)	95,00
SS retenidos (mg/l)	23,75
Dosis de sulfato de alúmina (mg/l)	35,00
Color (Allen Hazen)	2,00
Dosis carbón activo (mg/l)	10,00

Producción total de fangos

A1.22. Producción total de fangos.

Producción de fangos (kg/h)	2,25
Concentración (%)	1,00
Volumen de fangos (m ³ /h)	0,225
Funcionamiento máximo previsto (h/día)	24
Producción de fangos (kg/día)	54
Volumen de fangos (m ³ /día)	5,4

Espesamiento de fangos.**A1.23. Dimensionamiento espesador.**

Fangos a espesamiento (Kg/día)	54
Concentración salida decantación (kg/m ³)	10
Caudal medio (m ³ /día)	5,4
Horas funcionamiento (h/día)	3
Concentración fangos salida (Kg/m ³)	35
Caudal de fangos salida (m ³ /día)	1,54
Volumen sobrenadantes (m ³ /día)	3,86

Deshidratación de fangos**Acondicionamiento químico de fangos a deshidratación****A1.24. Acondicionamiento de fangos.**

Reactivo a utilizar	Polielectrolito (Polvo)
Dosis sobre materia seca (%)	0,8
Fangos a acondicionar (Kg/día)	54
Horas de funcionamiento diarias	3
Caudal horario de fangos (Kg/h)	18
Consumo de floculante (Kg/día)	0,43

Deshidratación de fangos**A1.25. Deshidratación de fangos.**

Fangos a deshidratación (Kg/día)	54
Concentración de fangos (Kg/m ³)	35
Caudal a deshidratación (m ³ /día)	1,54
Horas de funcionamiento	3
Caudal horario de fangos (m ³ /h)	0,51

Almacenamiento de fangos**A1.26. Almacenamiento de fangos.**

Días de almacenamiento	7
Volumen requerido (m ³)	1,89
Volumen adoptado (m ³)	2

ANEXO 2. PRESUPUESTO

Línea de agua.

- Pre-oxidación: Preozonización y dosificación H₂O₂.
 - Generador de ozono marca OXICOM, modelo CFV 02, montado en Skid y probado antes del envío para una producción máxima unitaria de 1,32 Kg/h, con una concentración del 10% de ozono en oxígeno.
 - **85.748,96 €, OCHENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS.**
 - Bomba dosificadora de Peróxido de Hidrogeno con una capacidad de 2,5 l/h.
 - **1.158,19 €, MIL CIENTO CINCUENTA Y OCHO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS.**
- Adsorción.
 - Equipo de almacenamiento y dosificación de Carbón Activo en polvo, de la marca SODIMATE, compuesto por el rompebóvedas DDS 400, silo de 1 m³, cuba de preparación y 3 bombas.
 - **82.865,57 €, OCHENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS.**
- Coagulación.
 - Depósito de almacenamiento de sulfato de alúmina con capacidad para 1500 litros.
 - **2.573,20 €, DOS MIL QUINIENTOS SETENTA Y TRES EUROS con VEINTE CÉNTIMOS.**
 - Una bomba de membrana mecánica para la dosificación, con un caudal de 4,5 l/h, de la marca MILTON ROY.
 - **390,37 €, TRESCIENTOS NOVENTA EUROS con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS**
 - Agitador sumergible para la cámara de coagulación, marca MILTON ROY.
 - **6.928,04 €, SEIS MIL NOVECIENTOS VEINTIOCHO EUROS con CUATRO CÉNTIMOS**
- Flocculación.
 - Un grupo automático de preparación de flocculante (almidón).
 - **8.991,24 €, OCHO MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y UN EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS.**
 - Agitador sumergible para la cámara de flocculación, marca MILTON ROY.
 - **4.671,86 €, CUATRO MIL SEISCIENTOS SETENTA Y UN EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS.**

- Decantación.
 - Lamelas en paquete prefabricado autoportantes, marca CHARIFLUS, con conductos tubulares continuos de poliestireno rígido atóxico.
 - **32.472,43 €, TREINTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y DOS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.**
- Filtración.
 - Una bomba monocelular horizontal para impulsar agua decantada a filtros.
 - **1.432,94 €, MIL CUATROCIENTOS CON TREINTA Y DOS EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**
 - Un filtro abierto de lavado en continuo con una velocidad de filtración de 13,6 m/h.
 - **53.557,66 €, CINCUENTA Y TRES MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS.**
- Desinfección.
 - Equipo de desinfección mediante rayos UV, compuesto por lámparas de baja presión con una transmisión a 250 nm.
 - **142.687,28 €, CIENTO CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS.**

Línea de fangos.

- Espesamiento de fangos.
 - Dos bombas sumergibles (una en reserva) con un caudal unitario de 1 m³/h.
 - **698,65 €, SEISCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.**
 - Espesador de gravedad con una capacidad de 5 m³/h al 1% M.S.
 - **20.450,60 €, VEINTE MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA EUROS con SESENTA CÉNTIMOS.**
- Deshidratación de fangos.
 - Un grupo automático para la preparación de reactivo de 450 l/h.
 - **7.631,68 €, SIETE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y UN EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.**
 - Una bomba de tornillo helicoidal de 3,5 m³/h.
 - **5.054,44 €, CINCO MIL CINCUENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**
 - Centrifuga de 3m³/h al 3,5% MS
 - **54.554,22 €, CINCUENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con VEINTIDOS CÉNTIMOS.**

- Almacenamiento de fangos.
 - Un tornillo helicoidal de 2 m³/h.
 - **5.693,57 €, CINCO MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS.**
 - Un silo de almacenamiento de fangos con capacidad de 2 m³/h.
 - **16.030,68 €, DIECISEIS MIL TREINTE EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.**

Automatismos y control de procesos

- Medidor de la conductividad en tubería.
 - **3.277,66 €, TRES MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS**
- Medidor de pH en balsa, marca ENDRESS HAUSSER.
 - **2.002,43 €, DOS MIL DOS EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.**
- Turbidímetro.
 - **3.745,35 €, TRES MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS.**
- Medidor de caudal ultrasónico, marca DigitalFlow™.
 - **3.512,91 €, TRES MIL QUINIENTOS DOCE EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS.**
- Medidor de caudal electromagnético, marca KROHNE.
 - **1.230,88 €, MIL DOSCIENTOS TREINTA EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS.**
- Medidor de nivel de fangos, marca MILTRONICS, de tipo ultrasónico.
 - **5.944,56 €, CINCO MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS.**
- Autómata programable tipo ONROM.
 - **15.633,30 €, QUINCE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS con TREINTA CÉNTIMOS.**
- Cuadro control de motores (CCM1).
 - **43.228,81 €, CUARENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS VEINTIOCHO EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS.**

A continuación se muestra una tabla resumen del presupuesto de los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de potabilización del agua. Los precios incluyen los equipos auxiliares necesarios, pruebas de funcionamiento y la instalación.

A2.1. Resumen presupuesto.

Línea de agua	423.477,74 €
Línea de fangos	110.104,84 €
Automatismos y control de procesos	78.575,9 €
Total	612.15,48 €

ANEXO 3. MARCO LEGISLATIVO

Para asegurar un correcto proceso de depuración del agua bruta a tratar y con el fin de suministrar un agua de calidad a la población, se cumplirá la legislación aplicable al campo de suministro de agua potable. Se tendrán en cuenta los siguientes documentos.

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

El presente Real decreto será de aplicación a las aguas definidas en el artículo 2.1. del mismo(BOE, 2003 p.2).

- Todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados.
- Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la

limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos

- Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.

No estarán incluidas en el ámbito de aplicación de este Real Decreto aquellas aguas que se rijan por (BOE, 2003):

- Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercia de aguas de bebida envasadas.
- Ley 25/1990, de 20 de diciembre, Medicamentos.
- Real Decreto Ley 743/1928, de 25 de abril, que aprueba el Estatuto, sobre la explotación de manantiales de aguas mineromedicinales.

El agua a tratar para poder ser apta para el consumo humano deberá cumplir unos criterios de calidad (BOE, 2003 p.5)

“El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia. A efectos de este Real Decreto, un agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I”.

A3.1.Parte A. Parámetros microbiológicos.

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
1. Escherichia coli	0 UFC en 100 ml	
2. Enterococo	0 UFC en 100 ml	
3. Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	0 UFC en 100 ml	1 y 2

A3.2. Parte B.1. Parámetros químicos.

Parámetro	Valor paramétrico	Notas			
4. Antimonio	5,0 µg/l		Red de distribución	0,5 mg/l	
Hasta el 31/12/2003	10,0 µg/l		En la salida de la ETAP/depósito 0,1 mg/l	0,1 mg/l	
5. Arsénico	10 µg/l		22. Total de plaguicidas	0,50 µg/l	5 y 6
Hasta el 31/12/2003	50 µg/l		23. Plaguicida individual	0,10 µg/l	6
6. Benceno	1,0 µg/l		Excepto para los casos de:		
Hasta el 31/12/2003	- µg/l		Aldrín	0,03 µg/l	
7. Benzo(o)pireno	0,010 µg/l		Dieldrín	0,03 µg/l	
8. Boro	1,0 mg/l		Heptacloro	0,03 µg/l	
9. Bromato:		1	Heptacloro epóxido	0,03 µg/l	
A partir de 01/01/2009	10 µg/l		24. Plomo:		
De 01/01/2004 a 31/12/2008	25 µg/l		A partir de 01/01/2014	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	- µg/l		De 01/01/2004 a 31/12/2013	25 µg/l	
10. Cadmio	5,0 µg/l		Hasta el 31/12/2003	50 µg/l	
11. Cianuro	50 µg/l		25. Selenio	10 µg/l	
12. Cobre	2,0 mg/l		26. Trihalometanos (THMs): Suma de:		7 y 8
13. Cromo	50 µg/l		A partir de 01/01/2009	100 µg/l	
14. 1,2-Dicloroetano	3,0 µg/l		De 01/01/2004 a 31/12/2008	150 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	- µg/l		Hasta el 31/12/2003	- µg/l	
15. Fluoruro	1,5 mg/l		Bromodiclorometano	µg/l	
16. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	0,10 µg/l		Bromoformo	µg/l	
Suma de:			Cloroformo	µg/l	
Benzo(b)fluoranteno	µg/l		Dibromoclorometano	µg/l	
Benzo(ghi)perileno	µg/l		27. Tricloroetano + Tetracloroetano	10 µg/l	
Benzo(k)fluoranteno	µg/l		Hasta el 31/12/2003	- µg/l	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/l		Tetracloroetano	µg/l	
17. Mercurio	1,0 µg/l		Tricloroetano	µg/l	
18. Microcistina	1 µg/l	2			
Hasta el 31/12/2003	- µg/l				
19. Níquel	20 µg/l				
Hasta el 31/12/2003	50 µg/l				
20. Nitrato	50 mg/l	3			
21. Nitritos:		3 y 4			

A3.3. Parte B.2. Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto.

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
28. Acilamida	0,10 µg/l	1
29. Epiclorhidrina	0,10 µg/l	1
30. Cloruro de vinilo	0,50 µg/l	1

Este Real Decreto también aborda a las sustancias utilizadas para el tratamiento de agua potable. Establece que cualquier sustancia que se añada al agua de consumo humano deberá cumplir con la norma UNE-EN correspondiente para cada producto y vigente en cada momento. En nuestro caso las sustancias utilizadas están afectadas por los requisitos contemplados en el Reglamento (CE) nº. 1907/2006 relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos (BOE, 2003).

A3.4. Parte A. Sustancias destinadas al tratamiento de agua de consumo humano.

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
1405	Almidon modificado	Almidón, Floculante de almidón	9005-25-8 (almidón no-iónico). 56780-58-6 (almidón catiónico). 9063-38-1 (almidón aniónico).	232-679-6 (almidón no-iónico)	Coagulate/floculante		
12903	Carbón activo en polvo	Carbón activo, carbón activado, carbón vegetal activo.	7440-44-0	231-153-3	Adsorbente.		
1278	Ozono		10028-15-6	-	Ozonización	Bromato con niveles < VP y control de otros subproductos.	Uso exclusivo para la ozonización del agua de consumo. Se recomienda que tras la ozonización se instale una unidad de carbono activo granulado.
878	Sulfato de aluminio.	Sulfato de aluminio, sulfato de alúmina.	10043-01-3 16828-11-8 7784-31-8	233-135-0	Coagulante/floculante.	El sulfato y el aluminio con niveles < VP	

*Nota 2: Según disponga la Autoridad sanitaria competente.

VP: Valor paramétrico conforme el anexo 1 del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

En lo referente al tratamiento de potabilización del agua de consumo humano, se debe garantizar que no se transmitirá al agua sustancias o propiedades que contaminen o degraden su calidad y supongan el incumplimiento de los requisitos mostrados anteriormente (Tablas 26, 27, 28). También se debe garantizar que los aparatos de tratamiento de aguas no transmitan al agua sustancias, gérmenes o propiedades indeseables o perjudiciales para la salud.

Este Real Decreto también estipula la frecuencia con la que se realizaran muestras de calidad. (BOE, 2003 p.12).

“La frecuencia mínima de muestreo para el análisis de control y el análisis completo se llevarán a cabo según lo especificado en el anexo V”

A3.5. Número mínimo de muestras para el agua de consumo humano a la salida de la ETAP.

Volumen de agua tratada por día en m ³	Número mínimo de muestras al año
<100	1
>100 - <1.000	2
>1.000	2 por cada 1.000 m ³ /día y fracción del volumen total