



ANEJO 1. MEMORIA DEL PROYECTO DE OBRAS EJECUTADAS DE LA PLANTA PILOTO DE ETXEBARRI

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES.....	4
2.	SOLUCIÓN PROPUESTA.....	5
2.1.	ESTADO PREVIO A LAS OBRAS	5
2.2.	SOLUCIÓN ADOPTADA	5
3.	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	6
3.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS	6
3.2.	UBICACIÓN.....	7
3.3.	ORIGEN DEL AGUA.....	8
3.4.	CAPTACIÓN DE AGUA BRUTA	8
3.5.	PRE-OXIDACIÓN	11
3.5.1.	Dióxido de cloro (ClO ₂).....	11
3.5.2.	Cloro gas (Cl ₂ gas).....	12
3.5.3.	Permanganato potásico (KMnO ₄)	14
3.5.4.	Ozono (O ₃).....	14
3.6.	CÁMARA DE MEZCLA	18
3.7.	DECANTACIÓN	19
3.8.	FILTRACIÓN DE ARENA	20
3.8.1.	Funcionamiento del filtro.....	22
3.9.	EQUIPOS DE LAVADO DE FILTROS.....	23
3.9.1.	Depósito de agua filtrada	24
3.9.2.	Bombeo de agua filtrada	24
3.10.	TRATAMIENTO DE OXIDACIÓN/OXIDACIÓN AVANZADA.....	26
3.10.1.	Oxidación mediante dosificación de ozono.....	26
3.10.2.	Oxidación avanzada	28
3.10.2.1.	Ultravioleta.....	29
3.10.2.2.	Peróxido de Hidrógeno	29
3.11.	FILTRACIÓN DE CARBÓN ACTIVO GRANULAR.....	30
3.12.	DESINFECCION FINAL	33
3.12.1.	Dióxido de cloro (ClO ₂)	33
3.12.2.	Cloro gas (Cl ₂ gas).....	33
3.13.	DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS.....	34
3.13.1.	Coagulante.....	34
3.13.2.	Floculante	35
3.13.3.	Permanganato potásico.....	35
3.13.4.	Carbón activo en polvo (CAP)	35
3.13.5.	Hidróxido Sódico	36

3.14.	INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO	37
3.15.	SERVICIOS AUXILIARES	38
3.15.1.	Agua de servicios	39
3.15.2.	Agua potable.....	39
3.15.3.	Aire de servicios	39
3.15.4.	Red de drenajes y saneamiento.....	40
3.15.5.	Laboratorio	41
3.16.	INSTALACIONES ELECTRICIDAD Y CONTROL	41
3.16.1.	Instalaciones eléctricas	41
3.16.1.1.	Introducción	41
3.16.1.2.	Normativa aplicable	43
3.16.1.3.	Acometida eléctrica.....	43
3.16.1.4.	Cuadros de Baja Tensión	44
3.16.1.5.	Cableado de Baja Tensión	45
3.16.1.6.	Canalizaciones eléctricas	46
3.16.1.7.	Iluminación de la planta piloto	47
3.16.1.8.	Cálculo de compensación de energía reactiva	47
3.16.1.9.	Puesta a tierra.....	47
3.16.1.10.	Ventilación y aire acondicionado	48
3.16.2.	Instrumentación y control	48
3.16.2.1.	Descripción del equipamiento de electricidad y control	48
3.16.2.2.	Dimensionamiento del sistema de control.....	51
3.16.2.3.	Instrumentación	51
3.16.2.4.	Cableado de instrumentación y control.....	52
4.	PLAZO DE EJECUCIÓN.....	54
5.	PLAZO DE GARANTÍA	55
6.	CERTIFICACIÓN FINAL	56
7.	DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO	57
8.	CONSIDERACIONES FINALES.....	58

1. ANTECEDENTES

El Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia (CABB) cuenta con una concesión otorgada por la Confederación Hidrográfica del Norte, para captar un caudal de agua del Río Nervión en periodos de sequía o insuficiencia de suministro del sistema del Zadorra. En ese caso, el agua de alimentación a la segunda fase de la ETAP de Venta Alta será de esta procedencia y ha sido necesario el estudio del comportamiento de las instalaciones existentes ante el cambio de calidad del agua de alimentación.

El objeto de las obras objeto del presente Proyecto ha sido llevar a cabo el diseño, la construcción y la explotación durante un año (ampliable a 6 + 6 meses) de una planta piloto ubicada en el tanque de tormentas de Etxebarri, donde está localizada la captación de agua del bombeo del Río Nervión en Bolueta. Con esta planta se han simulado las condiciones de operación de la citada segunda fase de la ETAP de Venta Alta.

El objetivo final ha sido ensayar a escala piloto el comportamiento que tendría la segunda fase de la ETAP ante un cambio en la calidad del influente, a fin de cumplir con la legislación vigente adecuando sus instalaciones al tratamiento de los nuevos parámetros detectados en el agua bruta y atendiendo al cumplimiento del RD 140/2003 donde se establecen los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo y a las Guías de calidad del agua potable establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Así mismo se han tenido en cuenta los estándares de calidad establecidos por parte de la Comisión Europea para las Substancias Prioritarias, sustancias preferentes y clorofila-fitoplancton-biotoxinas, para aguas que se vayan a utilizar para producción de agua potable en base a lo establecido en la Directiva Marco del Agua (2000/60/EC).

A este respecto, las obras que se han ejecutado han tenido en cuenta tanto el diseño requerido para simular la línea de proceso actual de la segunda fase de Venta Alta, como el diseño de nuevas líneas de proceso y/o de estudio para complementar las existentes en la ETAP, a fin de garantizar el total cumplimiento de los parámetros de calidad del agua tratada según lo expuesto en los párrafos anteriores cuando se ve modificada la calidad del agua de alimentación.

Como un objetivo adicional de estas obras, se han ejecutado de tal forma que la planta piloto sea fácilmente desmontable y transportable a otras posibles localizaciones para continuar su estudio (en la propia ETAP de Venta Alta, por ejemplo). Desde este punto de vista se ha subdividido la planta en diferentes módulos de tamaño contenedor de 20 pies, transportables, contando cada uno de ellos con conexiones rápidas para proceso y para instrumentación y control. Todas las instalaciones se han ejecutado apoyadas sobre la estructura de cada módulo, de tal forma que se puede transportar en conjunto. Además, se ha completado con cuatro (4) casetas prefabricadas de 20 pies que contienen las instalaciones anexas necesarias para el funcionamiento de la planta en cualquier otro emplazamiento.

Las presentes obras tienen los antecedentes administrativos que se citan a continuación:

- PRESUPUESTO DE LICITACION: 1.430.000,00 € (IVA excluido)
- PRESUPUESTO DE ADJUDICACION: 1.004.669,09 € (IVA excluido)
- CONTRATISTA ADJUDICATARIO: CADAGUA S.A
- FECHA DE ADJUDICACION: 16 de noviembre de 2016
- PLAZO: 8 meses
- COMIENZO DE PLAZO OBRA: 03 de octubre de 2017
- FIN DE PLAZO INICIAL: 17 de mayo de 2018
- ACTA RECEPCIÓN: 6 de agosto de 2018

2. SOLUCIÓN PROPUESTA

2.1. ESTADO PREVIO A LAS OBRAS

El Tanque de Tormentas de Etxebarri es una instalación de saneamiento, propiedad del CABB, que se encuentra en explotación. Anexa a dicha instalación de saneamiento, se encuentra otra instalación de abastecimiento perteneciente también al Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia, que es la Estación de Bombeo y Turbinado de Bolueta.

La ETAP de Venta Alta, actualmente se encuentra finalizando la remodelación de la 1ª fase y se prevé acometer la remodelación de la 2ª fase.

La planta piloto de Etxebarri se pretende utilizar para experimentar y definir las mejoras a realizar en la segunda fase de Venta Alta para poder tratar agua del río Nervión, en caso de que fuese necesario.

2.2. SOLUCIÓN ADOPTADA

La planta piloto ejecutada se localiza en uno de los parkings de la cota superior del Tanque de Tormentas de Etxebarri, a la cota +30. Esta instalación se encontraba finalizada y en explotación, por lo que no ha supuesto interferencias con las obras de la planta piloto.

Respecto a la instalación de abastecimiento anexa, propiedad del CABB, el Bombeo y Turbinado de Bolueta, se encuentra ejecutado, habiendo finalizado las obras en junio de 2018. La Obra de Toma de dicha instalación de Bombeo y Turbinado es donde se localiza el bombeo de agua bruta y resto de equipos requeridos para la captación del agua bruta de la planta piloto.

El objeto de la obra ejecutada, como ya se ha comentado, es estudiar la línea de tratamiento de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta y sus posibles o necesarias modificaciones a fin de tratar el agua procedente del Río Nervión.

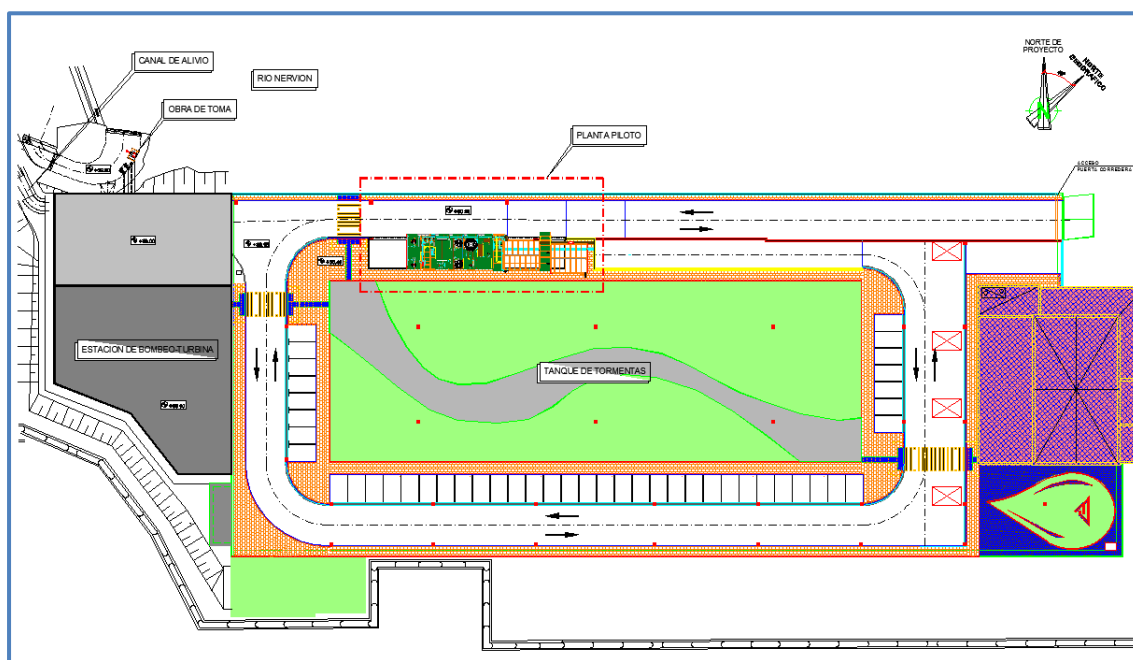


Fig. 1. Localización instalaciones

3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS

La planta piloto se ubica en uno de los parkings de la cota +30 del tanque de Tormentas de Etxebarri, junto a la entrada del Edificio de Bombeo y Turbinado.

Esta planta se ha diseñado con un concepto modular, de forma que es desmontable y transportable para su montaje in situ como para su traslado a otra localización para continuar con estos estudios. Para esto se ha separado en seis Módulos de estructura metálica conteniendo las diferentes etapas del proceso y que se conectan entre sí de forma sencilla, contando cada Módulo con conexiones rápidas para proceso, así como para electricidad/control.

Todas las instalaciones/equipamiento se han diseñado apoyadas sobre la estructura de cada Módulo, que a su vez están provistos de 4 orejetas de elevación, de tal forma que se puede transportar en su conjunto.

Además, cuenta con cuatro casetas prefabricadas del mismo tamaño que los módulos (5,9 m x 2,35 m) donde se localiza el resto de las instalaciones auxiliares que completan la planta. Estas casetas poseen en sus cuatro esquinas superiores e inferiores integrados anclajes estándar que permiten su elevación y manipulación.

Desde el punto de vista de proceso, esta planta permite hacer pruebas empíricas con diferentes tecnologías para estudiar y optimizar el tratamiento de potabilización del agua del río Nervión y aplicarlo o implementar las medidas necesarias en la 2ª Fase de la ETAP de Venta Alta.

Para este pilotaje se ha contado con un caudal máximo de agua bruta de 240 m³/d procedente de la captación del río Nervión a su paso por el canal de la obra de toma del Bombeo y Turbinado de Bolueta. En este canal se han instalado las bombas sumergibles que alimentan a la Planta Piloto.

El agua captada se bombea hasta las cámaras de pre-ozonización, , y desde éstas va por gravedad hasta aguas abajo de los filtros de arena de forma que se garantiza que no se rompe el flóculo formado aguas arriba. De nuevo se bombea hasta las siguientes cámaras de post-ozonización y de ahí, de nuevo, va por gravedad hasta el depósito de agua tratada.

Para el diseño de esta Planta Piloto se siguió la línea de tratamiento de la 2ª fase de la ETAP Venta Alta, añadiendo también nuevos procesos que permiten optimizar el pilotaje de cara a garantizar la calidad del agua producto en la extrapolación a la ETAP.

La línea de tratamiento cuenta con los siguientes procesos:

- Filtración y captación del agua bruta.
- Dosificación de reactivos para desinfección/pre-oxidación (permanganato potásico, cloro gas, dióxido de cloro, ozono y peróxido de hidrógeno).
- Cámara de mezcla-coagulación y dosificación de Hidróxido Sódico para ajuste de pH. Como coagulantes se emplearán sulfato de alúmina o policloruro de aluminio.
- Dosificación de reactivos (permanganato potásico, floculante (almidón o polidam), cloro gas, dióxido de cloro, CAP) para oxidación y floculación.
- Decantador Accentrifloc.
- Filtración de Arena.
- Oxidación/Oxidación avanzada mediante Post-Ozonización y/o dosificación de Peróxido de Hidrógeno y/o Ultravioleta.
- Filtración con Carbón Activo.
- Depósito de Agua Tratada y acondicionamiento químico para cumplimiento del RD 140/2003.

3.2. UBICACIÓN

La Planta Piloto se ha instalado en el tanque de tormentas de Etxebarri, propiedad del CABB, en la parte superior del mismo situada a la cota +30.

Dicha ubicación supone que las instalaciones estén en intemperie, en un área de aparcamiento cercana a la entrada al edificio de bombeo. Con esta localización se han reducido los riesgos asociados a almacenamientos químicos, trabajos con gases y zonas ATEX, y se ha eliminado la restricción en altura para los equipos instalados ya que se han facilitado las labores de montaje.

La superficie disponible para la misma ha sido de 38 metros de largo y 6,90 metros de ancho.

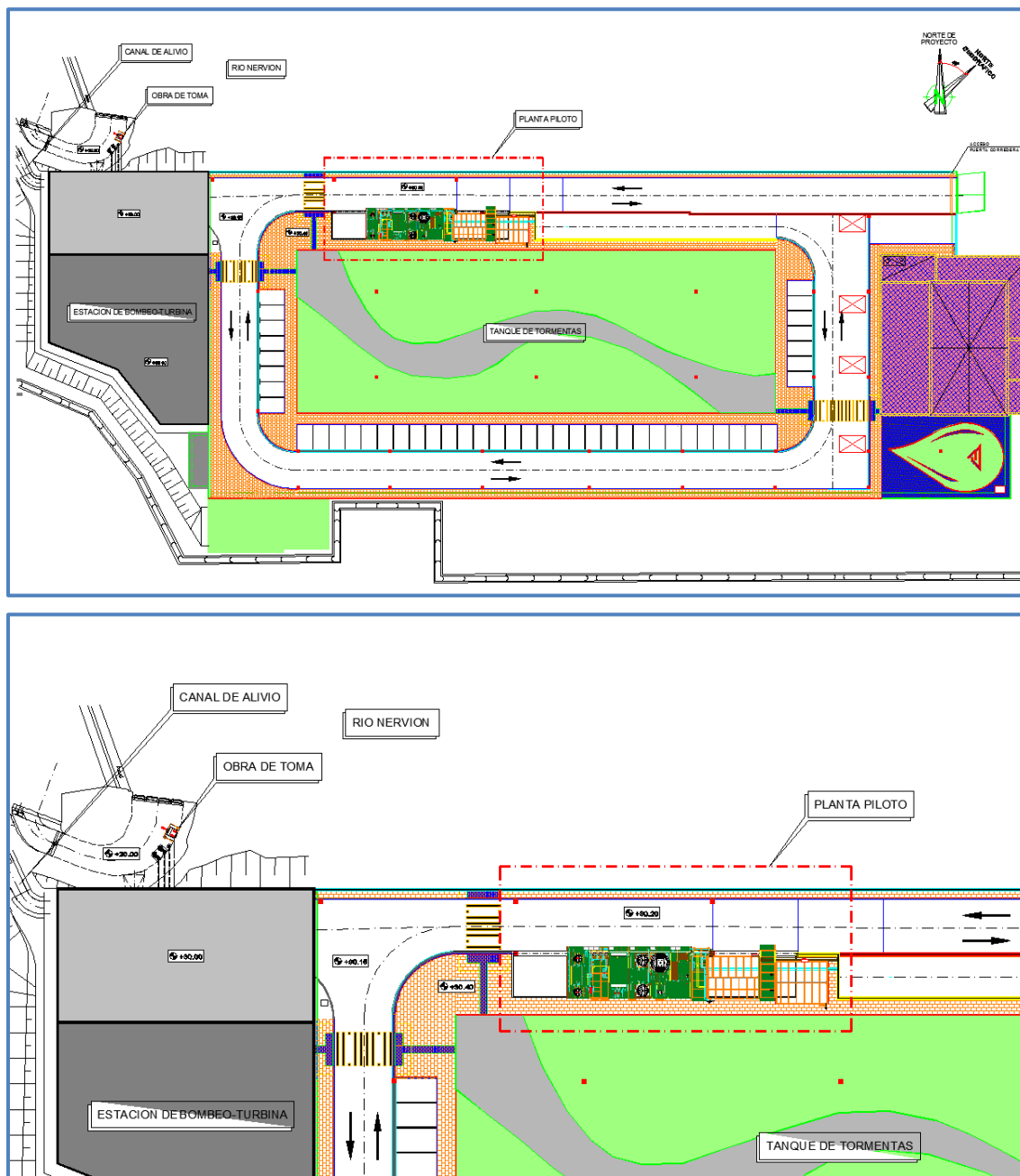


Fig. 2. Localización en tanque de tormentas, cota + 30

3.3. ORIGEN DEL AGUA

El origen del agua es el procedente del Río Nervión a su paso por Bolueta.



Fig. 3. Captación del río Nervión

La captación de río Nervión a su paso por Bolueta está situada junto a la presa del mismo nombre, una vez ha confluído con las aguas que le llegan del Río Ibaizabal. Esta captación se realiza mediante la obra de toma del Bombeo de Bolueta, dotada de unas rejillas de 100 mm de paso.

Para captar el agua del río Nervión que va a la Planta Piloto se han instalado dos bombas sumergibles (1+1R) en el canal de la obra de toma del Bombeo y Turbinado.

Además del agua procedente del río Nervión, se dispone de una segunda posibilidad de llegada de agua desde el sistema del Zadorra a través de una conexión con el alivio de Venta Alta, mediante un picaje en la tubería de llegada a turbinado con válvula reductora de presión y válvulas de compuerta de aislamiento. Dicha conexión se localiza en el edificio de Bombeo y Turbinado de Bolueta.

3.4. CAPTACIÓN DE AGUA BRUTA

El agua a tratar procedente del río Nervión se capta desde el propio canal mediante 2 bombas sumergibles (1 + 1R) de caudal variable entre 5-10 m³/h a 25 m.c.a.

Dichas bombas se han instalado dentro de una cámara de protección equipada en el exterior con un filtro autolimpiante de 6 mm de luz e interiormente, con brida y válvula para permitir el vaciado y equilibrado de presiones durante las operaciones de llenado/vaciado. El filtro permite limitar el tamaño de sólido de entrada a la cámara de aspiración de las bombas y el paso es igual al existente en Venta Alta.

Este filtro autolimpiante se limpia mediante aire a contracorriente. A este fin, se ha instalado un compresor en el laboratorio del Edificio de Bombeo y Turbinado de Bolueta desde el que se alimenta al filtro instalado en la obra de toma y que tiene funcionamiento temporizado para realizar estos lavados una vez al día.

El canal donde se han instalado las bombas sumergibles cuenta con rejillas de protección de 100 mm de paso.

Existen dos trampillas para operaciones de mantenimiento de equipos y una boca de acceso en el techo del canal, el cual es zona inundable.



Fig. 4. Accesos al canal de captación

Así mismo, para las operaciones de instalación y/o mantenimiento de equipos, debe vaciarse el canal, para lo que dispone de ataguías en las rejillas de acceso a este, para impedir la entrada de agua del río.



Fig. 5. Rejas existentes en canal de captación

La línea de impulsión común es en PP-H, PN10, DN65 para conectarse con la ya instalada en la sala de tamices del turbinado, anexa a la obra de toma, y desde la que se conduce hasta la cota +25 del tanque de tormentas, junto a los baños.

Las líneas de impulsión individuales de las bombas, en DN50 PN10, discurren por el techo del canal de la obra de toma, hasta su salida al exterior en un punto cercano al muro exterior de la sala de tamices. A partir de ahí, suben por la pared del muro y se ha instalado una válvula de aislamiento y una de retención por cada línea, protegidas por una caja de posibles robos. Tras la caja, se unen en el tramo de impulsión común en DN65 que se ha conectado con la tubería existente.

Así mismo, en la cota + 25 del tanque de tormentas, junto a los baños, se ha realizado la conexión con la tubería procedente del alivio de la ETAP de Venta Alta mediante un picaje de PEAD, DN65, PN16. Este picaje se conecta con la impulsión a la Planta Piloto también en el punto anterior, en la cota + 25 del tanque de tormentas, mediante un picaje de Polipropileno, PN10, DN50. En ese punto de conexión también se ha realizado el picaje con la tubería de agua potable de la red existente, en PEAD DN65.

Desde dicho punto de conexión, la tubería de alimentación a la planta, la línea de agua potable y los cables de alimentación eléctrica siguen el trazado de la pared hasta la puerta de acceso al entresuelo (cota + 25), donde se ha realizado un hueco para paso de cables y tuberías y se sube a la cota + 30 donde está emplazada la planta.

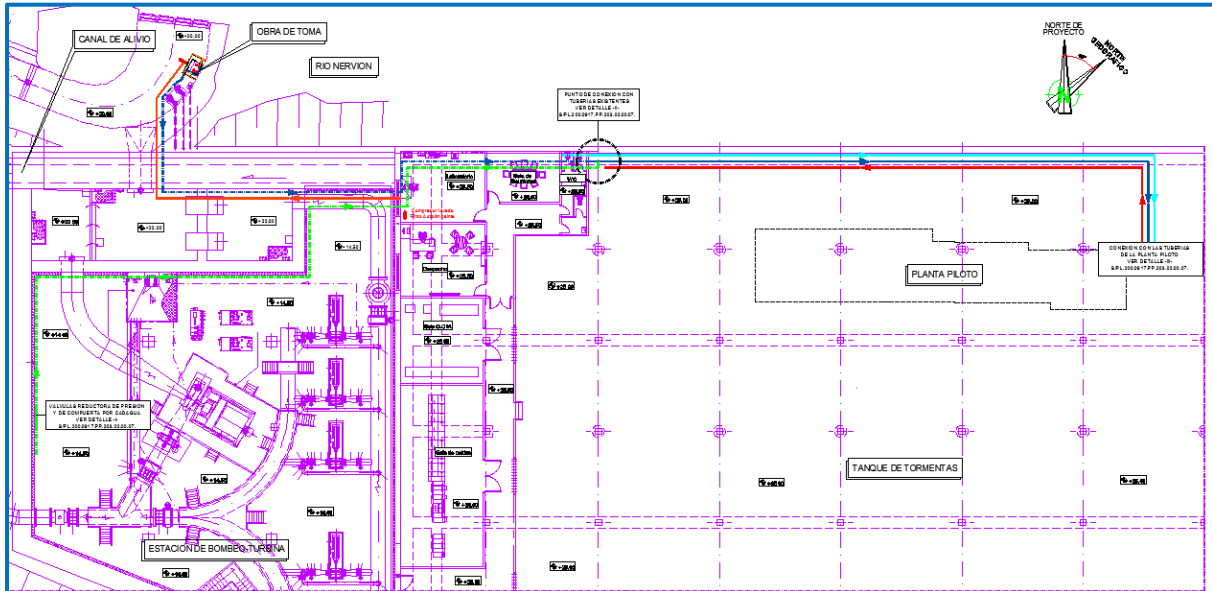


Fig. 6. Puntos de conexión con las instalaciones existentes.

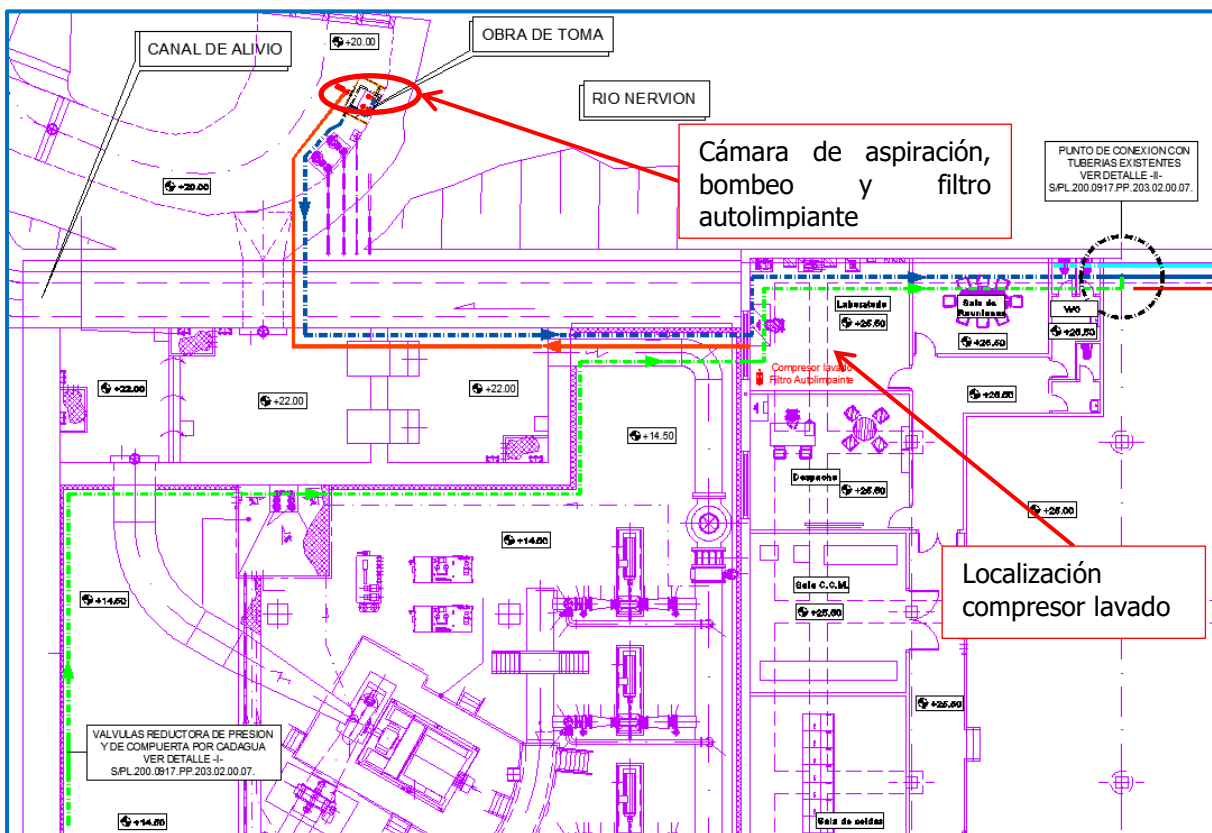


Fig. 7. Puntos de conexión.

3.5. PRE-OXIDACIÓN

Para la oxidación preliminar del agua bruta, se ha ensayado cuatro tipos de reactivos: dióxido de cloro, cloro gas, permanganato potásico y ozono.

La dosificación para los tres reactivos primeros se realiza mediante un mezclador estático en la línea de agua y la forma de dosificación para el ozono se realiza, bien mediante difusor en cámaras atmosféricas, bien, mediante mezclador estático en la línea de agua previo a la entrada a la cámara atmosférica.

3.5.1. Dióxido de cloro (ClO_2)

Como alternativa al cloro gas, se ha estudiado como oxidante y desinfección final el dióxido de cloro. En la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta existe la instalación de generación y dosificación de dióxido de cloro como alternativa al cloro gas como oxidante en el agua bruta, sin embargo, no existe la posibilidad de usarlo en la desinfección final.

En la planta piloto se ha habilitado la posibilidad de poder estudiar su impacto tanto en pretratamiento como en desinfección final.

El dióxido de cloro (ClO_2) es un desinfectante/oxidante que no reacciona con el agua ni se combina con la materia orgánica que esta pueda contener, con lo que se consigue que con su uso no se generen trihalometanos (THM). Además, tiene poder desinfectante/oxidante en un amplio rango de pH.

El sistema de dióxido de cloro que se ha instalado dispone de un generador in situ con capacidad máxima de 50 g/h utilizando como precursores clorito sódico al 7,5% y ácido clorhídrico al 8,5% succionando directamente de garrafas de 25 L (con su bandeja de recogida de escurridos para cada uno de ellos). La capacidad de las garrafas viene determinada por el proveedor del equipo.

Así mismo, el equipo dispone de un pequeño almacenamiento de la solución de dióxido de cloro generada, al 1% de concentración, desde el que aspiran las bombas dosificadoras. Este pequeño almacenamiento tiene 1,5 L de capacidad. El equipo de generación trabaja en discontinuo.

El sistema tiene capacidad suficiente para poder dosificar en ambos puntos simultáneamente.

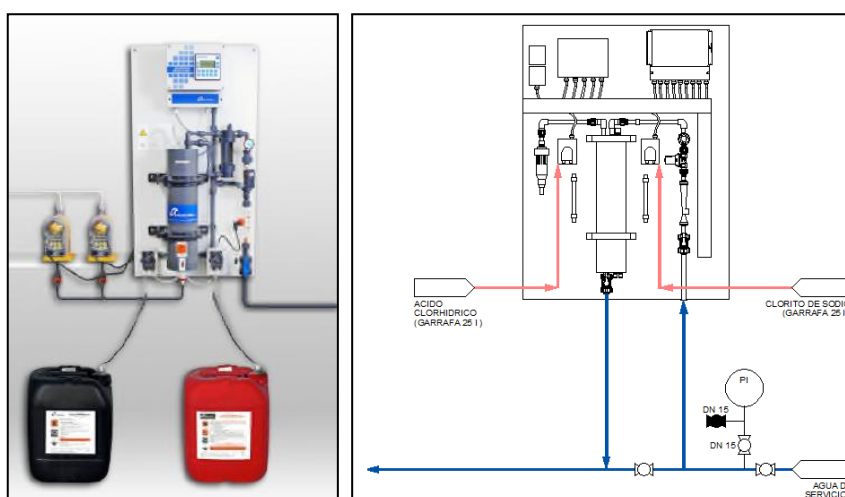


Fig. 8. Generador ClO_2

Para el sistema de dosificación se ha instalado un panel de dosificación con válvulas, instrumentación y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento y 3 bombas dosificadoras que dan servicio

tanto a la desinfección/oxidación inicial como a la desinfección final pudiendo trabajar alternativa o simultáneamente. Dicho panel cuenta con pantalla de protección anti-salpicaduras.

Las dosis de reactivo que se han considerado como punto de partida para la selección de la capacidad de los equipos han sido las actuales de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta y lo establecido en RD140/2003 como dosis habituales de referencia, dotando a los equipos de un margen razonable para que en una fase posterior de puesta en marcha se definan con mayor precisión dichas dosis adecuadas a la nueva calidad y a los distintos procesos de tratamiento.

Dióxido de cloro	
<u>Sistema de generación (común a Pre y Post tratamiento)</u>	
Número de equipos de generación	1 Ud.
Dosis media desinfección/oxidación inicial	0,7 ppm
Dosis máxima desinfección/oxidación inicial	2 ppm
Dosis media desinfección final	0,7 ppm
Dosis máxima desinfección final	1,5 ppm
Capacidad generador	50 g/h
Dióxido de cloro	
<u>Sistema de dosificación (común a Pre y Post tratamiento)</u>	
Número de paneles de dosificación	1 Ud.
Número de bombas dosificadoras en línea	2 Ud.
Número de bombas dosificadoras de reserva	1 Ud.
Capacidad unitaria bomba dosificadora	2-20 l/h

Para la selección de los equipos, se ha considerado la máxima de desinfección de 2 ppm, pero no se han encontrado referencias superiores a 0,4 – 0,5 ppm para desinfección final. Las consideradas de uso son media 0,5 ppm y máxima 1,5 ppm.

La regulación de este reactivo se hace por lazo contra la medida de dióxido de cloro residual de la etapa correspondiente.

3.5.2. Cloro gas (Cl₂ gas)

Como oxidante y desinfección final en la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta se emplea el cloro gas.

La instalación de cloro ha consistido en el suministro de un panel con pantalla protectora donde se ubican los siguientes componentes:

- Dos Reguladores de vacío NXT3000 de 500 g/h.
- Dos rotámetros de cloro gas de hasta 75 g/h.
- Dos válvulas automáticas para regulación del caudal a los eyectores.
- Dos eyectores de cloro gas de hasta 200 g/h.
- Accesorios de visualización: rotámetro de agua y manómetros por cada línea
- Dos absorbedores de pequeñas fugas en venteo de los reguladores de vacío.

Próximo a este panel se han ubicado las botellas de cloro gas. La conexión entre el panel y las botellas de cloro gas es mediante un latiguillo y válvula auxiliar de botella.

Las botellas de cloro son dos (1+1R) de 100 kg cada una, resultando en una autonomía a dosis media y caudal a tratar máximo superior a 4 meses o 3,5 meses para dosis máxima. El cambio de suministro entre una botella a otra se realiza de manera automática a través del propio regulador.

La instalación de almacenamiento de cloro gas es común a la desinfección inicial y final, no así el sistema de dosificación.

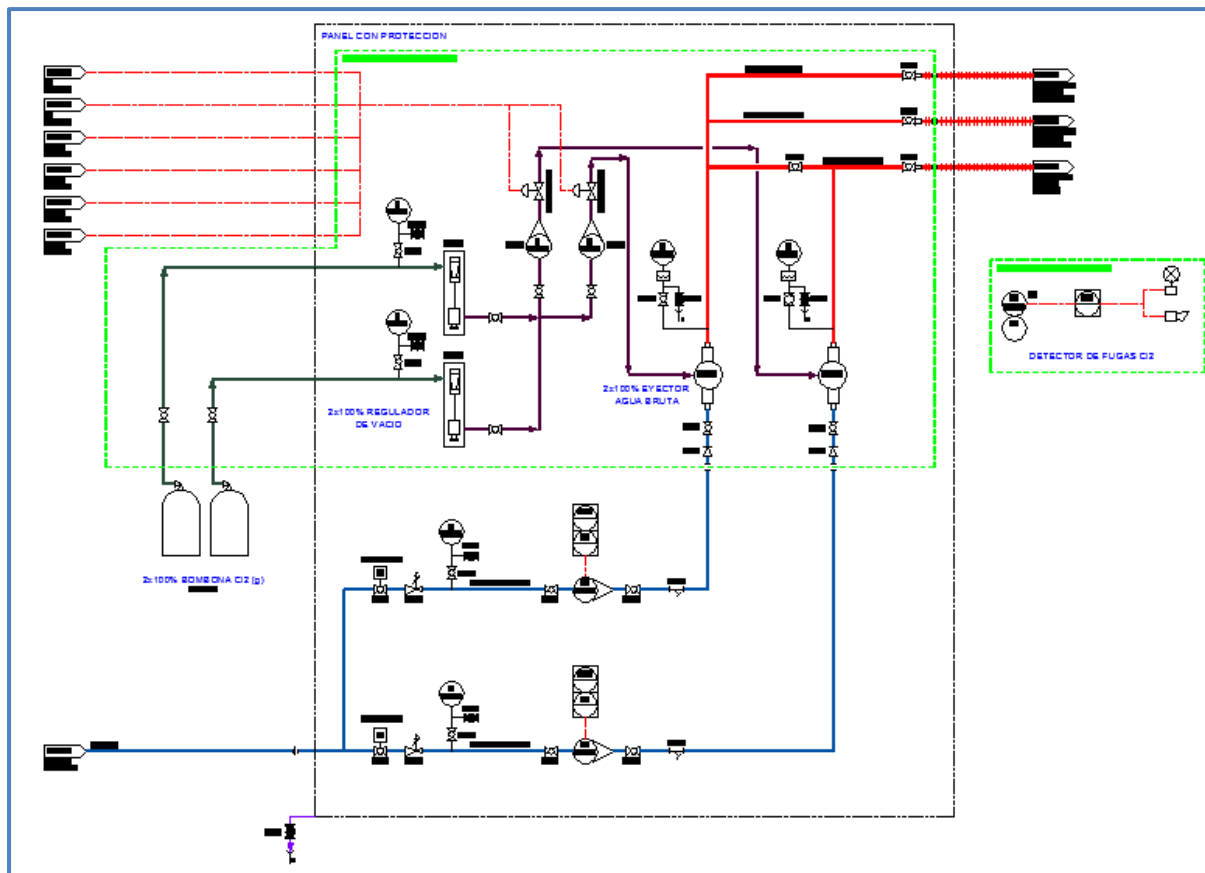


Fig. 9. Esquema instalación Cloro gas

Las dosis de reactivo que se han considerado para la selección de la capacidad de los equipos se han basado en las actuales de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta y teniendo en cuenta el efecto no deseado de formación de THM:

Cloro gas (común a Pre y Post tratamiento)	
Número de líneas	1 Ud.
Dosis media de producto puro, desinfección/oxidación inicial	2 ppm
Dosis máxima de producto puro, desinfección/oxidación inicial	5 ppm
Dosis media de producto puro, desinfección final	1 ppm
Dosis máxima de producto puro, desinfección final	2 ppm
Almacenamiento (desinfección inicial y final)	
Número de recipientes	2 Ud.
Capacidad unitaria de recipiente	100 kg
Dosificación (desinfección inicial)	
N.º de reguladores	1 Ud.
N.º de eyectores / rotámetros / válvulas regulación en línea	1 Ud.

La regulación de este reactivo se hace por lazo contra la medida de cloro residual de la etapa correspondiente.

El sistema está provisto así mismo de alarmas por falta de caudal tanto de agua bruta a tratar como por falta de agua de arrastre del bombeo de agua filtrada, que detiene la dosificación de Cl_2 .

3.5.3. Permanganato potásico (KMnO_4)

El permanganato potásico al igual que el CAP no se emplea en la actualidad en la ETAP de Venta Alta.

Dicho reactivo se ha incluido en la planta piloto a fin de poder estudiar las condiciones de oxidación con un reactivo diferente a los existentes en la ETAP así como para usarlo como coadyudante a la floculación. Para esto, se puede inyectar tanto en la llegada de agua bruta a la planta piloto situado en el Módulo N°1 (para su estudio como oxidante) así como en el mezclador estático situado a la entrada al decantador en el Módulo N°2 (para su estudio como ayudante a la floculación).

La regulación se realiza de forma proporcional al caudal a tratar, si bien la dosis debe ser introducida de forma manual en el SCADA.

Permanganato Potásico (común a oxidación/floculación)	
Dosis media de producto puro	1,2 ppm
Dosis máxima de producto puro	1,6 ppm
<u>Preparación y Almacenamiento</u>	
Número de recipientes de preparación y almacenamiento	1 Ud.
Concentración de la preparación	3%
Volumen del equipo de almacenamiento	280L
<u>Dosificación</u>	
Número de paneles de dosificación	1 Ud.
Número de bombas dosificadoras en línea	2 Ud.
Número de bombas dosificadoras de reserva	1 Ud.
Capacidad unitaria bomba dosificadora	0,02-2,2 l/h

3.5.4. Ozono (O_3)

El ozono estaba previsto en el proyecto inicial de la segunda fase de la ETAP de Venta Alta, pero se encuentra actualmente en desuso en la ETAP y únicamente se mantiene la obra civil correspondiente tanto a la fase de pre-ozonización como a la fase de post ozonización.

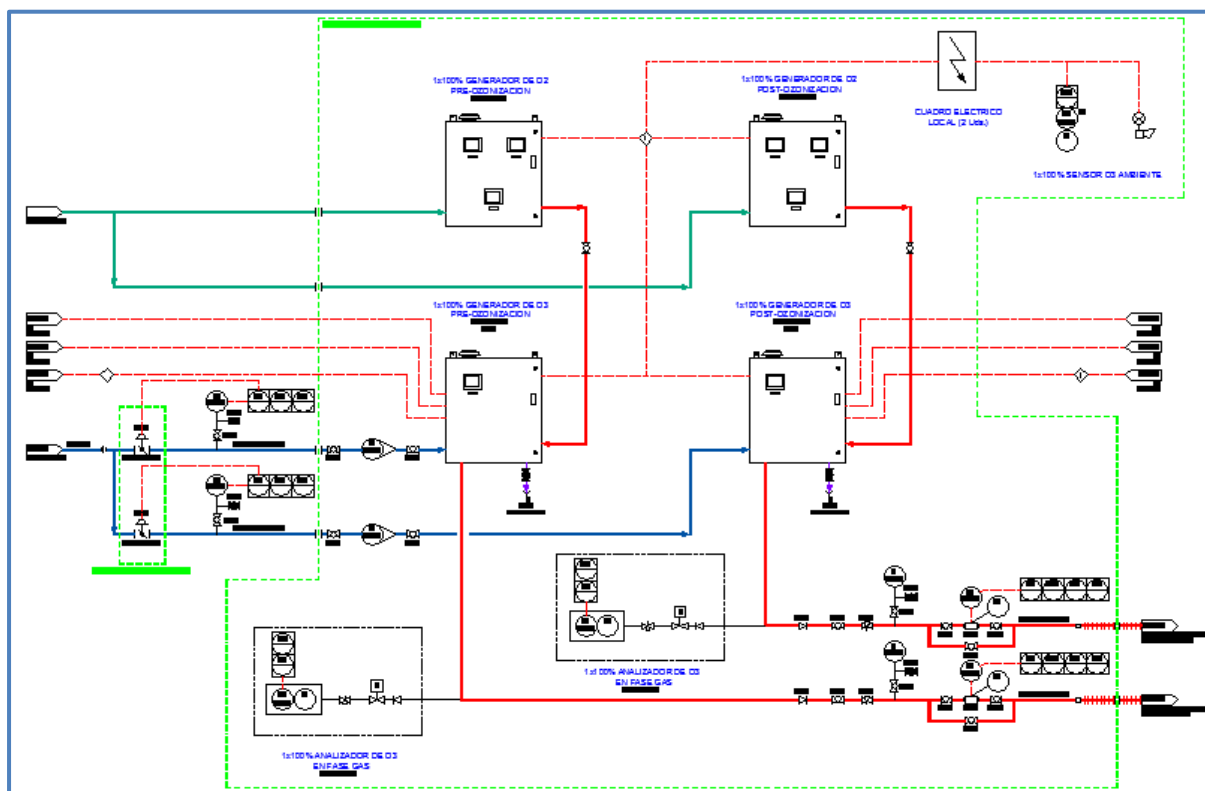


Fig. 10. Esquema Generación de Ozono (pre y post-ozonización)

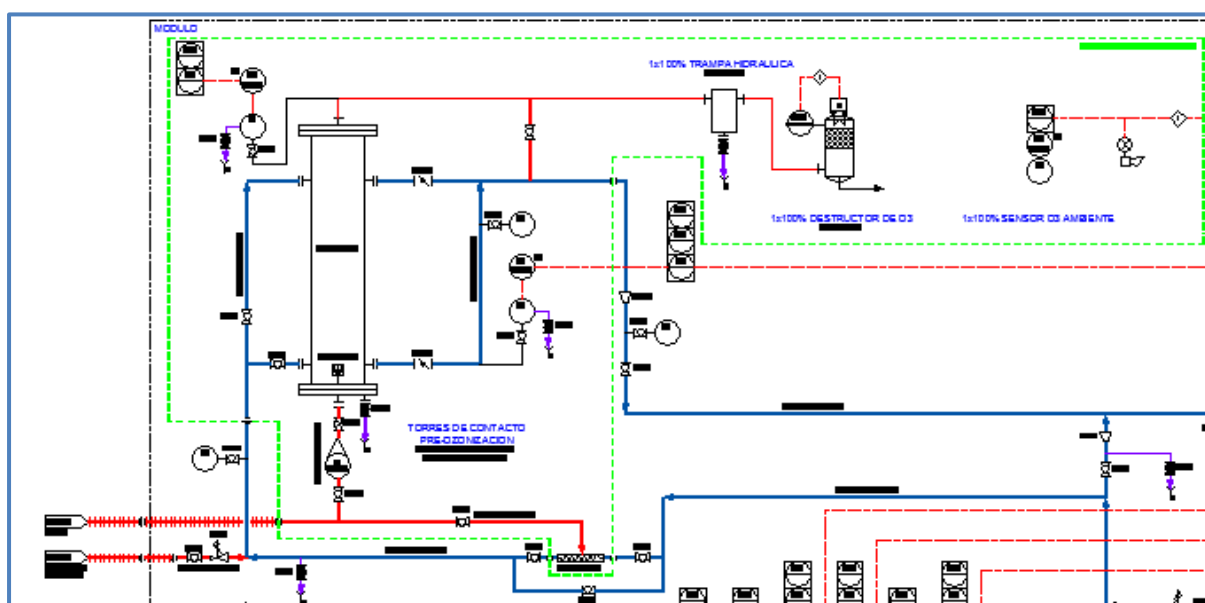


Fig. 11. Esquema Inyección de Ozono en columnas atmosféricas (pre-ozonización)

Una de las principales características del ozono es su poder oxidante, superior al del resto de agentes oxidantes habitualmente empleados.

La estabilidad del ozono en disolución acuosa depende de las características del agua, tipo y contenido de materia orgánica natural, pH y alcalinidad. Los procesos de oxidación pueden ocurrir, de forma selectiva a través de la forma molecular del ozono o de forma no selectiva mediante los radicales libres en los que se descompone (los cuales reaccionan indistintamente con la mayoría de los constituyentes del agua).

Los factores que favorecen la vía radicalaria son: medio básico, presencia de peróxido de hidrógeno y la radiación ultravioleta, así como combinaciones de estos; mientras que los que favorecen la vía molecular son el medio ácido y la alcalinidad.

La pre-oxidación con ozono mejora el proceso posterior de coagulación y floculación, elimina color, olor y sabor del agua y evita la formación de THM, ya que degrada las sustancias precursoras de los mismos. Así mismo, oxida la materia orgánica, micro contaminantes orgánicos, fenoles y pesticidas y la materia orgánica natural. Es eficaz, en esta etapa de pre-oxidación, para la eliminación de compuestos inorgánicos como amonio y nitritos que oxida con rapidez.

La temperatura incrementa la velocidad de reacción del ozono, aunque también incrementa su inestabilidad.

La etapa de pre-ozonización se ha instalado en el Módulo Nº1 de la planta, y tiene las siguientes características:

- Es un sistema atmosférico que simula las condiciones de operación de la ETAP de Venta Alta.
- El sistema de difusión de la pre-ozonización contempla dos opciones:
 - Sistema de difusión mediante difusor poroso en cámara atmosférica: una cámara, de 3,8 m de lámina de agua y tiempo de retención por cámara de 1,8 minutos (difusión). En este caso, la tubería de entrada de agua se realiza por la parte superior de la cámara atmosférica y sale por la parte inferior de la misma.
 - Sello hidráulico: mediante tubería de DN100 para dar tiempo de retención total de difusión y contacto de 2,27 minutos (como en Venta Alta).
 - Sistema de difusión mediante mezclador estático en línea de agua de alimentación a la cámara atmosférica: dado que se prevé que la altura de agua disponible en Venta Alta no sea suficiente para la correcta difusión del ozono mediante difusores porosos, se ha previsto también la opción de difusión mediante mezclador estático antes de la llegada a la cámara de ozonización. En este caso, la tubería de entrada de agua se realiza por la parte inferior de la columna/cámara atmosférica y la salida se realiza por la parte superior de la misma.

Para este sistema de difusión no ha sido necesario equipar con una bomba extra ya que el agua viene bombeada directamente al Módulo Nº1 y el equipo de generación seleccionado tiene presión suficiente para que el gas pueda ser inyectado en la corriente sin necesidad de elementos adicionales.

Para el control de la dosis de ozono en cada momento, se ha instalado el mismo sistema para ambas etapas de Pre y Post ozonización:

- Caudalímetro en la línea de agua a la entrada de las cámaras de contacto (m^3/h agua).
- Rotámetro con contacto y señal 4-20 mA en línea de gas a las cámaras de contacto (gGas/h)
- Sensor de ozono en fase gas a la salida del generador (gO_3/Nm^3 gas)
- Señal 4-20 mA desde el Generador de ozono (corresponde a la potencia del equipo, que equivale a concentraciones teóricas de Ozono en el gas generado).

Desde el SCADA se introduce la dosis de ozono requerida en cada momento, manualmente por el operador (g/m^3), y con el caudal de agua leído del caudalímetro se obtienen los g/h de Ozono a dosificar desde el generador.

Con la lectura del caudalímetro de gas (g/h gas) y del sensor en fase gas (gO_3/Nm^3 gas) se obtienen los g/h reales de Ozono producidos por el generador, y se puede ajustar mediante la señal 4-20 mA del Generador de ozono (que varía la concentración de salida del gas).

El sistema de generación es independiente para cada etapa, con una capacidad máxima total de 30 gO_3/h y está alimentado por oxígeno, generado in situ al 92%. Este y el sistema de generación de la Post-ozonización se encuentran ubicados en la Caseta Nº2 de Equipos y CGDBT.

Algunas características generales de cada etapa:

Sistema de difusión de Pre-ozonización

Número de líneas	1 Ud.
Dosis media habituales para Pre-ozonización	0,75-1 ppm
Dosis máxima habituales para Pre-ozonización	1,5-2 ppm
Caudal de ozono en difusor	0,2-2 Nm ³ /h
Método principal de difusión	Difusor poroso o mezclador estático
Número de difusores porosos	1 ud
Número de mezcladores estáticos	1 Ud.

Sistema de generación de ozono de Pre y Post-ozonización

Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post.
Modelo	NLO-25
Capacidad requerida	3-20 g/O ₃
Capacidad máxima	25 (9%) -30 (7%) g/O ₃
Gas de alimentación	Oxígeno atmosférico, de generación in situ (PSA)
Concentración de ozono	9% para 25 g/h
Presión del gas generado	0,98 bar

Sistema de generación de oxígeno de Pre y Post-ozonización

Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post.
Tipo	PSA
Pureza del oxígeno	90-95%
Capacidad de generación de O ₂ de PSA	0,6 Nm ³ /h

Columna
atmosférica Pre-
ozonización



Fig. 12. Columna atmosférica (pre-ozonización)

La instalación se completa con tres detectores de ozono en ambiente, uno junto a cada destructor y otro en la sala de generación y un pequeño cuadro eléctrico para arranque y parada de los equipos y parada de producción en caso de producirse una alarma por alta concentración de ozono en ambiente. Además, el sistema cuenta con un destructor de ozono por etapa de ozonización, dotando a la instalación de una seguridad máxima.

Destructor de ozono	
Número de destructores	2 Ud.
Modelo	DTCV-2.0X
Tipo	Catalítico
Incluye trampa de agua	
Caudal máximo admisible	2 Nm ³ /h

A la salida de las etapas de ozonización (tanto en pre como en post-ozonización) se ha instalado un analizador de ozono en agua que indica la cantidad de ozono residual existente en este punto.

Analizador de ozono en agua	
Número de equipos	2 Ud.
Tipo de medida	Sistema con dos electrodos polarográfico-amperométricos, cubierto de membrana
Caudal de la muestra	30-40 l/h
Caudal máximo admisible	2 Nm ³ /h

Para cerrar el balance de O₃, se ha instalado un analizador de ozono OFF-GAS en la corriente de salida de ozono húmedo al destructor de la etapa de Pre-Ozonización. Con este equipo se consigue saber con exactitud la eficiencia del sistema de difusión del ozono en uso (difusor poroso o mezclador estático) y adoptar la solución más conveniente para su futura implementación en la ETAP de Venta Alta.

3.6. CÁMARA DE MEZCLA

Tras la etapa de oxidación, se ha instalado una cámara de mezcla rápida. En esta cámara se simula la etapa de coagulación existente en la ETAP de Venta Alta.

Las dimensiones de la cámara de mezcla rápida que simula la etapa de coagulación de la 2ª fase de Venta Alta se obtuvieron tras estudiar la obra civil de las cámaras de coagulación de Venta Alta (volumen y lámina de agua) y los tiempos de retención resultantes al caudal de Concesión del Nervión en la ETAP. Se ha instalado la etapa de coagulación en la planta piloto simulando dicho tiempo de retención al caudal medio de la planta piloto.

Esta cámara se ha incluido en el Módulo Nº2, junto con el mezclador estático para dosificación de reactivos en línea y el decantador Accentrifloc, localizando así toda la etapa de coagulación-floculación-decantación del proceso en este skid. Dichas etapas cuentan cada una con su correspondiente by-pass.

La cámara cuenta con conexiones para llegada de reactivos y está equipada con agitador. Se dosifican en ella los distintos tipos de coagulantes (sulfato de alúmina o policloruro de aluminio) así como el Hidróxido Sódico para el ajuste de pH.

Dicho equipo está realizado en polipropileno y se ha instalado sobre una estructura elevada que compensa la altura y lámina de dicha cámara.

Las principales características de este equipo son:

Cámara de mezcla	
Número de unidades total	1 Ud.
Volumen útil	60 l
Tipo	Atmosférico
Material	PP

Tras la cámara de mezcla se localiza un mezclador estático DN 80 en materiales plásticos (PP, PVDF) para realizar las distintas dosificaciones de reactivos previstas tanto para la floculación como para la decantación. Dichas dosificaciones son:

- Floculante
- Carbón activo en polvo (CAP) como coadyudante a la floculación
- Permanganato potásico como coadyudante a la floculación

Nueva posibilidad de realizar la oxidación antes de la decantación (como en la ETAP de Venta Alta):

- Dióxido de cloro
- Cloro gas

Antes y después del decantador hay una serie de medidas de parámetros analíticos para tener controlados los parámetros de estudio de forma permanente, así como los puntos de toma de muestras correspondientes. Toda esta instrumentación online se localiza en un panel en el mismo módulo.

3.7. DECANTACIÓN

Tras la etapa de coagulación, también en el Módulo Nº2 el agua pasa a una etapa de decantación-floculación con recirculación interna de fangos mediante turbina.

El decantador ha sido fabricado en material polipropileno, PP, y tiene un diámetro de Ø 2,2m. El agua entra a la cámara central, donde el fúculo es agitado mediante una turbina central y pasa a la cámara de decantación periférica. Los fangos acumulados en esta cámara son recogidos mediante tubería de dimensión tal que garantiza la retirada homogénea de los fangos en toda la longitud del decantador. La purga de los fangos se realiza mediante un sistema temporizado a base de electroválvulas, excepto la de fondo que es accionada por una válvula manual, que conducen el fango a un depósito de PP de 100 l para toma de muestras de este efluente. Como tal, no ha requerido un mayor volumen, puesto que sólo se ha requerido su instalación para tomar muestras puntuales y analizarlas.

El agua decantada es recogida mediante un canal común perimetral provisto de un vertedero y una chapa deflector, de donde es enviada a la etapa de filtración. El canal está diseñado de tal forma que sus dimensiones garantizan el perfecto funcionamiento del decantador y una pérdida de carga adecuada.

La decantación en la planta piloto sigue igualmente los criterios de diseño de los decantadores de Venta Alta para el caudal de Concesión del Nervión en la ETAP.

Decantación	
Número de equipos	1 ud
Diámetro del decantador	2,2 m
Superficie de decantación	3,1 m ²
Carga hidráulica a caudal máximo	3,36 m ³ /h/m ²
Velocidad ascensional a caudal medio	2,02 m/h
Velocidad ascensional a caudal máximo	3,23 m/h

Material del decantador

PP



Fig. 13. Decantador Accentrifloc

Decantador
Accentrifloc

3.8. FILTRACIÓN DE ARENA

La etapa de filtración en arena instalada simula también las velocidades de operación de los filtros de arena abiertos de la 2ª fase de Venta Alta, tanto en funcionamiento normal como durante el lavado (separado aire y agua). El funcionamiento de dichos filtros es a nivel constante (mediante válvula reguladora y nivel de radar). La carrera de filtración en la ETAP de Venta Alta es de 48 a 72 h a caudal máximo de la planta.

Además, pretende simular las condiciones de los filtros de arena de la 1ª fase de Venta Alta en cuanto a: las características del medio filtrante (altura de lecho, granulometría, etc.), características de las boquillas y tipo de lavado (simultaneo aire + agua).

Por todo esto, se ha instalado una etapa de filtración abierta sobre lecho de arena consistente en una línea de dos filtros en configuración 1+1R. Dichos filtros son abiertos, cilíndricos de configuración vertical y contruidos en Polipropileno. El falso fondo está moldeado en la pared interna del mismo y cuenta con un vertedero perimetral de reparto del agua de alimentación durante el arranque para evitar caída brusca sobre el medio filtrante así como para la recogida del agua de lavado.

La entrada a esta etapa está diseñada de manera que permite que los dos filtros funcionen de manera independiente (si bien, sólo funciona normalmente uno de ellos y el otro sólo se pone en funcionamiento durante el lavado del primero), de manera que tanto la entrada como la salida se hace mediante colectores comunes a ambos filtros y derivaciones individuales a cada uno.

El medio filtrante está constituido por 950 mm de arena silíceas, con granulometría de 0,9-1,3 mm, talla efectiva 1,1 y coeficiente de uniformidad 1,4-1,6 mm. Cada filtro dispone de un falso fondo circular equipado con boquillas de 0,5 mm de paso (similares a las instaladas en la 1ª fase de la ETAP de Venta Alta) para garantizar la circulación del agua filtrada bajo el falso fondo y por otra parte la distribución homogénea de agua y aire de lavado, durante la fase de lavado a contra-corriente.

Las dimensiones unitarias de cada uno de los filtros son de 2,95 m. x Ø 1,3 m. La superficie de filtración total de cada filtro es de 1,33 m². De esta forma, la velocidad de filtración con 1 filtro en servicio y uno en lavado es adecuada dado el lecho filtrante seleccionado (altura y granulometría de la arena) y la naturaleza del agua a filtrar.

La fase de lavado se puede realizar de dos formas:

- De forma simultánea con aire-agua.
- De forma separada, con aire y agua.

Se ha instalado una tubería de DN 40 equipada con válvula automática que permite vaciar los filtros. Esta tubería, así como la de salida del agua de lavado, conecta con la red de drenajes y vaciados de la planta piloto que se conduce al tanque de tormentas.

Los filtros de arena están localizados en el Módulo N°3.

Las principales características de los filtros de arena son:

Filtros de arena	
Número de unidades total	2 Ud
Nº de unidades en funcionamiento	1 Ud
Nº de unidades de reserva	1 Ud
Superficie de filtración unitaria	1,33 m ²
Dimensiones unitarias	2,95 m x Ø 1,3 m
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q max. (10 m ³ /h)	7,53 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q medio (6,25 m ³ /h)	4,27 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q mín. (5 m ³ /h)	3,77 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración con un filtro en lavado	7,53-4,27-3,77 m ³ /h/m ²



Fig. 14. Filtro de Arena

3.8.1. Funcionamiento del filtro

Si por construcción todos los filtros tienen la misma pérdida de carga estática y los niveles aguas arriba y aguas abajo son iguales, el equirreparto se debe producir de forma automática a cualquier régimen de funcionamiento.

Al irse incrementando progresivamente la pérdida de carga en el filtro debido al ensuciamiento, el caudal de agua de salida se reduce en proporción inversa, situación ésta que es compensada mediante un sistema de regulación a la salida. Este sistema de regulación está realizado mediante lazo de control entre la válvula de regulación eléctrica situada en la tubería de agua filtrada de cada filtro y en combinación con el nivel de radar de cada uno de los filtros de arena. En función de unos niveles máximos y mínimos preestablecidos por el programador, la válvula regula la pérdida de carga necesaria para mantener dicho nivel entre los límites.

El funcionamiento de los filtros es automático, o semiautomático, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la pérdida de carga máxima a través del mismo y fijados los límites para la medida de nivel indicados previamente.

El automatismo básico de filtros ha sido implantado en un autómata programable (PLC), incorporado en el panel general de control en la Caseta Nº2 (equipos y CGDBT), el cual actúa sobre elementos requeridos.

Accionamiento

El diseño del automatismo para los filtros de arena (al igual que para el carbón activo que se describe más adelante), permite completar una fase de lavado optimizada. Para ello, entre otras secuencias, se incluyen las siguientes de acciones de optimización:

- Aprovechamiento de la lámina de agua existente en el filtro: en lugar de comenzar el lavado con la lámina de agua en situación de funcionamiento, se procede a filtrar esta lámina sin alimentar el filtro hasta alcanzar una altura de agua estipulada ligeramente superior al lecho

filtrante. Durante esta fase, el actuador de la válvula de salida de agua filtrada recibe una señal, mediante la cual se mantiene abierta hasta que la medida de nivel de radar alcanza el límite anterior mencionado y se corta la citada señal cerrando la válvula de salida. Tras lo cual comienza el contra lavado propiamente dicho.

Esto supone un ahorro de agua por filtro y lavado ya que en vez de enviar a vertido tras el lavado la lámina completa de agua del filtro, sólo vierte esta segunda lámina de menor altura.

- Lavado superficial: se realiza al mismo régimen que en la fase de filtración, en la última etapa del programa de lavado. Esto permite el arranque lento del filtro, ya que en esta fase la válvula reguladora está completamente cerrada. Inicialmente el actuador de la misma permite que la válvula permanezca parcialmente abierta, trabajando el filtro a un régimen muy inferior al nominal. Cuando el nivel en el interior está algo por debajo del nivel normal, se corta la señal inicial, alimentándose la válvula directamente con la señal emitida por el regulador de nivel, con lo cual la válvula queda posicionada al valor correspondiente al régimen de funcionamiento en la situación de pérdida de carga mínima que corresponde a la puesta en servicio posterior al lavado.

3.9. EQUIPOS DE LAVADO DE FILTROS

Tras la etapa de filtración en arena se ha dispuesto un tanque de agua filtrada, que hace las veces de depósito de regulación de la carrera de filtración así como almacenamiento del agua requerida para el lavado de los filtros, tanto de arena como de carbón activo.

El correcto diseño y funcionamiento de dicho tanque pasa por mantener una lámina de agua que permite simular la carrera de filtración de la ETAP de Venta Alta (de 48 a 72 h) así como mantener el volumen de lavado más desfavorable.

El lavado tanto de filtros de arena como de carbón activo (que se describen más adelante) se efectúa mediante la acción combinada y simultánea de una corriente ascendente de aire y agua. Todo el programa de lavado se realiza de forma automática, previa iniciación manual del proceso desde el SCADA, una vez detectada la alarma por pérdida de carga admisible (nivel máximo permitido).

Dado el número de filtros, tanto de arena como de carbón activo, y la frecuencia de lavado, se ha instalado un sistema de lavado común a ambos tipos de filtros, de manera que se puede realizar la limpieza de los dos tipos de filtros con el mismo sistema de lavado.

Los equipos de lavado, las bombas y el tanque de agua filtrada, están localizados en el Módulo Nº4.

Para el suministro del aire se han instalado dos soplantes (2+0 R) en el interior de la Caseta Nº2 (Equipos y CGDBT), que en el caso del lavado de los filtros de arena suministran un caudal de:

- Lavado simultáneo: 73 Nm³/h a 600 mbar
- Lavado separado: 43,1 Nm³/h a 600 mbar

El agua para lavado se toma del depósito de agua filtrada tras los propios filtros de arena. Este depósito se encuentra dimensionado para satisfacer la demanda de agua para el lavado de forma separada (agua y aire) de un filtro de arena, que es el más desfavorable en cuanto a volumen de agua de lavado. Se han instalado dos (1+1R) bombas centrífugas mono etapa verticales equipadas con variador de frecuencia para impulsión del agua de lavado tanto a los filtros de arena como a los de carbón activo. Los caudales requeridos para el lavado de filtros de arena se muestran a continuación:

- Filtros de arena, lavado simultáneo: 19,9 m³/h a 3 m
- Filtros de arena, lavado separado: 38 m³/h a 4 m
- Filtros de carbón activo, lavado simultáneo: 22,6 m³/h a 4,5 m

La salida del agua de lavado se realiza mediante válvulas de bola o mariposa (según el tamaño de la línea) automáticas que conducen también a la red de drenajes y vaciados de la Planta Piloto que va al tanque de tormentas.

3.9.1. Depósito de agua filtrada

Con objeto de satisfacer la carrera de los filtros en las mismas condiciones que la ETAP de Venta Alta, se ha realizado un depósito de agua filtrada, con volumen para el lavado más desfavorable de los filtros de arena y carbón activo y con una lámina de agua tal que permite tanto mantener la carrera de 72 h prevista como mantener un diseño de filtros que garantiza que las boquillas del falso fondo se encuentran permanentemente inundadas, garantizado así el correcto funcionamiento de los filtros.

Así bajo estas premisas las características principales de este depósito son:

Depósito de agua filtrada	
Número de unidades total	1 Ud.
Dimensiones del depósito	4 m x 1,9 m x 1,5 m
Lámina de agua	1,2 m
Volumen útil del depósito	6 m ³
Volumen total del depósito	10 m ³
Tiempo de retención	30 min
Material	PP

3.9.2. Bombeo de agua filtrada

El agua almacenada en el depósito de agua filtrada se bombea a las etapas de tratamiento siguientes mediante un bombeo de 1+1R bombas centrífugas monoetapa verticales equipadas con variador de frecuencia.

Esto permite compensar la altura de lámina de agua existente en el depósito de agua filtrada junto con las pérdidas de carga generadas en las diferentes etapas de proceso restantes.

Bombeo de agua filtrada	
Número de unidades total	2 Ud.
Número de unidades funcionando	1 Ud.
Rango de caudales por bomba	5-6,25-10 m ³ /h
Altura máx. de impulsión	6,5 m.c.a.
Tipo de bomba	Centrífuga monoetapa

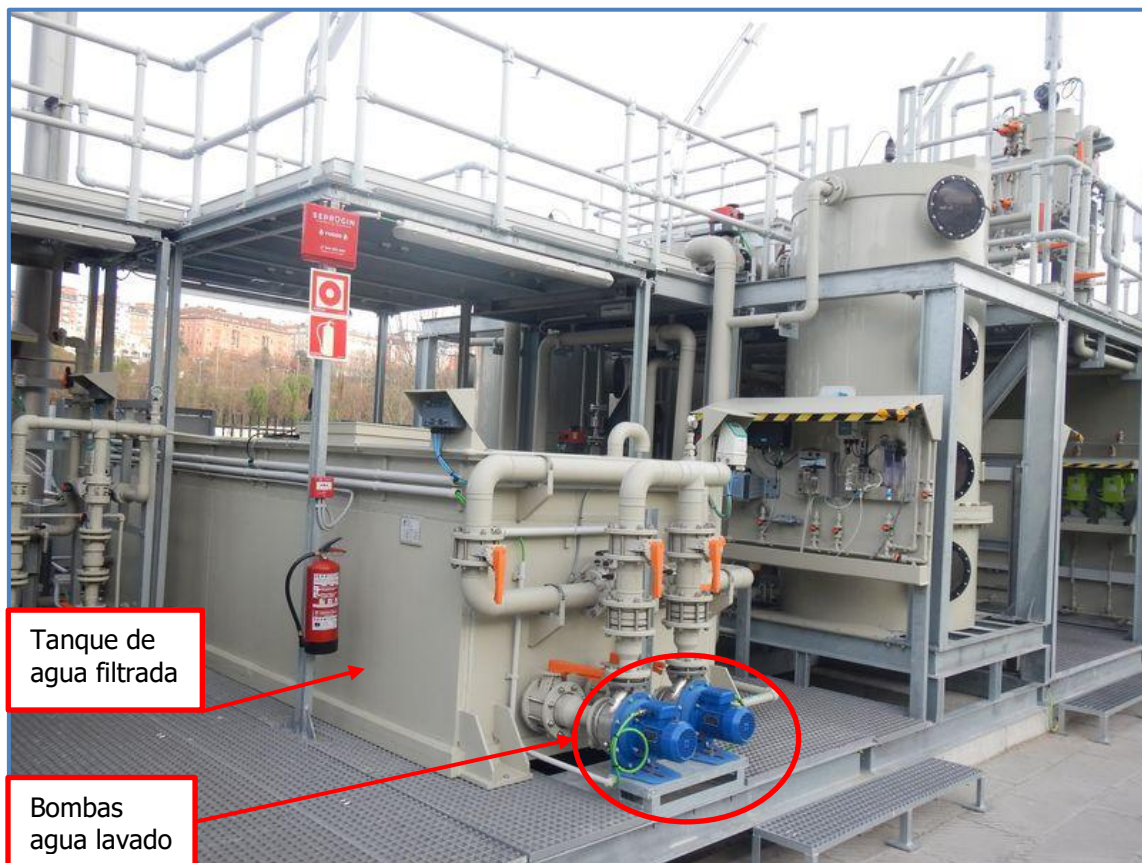


Fig. 15. Sistema de lavado a filtros de arena y carbón activo y tanque

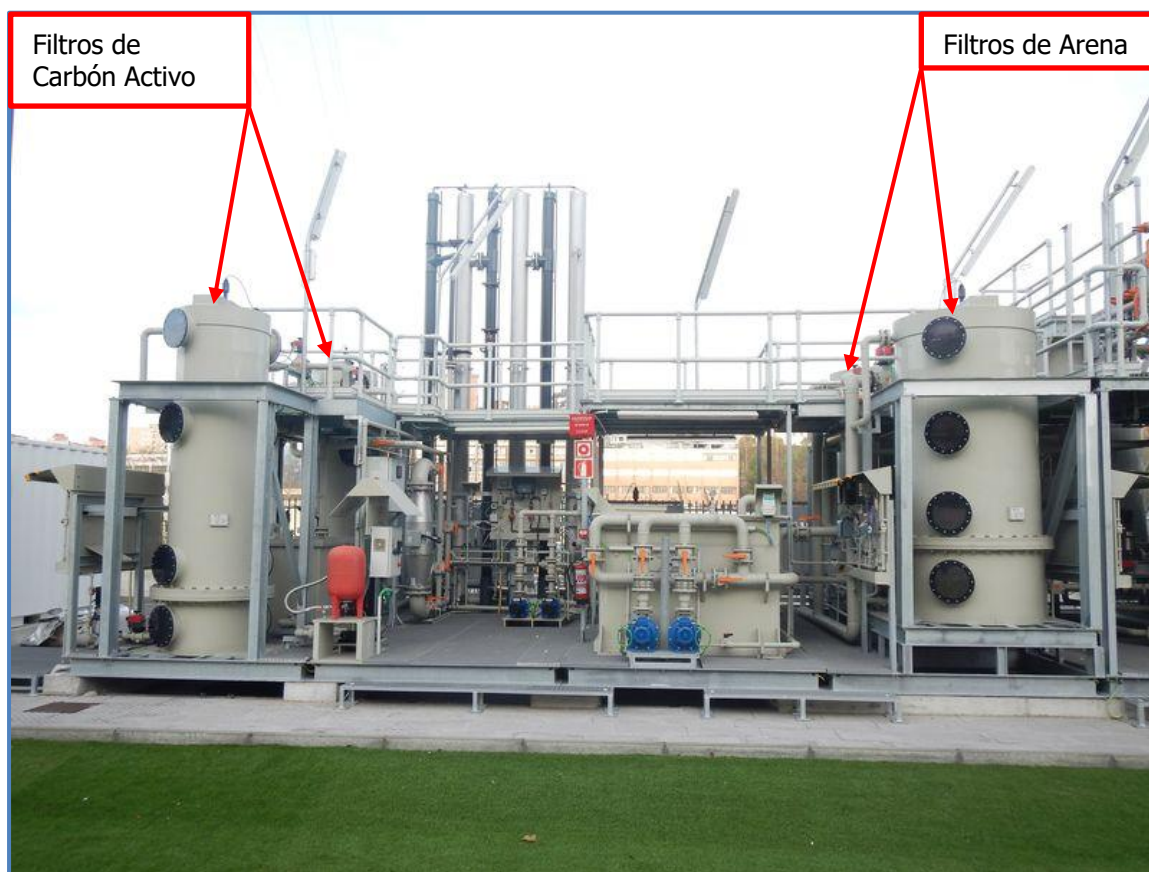


Fig. 16. Sistema de lavado a filtros de arena y carbón activo y tanque

3.10. TRATAMIENTO DE OXIDACIÓN/OXIDACIÓN AVANZADA

Los procesos de oxidación pueden ocurrir, de forma selectiva, a través de la forma molecular del ozono o de los radicales libres en los que se descompone, los cuales reaccionan indistintamente con la mayoría de los constituyentes del agua.

Los factores que favorecen la vía radicalaria son: medio básico, presencia de peróxido de hidrógeno y la radiación ultravioleta así como combinaciones de estos; mientras que los que favorecen la vía molecular son el medio ácido y la alcalinidad.

3.10.1. Oxidación mediante dosificación de ozono

En cuanto a la Post ozonización, puede emplearse tanto como etapa previa a la filtración por carbón activo o bien, como etapa de oxidación avanzada en combinación con UV, H_2O_2 o ambas:

La ozonización, como se ha comentado anteriormente, está especialmente indicada para la oxidación de diversas sustancias orgánicas e inorgánicas. En el caso del hierro, el manganeso, y de varios compuestos arsénicos, la oxidación ocurre de manera muy rápida dejando como residuos unos compuestos insolubles que se pueden eliminar fácilmente por medio de un filtro de carbón activo, por lo que una desinfección mediante ozono se hace especialmente útil como etapa previa a unos filtros CAG como es el caso de Venta Alta. Esta será la realizada por vía molecular.

Además de la oxidación por vía molecular comentada en el apartado anterior, se ha estudiado la oxidación por vía radicalaria, incluyendo puntos de dosificación de Peróxido de Hidrógeno y un equipo de UV antes de la filtración por carbón activo.

Estos procesos no existen en la ETAP de Venta Alta pero se han incluido en la planta piloto para estudiar diferentes opciones de oxidación según se requiera en base a la calidad de entrada a la planta.

Estas nuevas etapas del proceso se han ubicado también en el Módulo Nº5 de la planta piloto.

Las configuraciones a estudiar para la oxidación avanzada son:

- Ozono + Peróxido de hidrógeno
- Ozono + UV
- Peróxido de Hidrógeno + UV
- Peróxido de Hidrógeno + Ozono + UV

A diferencia de la pre-ozonización, en la post-ozonización el sistema de difusión se realiza únicamente por difusores porosos en cámaras atmosféricas, a semejanza de lo existente en Venta Alta, ya que la lámina de agua y los tiempos de contacto que tendrán lugar en Venta Alta son adecuados para una correcta difusión por esta vía.

Como ya se ha comentado, la etapa de post-ozonización se ha instalado en el Módulo Nº5 de la planta y tiene las siguientes características:

- Es un sistema atmosférico que simula las condiciones de operación de la ETAP de Venta Alta.
 - o Sistema de difusión mediante difusor poroso en cámara atmosférica: tres cámaras. La primera cámara tiene 5,12 m de lámina de agua y tiempo de retención por cámara de unos 3-3,5 minutos. La tubería de entrada de agua se realiza por la parte superior de las columnas/cámaras atmosféricas.
 - Sello hidráulico: mediante tubería de DN150 entre cámaras/columnas para dar tiempo de retención total de difusión y contacto de 11,87 minutos.

Para el control de la dosis de ozono en cada momento, se ha instalado el mismo sistema para ambas etapas de Pre y Post ozonización:

- Caudalímetro en la línea de agua a la entrada de las cámaras de contacto (m^3/h agua).
- Rotámetro con contacto y señal 4-20 mA en línea de gas a las cámaras de contacto (gGas/h)
- Sensor de ozono en fase gas a la salida del generador (gO_3/Nm^3 gas)
- Señal 4-20 mA desde el Generador de ozono (corresponde a la potencia del equipo, que equivale a concentraciones teóricas de Ozono en el gas generado).

Desde el SCADA se introduce la dosis de ozono requerida en cada momento, manualmente por el operador (g/m^3), y con el caudal de agua leído del caudalímetro se obtienen los g/h de Ozono a dosificar desde el generador.

Con la lectura del caudalímetro de gas (g/h gas) y del sensor en fase gas (gO_3/Nm^3 gas) se obtienen los g/h reales de Ozono producidos por el generador, y se puede ajustar mediante la señal 4-20 mA del Generador de ozono (que varía la concentración de salida del gas).

El sistema de generación es independiente para cada etapa, con una capacidad máxima total de 30 gO_3/h y está alimentado por oxígeno, generado in situ al 92%. Este y el sistema de generación de la Post-ozonización se encuentran ubicados en la Caseta Nº2 de Equipos y CGDBT.

Sistema de difusión de Post-ozonización	
Número de líneas	1 Ud.
Dosis media habituales para Post-ozonización	0,5-1 ppm
Dosis máxima habituales para Post-ozonización	1-1,5 ppm (puede llegar a 2 ppm)
Caudal de ozono en difusor	0,2-2 Nm^3/h
Método de difusión	Difusor poroso
Número de difusores porosos	1 ud en cámara Nº1 1 ud en cámara Nº2 1 ud en cámara Nº3
Sistema de generación de ozono de Pre y Post-ozonización	
Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post..
Modelo	NLO-25
Capacidad requerida	3-20 g/O_3
Capacidad máxima	25 (9%) -30 (7%) g/O_3
Gas de alimentación	Oxígeno atmosférico, de generación in situ (PSA)
Concentración de ozono	9% para 25 g/h
Presión del gas generado	0,98 bar
Sistema de generación de oxígeno de Pre y Post-ozonización	
Número de equipos	1 Ud para Pre y 1 ud para Post.
Tipo	PSA
Pureza del oxígeno	90-95%
Capacidad de generación de O_2 de PSA	0,6 Nm^3/h

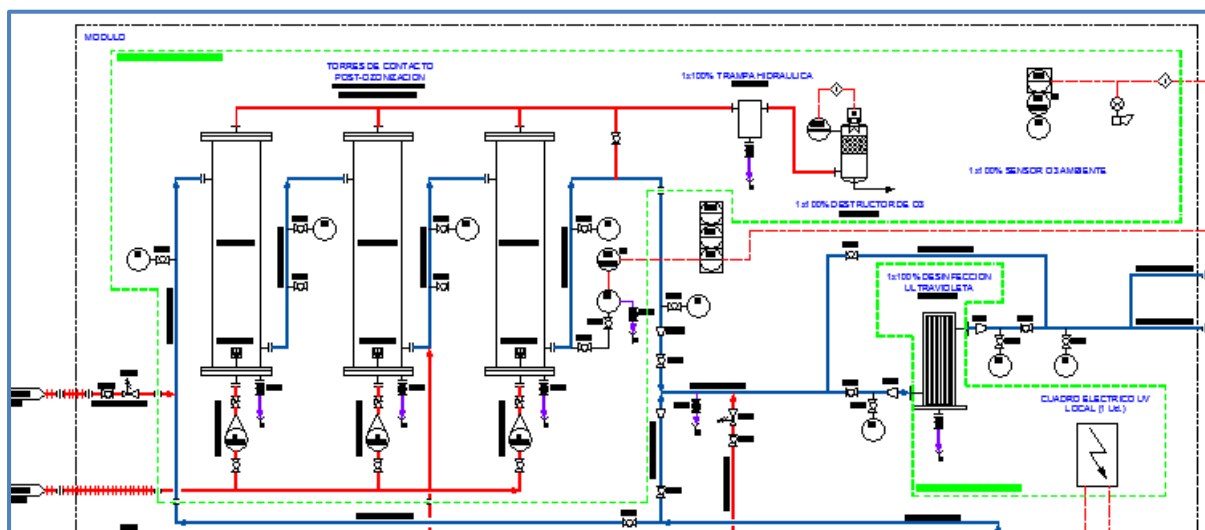


Fig. 17. Esquema Inyección de Ozono en columnas atmosféricas (post-ozonización). Módulo Nº5



Columnas
atmosféricas
Post-ozonización

Fig. 18. Columnas Atmosféricas (Post-ozonización)

3.10.2. Oxidación avanzada

Además de la oxidación por vía molecular comentada en el apartado anterior, se ha estudiado la oxidación por vía radicalaria, incluyendo puntos de dosificación de Peróxido de Hidrógeno y un equipo de UV antes de la filtración por carbón activo.

Estos procesos no existen en la ETAP de Venta Alta pero se han incluido en la planta piloto para estudiar diferentes opciones de oxidación según se requiera en base a la calidad de entrada a la planta.

Estas nuevas etapas del proceso se han ubicado también en el Módulo Nº5 de la planta piloto.

Las configuraciones estudiadas para la oxidación avanzada son:

- Ozono + Peróxido de hidrógeno
- Ozono + UV
- Peróxido de Hidrógeno + UV
- Peróxido de Hidrógeno + Ozono + UV

3.10.2.1. Ultravioleta

Previo a la etapa filtración mediante CAG y para la realización de la oxidación avanzada se ha instalado un equipo de radiación UV en línea junto con la posibilidad de dosificación de peróxido de hidrógeno antes de la entrada en dicho equipo o/y en la entrada a las cámaras de ozonización.

La ultravioleta puede emplearse o no en las siguientes combinaciones de oxidación avanzada que se han estudiado durante el pilotaje:

- Ozono + UV
- Peróxido de Hidrógeno + UV
- Peróxido de Hidrógeno + Ozono + UV

En este caso se ha seleccionado un sistema UV con lámparas de media presión que cubren el espectro de radiación de 185 a 300 nm con el que se asegura la oxidación de la mayoría de los contaminantes considerados en las listas de observación, si bien suponen un mayor consumo energético que las lámparas de baja presión.

El equipo se ha instalado en tubería con configuración vertical, lo que minimiza el espacio requerido en planta y permite su instalación con la etapa anterior de post-ozonización en el mismo módulo.

En cualquier caso y al igual que el resto de etapas de la planta, dicho proceso puede ser eludido mediante su correspondiente by-pass.

Las principales características del equipo son:

Desinfección Ultravioleta	
Número de reactores	1 Ud.
Caudal máximo	5-10m ³ /h
Tipo de lámpara	Media presión
Rango de regulación de potencia	70-100 %
Espectro de radiación	185-300 nm
Número de lámparas	1
Dosis de UV	900-1000 mJ/cm ²
Transmitancia	98% a 254 nm en 10 mm
Montaje	Vertical
Material	AISI 316 pasivado

3.10.2.2. Peróxido de Hidrógeno

Se han realizado diferentes picajes para la adición de Peróxido de Hidrógeno:

- A la entrada de las cámaras de ozono, mediante picaje en la línea de agua de alimentación a la primera cámara en el caso de la Pre-ozonización, a la entrada de la última cámara en el caso de la Post ozonización.
- A la entrada de la ultravioleta. Dicha dosificación es mediante inyección directa en el mezclador estático en línea a la entrada del equipo de ultravioleta.

La instalación de almacenamiento y dosificación se compone de:

- Tres (2+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.

La instalación de dosificación compuesta por las bombas dosificadoras con todos los accesorios necesarios (pote de calibración, válvulas de corte, drenaje, válvulas de contrapresión y manómetros) está ubicada en un panel con protección anti-salpicaduras.

- Para el almacenamiento del reactivo se ha empleado un (1) depósito de volumen unitario 280 l, resultando una autonomía de almacenamiento de 15 días a dosis media.

El depósito incluye accesorios tales como venteo, equipo de detección de nivel, tubuladura para llenado de reactivo y tubería para aspiración del bombeo.

Así mismo, debido a las características agresivas de este reactivo, se ha suministrado una bomba de tipo lápiz, manual, cuyo objeto es permitir la carga del reactivo en el depósito evitando el contacto directo del operario con el reactivo líquido o la nube generada en la carga.

3.11. FILTRACIÓN DE CARBÓN ACTIVO GRANULAR

El objeto de la etapa de filtración mediante carbón activo es la eliminación de bacterias y la adsorción de sustancias oxidadas en las etapas previas.

Esta etapa simula las velocidades de operación de los filtros de la 2ª fase de la ETAP de Venta Alta, tanto en funcionamiento normal como durante el lavado (simultaneo aire + agua). El funcionamiento de dichos filtros es a nivel constante (mediante válvula reguladora y nivel de radar).

Además, tiene el cometido de estudiar tanto las condiciones de los filtros de carbón activo de la 2ª fase de Venta Alta como otras posibles configuraciones en cuanto a material adsorbente: cada filtro se ha equipado con un tipo de carbón activo diferente. Uno de ellos contiene el mismo que el instalado en la 2ª fase y el otro, varía el lecho. Se han considerado dos tipos de lechos de adsorción para el 2º filtro:

- Carbón activo granular de activación directa (mismo nivel de activación que aglomerado) y granulometría 12x40.
- Carbón activo granular de activación directa (mismo nivel de activación que aglomerado), y granulometría 8x30 (mayor granulometría que el instalado en Venta Alta).

Además, pretende simular las condiciones de los filtros de carbón activo de la 2ª fase de Venta Alta en cuanto a: las características del medio filtrante (altura de lecho, granulometría, etc.), características de las boquillas y tipo de lavado (simultaneo aire + agua).

Se ha instalado una etapa de filtración con carbón activo granular consistente en una línea con dos filtros en configuración 1 + 1R, con falso fondo de tipo circular y moldeado a la pared interna del filtro y lavado simultaneo aire-agua. La entrada a filtración de CAG está diseñada también de manera que permite que los dos filtros funcionen de manera independiente, y por tanto una vez más tanto la entrada como salida se hace mediante colectores comunes a ambos filtros y derivaciones individuales.

El medio filtrante está constituido por 1600 mm de carbón activo, con granulometría de 12x40. Cada filtro dispone de un falso fondo del mismo material del recipiente y moldeado a la pared interna del mismo, equipado con boquillas de 0,2 mm que garantizan la circulación del agua filtrada bajo el falso fondo y por otra parte la distribución de agua y del aire de lavado, inyectado a contracorriente.

Las dimensiones unitarias de cada uno de los filtros son de 3,45 m x Ø 0,9 m. La superficie de filtración total de cada filtro es en este caso de 0,67 m². De esta forma, la velocidad de filtración del filtro en servicio es adecuada dado el lecho filtrante seleccionado (altura y granulometría del carbón) y la naturaleza del agua a filtrar.

Existe también la posibilidad de vaciar los filtros al igual que los de arena mediante tubería de DN 40 que se envía de igual forma, junto con la salida del agua de lavado, a la red de drenajes y vaciados de la planta piloto que desemboca en el tanque de tormentas.



Fig. 19. Filtros de Carbón Activo

Las principales características de los filtros de carbón activo son:

Filtros de CAG	
Número de unidades total	2 Ud.
Número de unidades en funcionamiento	1 Ud
Superficie de filtración unitaria	0,67 m ²
Dimensiones unitarias	3,45 m x Ø 0,9 m
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q máx. (10 m ³ /h)	15,7 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q medio (6,25 m ³ /h)	9,82 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración en funcionamiento, a Q mín. (5 m ³ /h)	7,86 m ³ /h/m ²
Velocidad de filtración con un filtro en lavado	15,7/9,8/7,8 m ³ /h/m ²

Funcionamiento del filtro

Por construcción, todos los filtros tienen la misma pérdida de carga estática, y los niveles aguas arriba y aguas abajo son iguales, por ello el equirreparto se produce de forma automática a cualquier régimen de funcionamiento.

Al irse incrementando progresivamente la pérdida de carga, el caudal se reduce en proporción inversa, situación ésta que es compensada mediante una válvula reguladora, la cual introduce la pérdida de carga variable necesaria.

Tras el paso por el lecho de carbón el agua es recogida en el falso fondo y conducida al canal de salida, desde donde por gravedad mediante tubería pasa al siguiente elemento de proceso (canal de salida de filtros).

El sistema de regulación es idéntico al de los filtros de arena y por tanto, está realizado mediante lazo de control entre la válvula de regulación eléctrica situada en la tubería de agua filtrada de cada filtro y el nivel de radar de cada uno de los filtros de carbón activo. En función de unos niveles máximos y mínimos preestablecidos por el programador, la válvula regula la pérdida de carga necesaria para mantener dicho nivel entre los límites.

El funcionamiento de los filtros es automático, o semiautomático, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la pérdida de carga máxima a través del mismo y fijados los límites para la medida de nivel indicados previamente.

El automatismo básico de filtros es desarrollado por un autómatas programable (PLC), incorporado en el panel general de control en la Caseta N.º 2 (Equipos y CGDBT), el cual actúa sobre elementos requeridos.

Lavado de filtros

El lavado se efectúa mediante aire y agua a contracorriente. Todo el programa de lavado se realiza de forma automática, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la alarma por pérdida de carga admisible (nivel máximo permitido).

El sistema de lavado mediante aire y agua es común al de los filtros de arena, ya que debido al número de filtros y la frecuencia de lavado considerada, dimensionado el sistema para el caso más desfavorable, filtración CAG, es posible el uso del mismo equipo para ambas etapas con el consecuente ahorro.

Para el suministro del aire en el caso de los filtros de carbón activo sólo una de las dos soplantes instaladas está en funcionamiento, a un caudal requerido de 25,5 Nm³/h a 600 mbar.

El agua de lavado es tomada desde el depósito de agua filtrada tras los filtros de arena y en el caso de la lavado de los filtros CAG, las bombas para impulsión del agua de lavado, sólo una de ellas pues están en configuración 1+1R, y trabajan a 22,6 m³/h y 4,2 m.c.a.

La salida del agua de lavado se realiza mediante válvulas de bola o mariposa (según tamaño de la línea) automáticas que conducen también a la red de drenajes y vaciados de la planta piloto que comunica con el tanque de tormentas.

Accionamiento

Al igual que los filtros de arena, el funcionamiento de los filtros es automático, o semiautomático, previa iniciación manual del proceso, una vez detectada la pérdida de carga máxima a través del mismo y fijados los límites para la medida de nivel indicados previamente.

El automatismo básico de filtros, ya indicado anteriormente, es llevado a cabo por un autómatas programable (PLC), incorporado en el panel general de control en la Caseta Nº2 (Equipos y CGDBT), el cual actúa sobre elementos requeridos.

Como ocurría con filtros de arena, en los filtros de carbón activo se ha completado una fase de lavado optimizada incluyendo para ello, entre otras, las siguientes acciones de optimización:

- Aprovechamiento de la lámina de agua existente en el filtro: en lugar de comenzar el lavado con la lámina de agua en situación de funcionamiento, se procede a filtrar esta lámina sin alimentar el filtro hasta alcanzar una altura de agua estipulada ligeramente superior al lecho filtrante. Durante esta fase, el actuador de la válvula de salida de agua filtrada recibe una señal, mediante la cual se mantiene abierta hasta que la medida de nivel de radar alcanza el límite anterior mencionado y se corta la citada señal cerrando la válvula de salida. Tras lo cual comienza el contra lavado propiamente dicho.

Esto supone un ahorro de agua por filtro y lavado ya que en vez de enviar a vertido tras el lavado la lámina completa de agua del filtro, sólo vierte esta segunda lámina de menor altura.

- Lavado superficial: se realiza al mismo régimen que en la fase de filtración, en la última etapa del programa de lavado. Esto permite el arranque lento del filtro, ya que en esta fase la válvula reguladora está completamente cerrada. Inicialmente el actuador de la misma permite que la válvula permanezca parcialmente abierta, trabajando el filtro a un régimen muy inferior al nominal. Cuando el nivel en el interior está algo por debajo del nivel normal, se corta la señal inicial, alimentándose la válvula directamente con la señal emitida por el regulador de nivel, con lo cual la válvula queda posicionada al valor correspondiente al régimen de funcionamiento en la situación de pérdida de carga mínima que corresponde a la puesta en servicio posterior al lavado.

3.12. DESINFECCION FINAL

Al igual que en la etapa de oxidación/desinfección inicial, en la desinfección final se dispone de dos posibles alternativas para llevar a cabo el proceso de desinfección del agua tratada: cloro gas y dióxido de cloro. La dosificación en ambos casos se realiza en el propio depósito de agua tratada.

3.12.1. Dióxido de cloro (ClO_2)

El dióxido de cloro (ClO_2) es un desinfectante/oxidante que no reacciona con el agua ni se combina con la materia orgánica que esta pueda contener con lo que se consigue que con su uso no se generen trihalometanos (THM), lo cual es muy aconsejable en su uso en el agua potable.

A fin de cumplir RD 140/2003, las dosis en la desinfección final del agua tratada son:

Dióxido de cloro – desinfección final	
Número de líneas	1 Ud.
Dosis de media	0,7 ppm
Dosis de máxima	1,5 ppm

Tanto el sistema de generación como las dosificadoras son comunes con el sistema de pre-oxidación previsto y detallado en el apartado 3.5.1 Dióxido de Cloro (ClO_2)

3.12.2. Cloro gas (Cl_2 gas)

La instalación de cloro gas es común tanto para la etapa de oxidación/desinfección inicial como la desinfección final, como ya se ha explicado y se ha descrito en el apartado 3.5.2 Cloro gas.

Las dosis de uso para garantizar el cloro libre residual indicado en el RD 140/2003 son:

Cloro gas – desinfección final	
Número de líneas	1 Ud.
Dosis media de producto puro	1,5 ppm
Dosis máxima de producto puro	1,7-2 ppm

3.13. DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS

Los reactivos que se usan en la actualidad en la ETAP de Venta Alta son:

- Cloro gas para oxidación/desinfección dosificado en pretratamiento y como desinfectante en la tubería de agua producto que conduce al depósito regulador.
- Dióxido de cloro para oxidación/desinfección dosificado como el cloro gas, y en sustitución a éste, en pretratamiento.
- Sulfato de aluminio o Policloruro de aluminio como coagulante, dosificado en la cámara de reparto a las cámaras de coagulación.
- Almidón o Polidamac como floculantes dosificados en las cámaras de floculación (sustituyen al polielectrolito aniónico que se empleaba inicialmente).
- Hidróxido sódico para ajuste de pH en coagulación (inyectado en las cámaras de coagulación-floculación) así como en el agua producto (dosificado en la tubería que conduce al depósito regulador).
- Ácido hexafluosilícico (flúor).

En la planta piloto, únicamente no se simula la dosificación del ácido hexafluosilícico, y en cambio, se dosifica alguno no existente en la ETAP tal y como:

- Peróxido de hidrógeno
- Permanganato potásico
- Carbón activo en polvo
- Dióxido de cloro en agua tratada

La instalación de generación, preparación, almacenamiento y dosificación de los diferentes reactivos está localizada en la Caseta Nº1 de Reactivos. En ella se agrupan la mayoría de los reactivos, salvo:

- El sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de carbón activo en polvo, CAP, que se localiza en el Módulo Nº1 con separación respecto del resto de equipos de dicho Módulo, y clasificación ATEX
- Los sistemas de generación de Ozono y oxígeno, ubicados en la Caseta Nº2 de Equipos y CGDBT.

Para la agrupación de las instalaciones de almacenamiento y dosificación de los diferentes reactivos en las casetas, se ha tenido en cuenta la normativa de aplicación vigente en cada caso (RD 379/2001 por el que se aprueban el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6, MIE-APQ-7).

3.13.1. Coagulante

La fase de coagulación tiene lugar mediante mezcla rápida de un coagulante (Sulfato de alúmina o Policloruro de aluminio) en la cámara de mezcla previa al decantador.

En dicho Módulo Nº2, también está la floculación mediante inyección directa en mezclador estático de un floculante de naturaleza orgánica como el Polidamac o almidón y ayudante a la floculación como el Carbón Activo en Polvo (CAP) o permanganato potásico.

La instalación de almacenamiento y dosificación se compone de:

- Dos (1+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-3,8 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.
- Para el almacenamiento de coagulante se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l, resultando una autonomía de almacenamiento de 15 días a dosis media.

3.13.2. Floculante

La fase de floculación se ha simulado mediante adición de un floculante en un mezclador estático tras la cámara de mezcla donde tiene lugar la coagulación.

El floculante utilizado es Polidadmac o almidón, como en Venta Alta, en estado líquido. Dicho polielectrolito es de origen orgánico y apto para el consumo humano con lo que resulta especialmente adecuado para este uso.

La instalación de almacenamiento, preparación y dosificación se compone de:

- Dos (1+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.
- Para la preparación y almacenamiento del floculante a una concentración de 6 g/l se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l provisto de agitador, resultando en una autonomía de almacenamiento superior a 15 días a dosis media.

3.13.3. Permanganato potásico

El permanganato potásico no se emplea en la actualidad en la ETAP de Venta Alta.

Dicho reactivo se ha incluido en la planta piloto a fin de poder estudiar las condiciones de oxidación de materia orgánica, Fe^{2+} y Mn^{2+} de un modo distinto al utilizado en la ETAP. Para esto, se puede inyectar tanto en la llegada de agua bruta a la planta piloto así como en la entrada al decantador.

La instalación de almacenamiento, preparación y dosificación se compone de:

- Dos (1+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.
- Para la preparación y almacenamiento del reactivo a una concentración de 30 g/l, se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l provisto de agitador, resultando en una autonomía de almacenamiento de 15 días a dosis media.

3.13.4. Carbón activo en polvo (CAP)

Un reactivo no utilizado actualmente en la ETAP de Venta Alta es el carbón activo en polvo (CAP), sin embargo, dada la calidad de las aguas procedentes del canal de captación del Río Nervión, se ha instalado una dosificación de carbón activo en el mezclador estático de entrada a decantación, tras la cámara de mezcla rápida.

La preparación y dosificación del CAP se realiza mediante un sistema automático de preparación con clasificación ATEX en todos sus elementos (tolva, cuba) y por tanto está separado físicamente del resto de los equipos de la instalación y del Módulo N°1 mediante tabiques/paneles y dispone de cubeto de recogida bajo el tramex.

La instalación de almacenamiento, preparación y dosificación se compone de:

- Depósito de PPH con capacidad para 500 l de capacidad formado por 2 compartimientos cerrados (preparación y maduración), válvulas de vaciado y rebosadero.
- Conjunto de agua de llegada formado por válvula reductora de presión, válvula de regulación manual, electroválvula, filtro en Y, caudalímetro y dispensador abierto antiobturable.
- Toma de aspiración bombas dosificadoras.
- Sensor de nivel ultrasónico.

- Dos Agitadores mecánicos.
- Panel de control y potencia.
- Grupo de postdilución formado por: válvula de regulación manual, electroválvula, caudalímetro y válvula antirretorno.
- Tolva de 75 l de capacidad provista con interruptor de nivel mínimo.
- Dos (1+R) bombas dosificadoras de membrana de caudal 2,5-25 l/h y 12 bar de presión de operación.

La instalación de dosificación prevista compuesta de las dos bombas cuenta con todos los accesorios necesarios (válvulas de corte, retención y drenaje) y está ubicada en una bandeja soportada en la pared de separación ATEX respecto del resto del Módulo Nº1 y del Módulo 2.



Fig. 20 Instalación de Almacenamiento y Preparación de Carbón Activo

3.13.5. Hidróxido Sódico

En la planta se requiere ajuste de pH tanto para favorecer la coagulación, la oxidación avanzada así como para conseguir el pH de equilibrio en el agua tratada.

Por esto se ha instalado una dosificación de hidróxido sódico al 25% como se utiliza en la ETAP de Venta Alta.

La instalación de almacenamiento y dosificación se compone de:

- Cuatro (3+1R) bombas dosificadoras de membrana electromagnéticas, rango de caudal 0,02-2,2 l/h y presión de operación de 3,5 bar, siendo la presión máxima de trabajo del equipo de 12 bar.

- Para el almacenamiento del hidróxido sódico se emplea un (1) depósito de volumen unitario 280 l, resultando una autonomía de almacenamiento de 10 días a dosis media.

3.14. INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO

Se ha instalado instrumentación de proceso para medición en continuo de los parámetros a controlar en la planta piloto, tanto de campo como analítica.

Dicha instrumentación tiene las siguientes características generales:

Criterios de diseño generales	
Protocolo de comunicación, instrumentación de campo	Profibus PA
Protocolo de comunicación, instrumentación Analítica con controlador	Profibus DP
Protección ambiental, Equipos montados en los Módulos	IP 65
Protección ambiental, Equipos dentro de Casetas	IP 54
Tensión/Frecuencia de suministro	230 VAC/50Hz
Temperatura ambiente máx. diseño	40°C
Humedad relativa máx. diseño	80%
Materiales de las partes en contacto con el fluido, metálicos	Adecuados al fluido (316L para partes en contacto con Agua)
Materiales de las partes en contacto con el fluido, no metálicos	Adecuados al fluido en contacto (agua o reactivos)

Para el correcto funcionamiento de la planta piloto y la operación de la misma, la instrumentación instalada para el control en continuo de la planta es la siguiente:

Línea de Agua y dosificaciones de reactivos	Instrumentación de campo
Caudalímetro electromagnético	Llegada agua bruta
	Bombeo agua lavado
	Bombeo a post ozonización
	Salida agua tratada
Caudalímetro másico térmico	Aire de lavado
	Ozono gas de salida de Generadores de Ozono
Rotámetros	Agua de dilución/arrastre reactivos
Rotámetros con contacto 4-20 mA	Agua de arrastre Cl gas (pre-oxidación)
	Agua de arrastre Cl gas (desinfección final)
Transmisor Indicador de Presión	Llegada agua bruta
	Impulsión soplantes de lavado
Indicador de Presión	Bombeo agua lavado
	Bombeo a post ozonización
	Aire comprimido a instrumentación
	Impulsión de reactivos
	Línea de dilución de reactivos
Nivel indicador transmisor de radar	Filtros de arena
	Filtros de carbón activo
	Cámara de mezcla rápida
	Tanque de agua tratada

Línea de Agua y dosificaciones de reactivos	Instrumentación de campo
Nivel de flotador	Tanques de preparación de reactivos
	Tanques de almacenamiento de reactivos
	Tanque de agua filtrada
	Canal de agua bruta (2 uds)
	Tanque de agua filtrada

Línea de Agua	Instrumentación analítica
Medidor de turbidez	Llegada agua bruta
	Salida decantador
	Salida filtros arena
	Salida agua tratada
Medidor de Oxígeno disuelto	Llegada agua bruta
	Salida de agua tratada
Medidor de pH	Llegada agua bruta
	Entrada decantador
	Salida Post ozonización
	Salida de agua tratada
Medidor de Conductividad	Llegada agua bruta
	Salida de agua tratada
Medidor de Cloro residual	Salida decantador
	Tanque agua filtrada
	Salida de agua tratada
Medidor de Cloro en aire	Detector de fugas
Medidor de Dióxido de Cloro	Llegada agua bruta
	Salida decantador
	Tanque agua filtrada
	Salida de agua tratada
Analizador de ozono off-pass AOFG	Cámara de Pre ozonización.
Medidor de ozono residual en agua	Cámaras de Pre y Post ozonización (2 uds)
Medidor de ozono residual en aire	Destructor de Pre y Post ozonización (2 uds) Caseta Nº2 de Equipos/CGDBT (1 ud)
Medidor de THM	Salida de agua tratada (Caseta Nº3 Laboratorio/oficinas)
Medidor de TOC	Llegada agua bruta/ Entrada decantación / Salida decantación / Salida de agua tratada (Caseta Nº3 Laboratorio/oficinas)

En cada Módulo se han instalado los paneles para ubicación de la instrumentación de campo/analítica correspondiente, de forma que la operación/lectura/accesibilidad resulta fácil y adecuada.

3.15. SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares instalado en la planta piloto se describen en los siguientes apartados.

3.15.1. Agua de servicios

Se ha instalado en el Módulo N°5 un grupo de presión para agua de servicios de la planta.

Dicho grupo de presión suministra agua con calidad potable (aspirando del tanque de agua tratada localizado en el Módulo N°6) a los siguientes consumidores:

- Agua de arrastre para reactivos químicos (instalados en la Caseta N°1 de Reactivos).
- Agua para preparación de reactivos químicos (instalados en la Caseta N°1 de Reactivos).
- Medida de TOC del agua tratada (equipo instalado en el laboratorio, en la Caseta N°3 de laboratorio/oficinas).

Así mismo, cuenta con una conexión de la red de agua potable existente en el Edificio de Bombeo y Turbinado de Bolueta. Dicha conexión provee a la planta piloto de agua de servicios en caso de no disponer de agua tratada para su uso, de forma que se puede disponer de forma independiente de agua potable de una u otra forma.

El grupo de agua de servicios cuenta con:

- Dos (1+1R) bombas equipadas con variador de frecuencia y de las siguientes características: caudal 5 m³/h y presión 3,5 bar.
- 1 Calderín de 8 l
- Válvulas de corte, retención y drenaje
- Instrumentación
- Cuadro eléctrico/control

3.15.2. Agua potable

Los equipos con necesidad de suministro de agua potable que no pueden estar sujetos a posibles averías del grupo de presión indicado en el apartado anterior, reciben el caudal necesario de forma independiente a través de la conexión con la red existente de agua potable del Edificio de Bombeo y Turbinado anexo a la planta piloto.

Los consumidores indicados serán:

- Caseta N°3 de Laboratorio/oficinas:
 - Laboratorio
 - Baño
- Módulo N°1: Preparación de CAP.
- Caseta N°1 de reactivos: Floculante y ducha lavaojos.
- Caseta N°2 de Equipos/ CGDBT:
 - Generadores de ozono/oxígeno: refrigeración de los Sistema de Generación

3.15.3. Aire de servicios

Se ha instalado una red de aire comprimido para dar servicio a los consumidores que lo requieren:

- Instrumentación analítica que lo requiere, tal y como los medidores de TOC.

La calidad de aire requerida por los anteriores consumidores se obtiene mediante el paso del aire a alta presión a través de dos etapas de separación de aceites, para posteriormente pasarlo por una etapa de enfriado permite eliminar por condensación la mayor parte de la humedad.

El compresor de aire de servicios instalado tiene en cuenta el nivel sonoro requerido dada las características de la ubicación de la planta. Está ubicado dentro de una de las Casetas (Caseta Nº2 de Equipos/CGDBT), junto con las soplantes de lavado de filtros y los sistemas de generación de ozono y oxígeno, a fin de unificar los equipos con alto nivel sonoro y adecuar la caseta para cumplir los requisitos ambientales.

Se ha seleccionado un equipo de bajo nivel sonoro (69 dB(A)) por lo que no requiere de cabina de insonorización adicional y se cumple el límite de nivel sonoro establecido fuera de la Caseta donde va ubicado.

El equipo está compuesto por:

- Un (1) compresor rotativo de paletas, hydrovane o similar, montado sobre calderín con manómetro incorporado, de las siguientes características: caudal 120 lpm y presión máxima de 10 bar.
 - 1 sistema de refrigeración posterior incorporado, filtración y secador de adsorción.
 - Válvulas de corte, retención y drenaje.
 - Cuadro eléctrico/control.
- Limpieza de filtro de toma.

Existe un filtro de 6 mm que impide el paso de sólidos de mayor tamaño a la cámara donde están situadas las bombas de alimentación de la planta piloto. Este filtro necesita de limpiezas periódicas mediante aire comprimido a presión suministrado por este compresor.

Este equipo está situado en el laboratorio del Edificio de Bombeo y Turbinado anexo.

El equipo está compuesto por:

- Un (1) compresor rotativo de paletas, hydrovane o similar, montado sobre calderín con manómetro incorporado, de las siguientes características: caudal 120 lpm y presión máxima de 10 bar.
- 1 sistema de refrigeración posterior incorporado, filtración y secador de adsorción.
- Válvulas de corte, retención y drenaje.

Cuadro eléctrico/control.

3.15.4. Red de drenajes y saneamiento

Se ha ejecutado una red de drenajes de la planta que une los drenajes, vaciados y reboses de los Módulos y los drenajes de las Casetas.

Las fecales de los baños (que disponen de triturador con bomba con caudal suficiente para los 2 aparatos (lavabo e inodoro) y presión necesaria para llegar hasta el punto de conexión, a unos 18 m aproximadamente) también se unen a esta red de vaciados/reboses y saneamiento.

La línea de saneamiento procedente de las casetas y la de vaciados y drenajes de módulos y de las casetas, se unen en un único colector de DN125 PN10 que se conduce al semisótano en la cota +25, donde se localizan los baños del Edificio de Bombeo y Turbinado de Bolueta. El trazado de este colector es paralelo al de las tuberías de alimentación de agua bruta a la planta y de agua potable.

Al llegar a la cota + 25 se conduce al punto de conexión previsto junto a los baños del edificio de Bombeo y Turbinado, y se ha realizado un picaje con la conexión existente en DN110 de fecales que conecta actualmente con el tanque de tormentas.

3.15.5. Laboratorio

Se ha dotado a la planta piloto de un laboratorio que ha sido ubicado dentro de una de las Casetas, la Caseta Nº3. Esta es una caseta doble, estando compartimentada en varios habitáculos: el laboratorio, el almacén, sala de reuniones y sala de control, y baño.

El laboratorio cuenta con una alimentación eléctrica y de control y agua potable y servicios y se ha diseñado e instalado teniendo en cuenta la normativa de aplicación vigente en materia de seguridad y salud.

Este laboratorio está totalmente equipado con el material necesario para realizar labores básicas de análisis y control de la planta piloto.

Los equipos incluidos en el laboratorio se indican en la siguiente tabla:

Equipamiento de Laboratorio	
Equipos de sobremesa	Turbidímetro
	Espectro fotómetro
Equipos portátiles	pH-metro
	Conductivímetro
Resto de equipos:	Tomamuestras portátil automático
	Balanza granatario
	Equipos para Jar Test: Floculador 6 puestos
	Agitador calefactor magnético
	Frigorífico
	Sistema de filtración (rampa de 3 puestos y bomba de vacío)
Mobiliario	Materiales y reactivos requeridos para el correcto funcionamiento

3.16. INSTALACIONES ELECTRICIDAD Y CONTROL

3.16.1. Instalaciones eléctricas

3.16.1.1. Introducción

Las instalaciones y equipos eléctricos descritos en este documento tienen por objeto atender las nuevas necesidades eléctricas surgidas de la obra de la nueva planta piloto. Se describen y justifican dichos equipos siempre de acuerdo a la normativa vigente.

La descripción y detalle de las normativas bajo las cuales se ha realizado el proyecto de electricidad y control se muestra en el anejo de cálculos eléctricos.

La planta piloto se divide en los siguientes sectores:

- Caseta nº2 - Cuadro general de distribución baja tensión.
- Módulo 1 - Entrada de agua bruta / torres de contacto pre-ozonización / dosificación CAP.
- Módulo 2 - Cámara de mezcla / decantador Accentrifloc.
- Módulo 3 - Filtros de arena.
- Módulo 4 - Depósito de agua filtrada / bombeo de agua de lavado.

- Módulo 5 - Bombeo a post - ozonización / torres de contacto post - ozonización / desinfección UV / grupo de agua de servicios.
- Módulo 6 - Filtración por carbón activo / depósitos de agua tratada.
- Caseta nº1 – (Módulo 7) - Sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos químicos.
- Caseta nº3 - Laboratorio.
- Caseta nº4 - Oficinas.

Los criterios para el diseño de las instalaciones eléctricas han sido que cada módulo sea totalmente autónomo, habilitando para tal fin un cuadro de baja tensión al que le llega alimentación eléctrica y comunicaciones empezando por el cuadro general de distribución de baja tensión (CGDBT) situado en la caseta número 2.

Desde este CGDBT se alimentan los diferentes centros de control de motores (CCM) secundarios que componen las instalaciones eléctricas de la planta piloto de Etxebarri. No se consideran CCMs secundarios aquellos cuadros locales suministrados por fabricantes de equipos paquete. Cuando nos encontramos ante un caso así (Cuadro UV, grupo de presión etc...), este cuadro local es alimentado desde el cuadro de baja tensión que gobierna el módulo donde se encuentre, bien un CCM secundario o el propio CGDBT.

Como se explica más en detalle en el anejo de instrumentación y control, el PLC que gobierna la planta se ubica en un armario con envolvente metálica junto al CGDBT, y cada CCM secundario dispone de una estación de remota (RTU) que recoge toda la información de cada módulo.

El fabricante de los equipos eléctricos es de la misma marca que el fabricante de los equipos de control, siendo este Siemens. Los variadores de frecuencia son de la marca Power Electronics.

En cuanto al espacio de reserva, los CCMs disponen de un 20% de espacio de reserva en su interior para ampliaciones futuras, y tanto el PLC como las remotas disponen de un 25% de tarjetas de reserva equipadas para las señales físicas (entradas digitales, salidas digitales, entradas analógicas, salidas analógicas).

De manera esquemática se procede a resumir las partes principales de las instalaciones eléctricas de la planta piloto:

- Acometida eléctrica: El Consorcio de Aguas de Bilbao ha habilitado dentro de la sala de baja tensión del Bombeo y Turbinado, un interruptor de 100A desde donde parte la acometida a la planta piloto.
- CGDBT: El cuadro general de baja tensión es el cuadro principal de planta piloto y se encarga de la distribución de fuerza. Además, alberga el controlador lógico programable (PLC) en un armario aparte situado en la misma sala del propio CGDBT.
- CCM secundario: Se trata de los centros de control de motores instalados en cada módulo con excepción de los cuadros auxiliares en las casetas 3 y 4. Dentro de cada CCM secundario se encuentra instalada una estación remota (RTU) de recogida de señales.
- Cuadro local: Nos referimos con cuadro local, al cuadro suministrado por un fabricante de un equipo concreto y que tiene un funcionamiento autónomo (equipo paquete). Se facilita una alimentación y se recogen las señales que se estimen necesarias.
- Rack de distribución: Desde este rack se ha realizado la distribución tanto eléctrica como de comunicaciones de la planta. Estas instalaciones van por canalizaciones independientes, con bandeja de 200mm para las acometidas de fuerza y otra bandeja de 100mm para las acometidas de comunicaciones.
- Campo: Todos los elementos instalados en cada módulo y caseta que componen las instalaciones eléctricas de la planta piloto. Se incluye dentro de este punto toda la bandeja y conduit necesarios.

Las acometidas de fuerza a cada cuadro son de dos tipos. Por un lado, tenemos las acometidas de fuerza mediante interruptor tetrapolar a cada CCM secundario y por el otro, las alimentaciones provenientes del sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que acometen directamente a las fuentes de alimentación de cada PLC y RTU de la planta.

Para ver en mayor detalle la solución, ver los planos de electricidad y control presentados en este proyecto de construcción.

Por necesidades de diseño, la planta se puede desmontar, transportar y volver a montar en otro lugar.. Para ejecutar este proceso solo es necesario realizar la desconexión y conexión de las acometidas de fuerza, SAI y comunicaciones entre en CGDBT y los CCM secundarios.

Los cuadros eléctricos en exteriores son de envoltorio poliéster garantizando siempre un IP65. Por otro lado, los cuadros eléctricos en interior son metálicos con al menos IP55.

Los armarios que albergan el cuadro general de distribución de baja tensión y el PLC se componen de 1+1 módulos de 2000 de alto, 1000mm de ancho y 500mm de fondo + 2000 de alto, 800mm de ancho y 500mm de fondo para el lado de fuerza y 1 módulo de 2000 de alto, 800mm de ancho y 400mm de fondo para el PLC. Los cuadros de los skids son de dimensiones más pequeñas, cuyas medidas definitivas se pueden ver en el apartado de planos y esquemas eléctricos desarrollados.

3.16.1.2. Normativa aplicable

La descripción y detalle de las normativas bajo las cuales se ha realizado el proyecto de electricidad y control se muestra en el anejo A8_Cálculos Eléctricos del proyecto de construcción.

A continuación, se proceden a describir las partes de las que constan las instalaciones eléctricas.

3.16.1.3. Acometida eléctrica

La acometida eléctrica se ha realizado desde el CCM de baja tensión del edificio de bombeo y turbinado, situado cerca de la planta piloto, en el mismo entresuelo del tanque de tormentas.

Dentro de la obra del Bombeo y Turbinado se ha habilitado una acometida de 100A a la cual se conecta la planta piloto, mediante un cable de 3,5x50mm² de sección. Este y los demás cables instalados en estas instalaciones son de material conductor cobre, no se contempla la utilización del aluminio como conductor.

En el interior de la caseta nº2 soplantes de aire de lavado / sala eléctrica, se instala el CGDBT que alimenta a los CCMs secundarios situados a lo largo de los módulos prefabricados. Además, en un armario aparte situado en la misma sala del propio CGDBT, se ubica el controlador lógico programable (PLC).

Se ha realizado una distribución TT, de manera que al CGDBT le llegan las fases R S T, el neutro. Los cables de acometida eléctrica se han instalado en bandeja de PVC con tapa en todo su recorrido hasta el rack de la planta piloto. En los tramos donde no se puede utilizar bandeja, se ha empleado tubo flexible de PVC de sección adecuada, por consiguiente, estos cables no serán armados.

Debido a que existen diferentes salas en el entresuelo del tanque de tormentas, con el objetivo de no pasar el cable de acometida a lo largo de las mismas se ha utilizado el suelo técnico habilitado por el CABB hasta la parte exterior.

A partir de este punto, la bandeja que transporta la acometida eléctrica va instalada sobre pared, hasta colocarse paralela a las tuberías que se dirigen a la planta piloto. Esto se ha tenido en cuenta a la hora de abrir pasos en muros y paredes existentes asegurando el paso correcto de las canalizaciones eléctricas.

Por otro lado, existen elementos que deben ser alimentados desde la planta piloto, como son el compresor de aire instalado en el laboratorio del Bombeo y Turbinado, dos válvulas eléctricas, dos boyas de nivel y las bombas de captación de agua del río.

Por tanto, se han instalado dos tiradas de bandeja de PVC de 100mm de anchura, una para fuerza y otra para control. Además, para llevar el cable desde estos elementos hasta los receptores se ha utilizado tubo de PVC por lo que no hace falta que este cable sea armado. El cable de fuerza es el que va a una tensión de 400Vac o 230Vac, y el cable de control es el que va a 24Vdc, 24Vac o el cable de comunicaciones (Ethernet).

La parte de comunicaciones con Venta Alta queda definida en el anejo sobre instrumentación y control del proyecto de construcción

El programa de necesidades y potencia instalada, listado de cargas (unidades en funcionamiento, en reserva, potencias totales (instalada, consumida) se muestra en el anejo de cálculos eléctricos.

3.16.1.4. Cuadros de Baja Tensión

Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (CGDBT)

Se trata del cuadro principal desde donde se alimenta el resto de elementos de la planta. El cuadro de aparamenta fija y de 10kA de poder de corte, cumple con el REBT tras realizar los cálculos eléctricos justificativos.

Como cuadro principal de la planta, el CGDBT está concebido para realizar las siguientes funciones:

- Alimentación de las cargas que componen la captación de agua bruta.
- Alimentación de las propias cargas de la caseta a la que pertenece.
- Alimentación de los diferentes CCMs secundarios de la planta.
- Distribución de alimentación de SAI al PLC y a las diferentes remotas.
- Albergar el PLC de la planta.

El transformador desde el que se alimenta la planta piloto es de 250kVA, con tensión de cortocircuito del 6%, siendo la distancia entre el transformador y la acometida del CGDBT superior a 100 metros. Se ha realizado una simulación, en un caso pesimista, que sería acercar al máximo el transformador al cuadro general de distribución. Se ha realizado una simulación utilizando el software ETAP, donde queda demostrado que un embarrado de 10kA sería más que suficiente.

Los cálculos justificativos del embarrado del CGDBT se exponen en el anejo cálculos eléctricos del proyecto de construcción.

El CGDBT tiene una potencia demandada por el proceso de 43,89 kW con una intensidad que asciende a 79,20A, con lo que los 100A del interruptor que se ha dejado de reserva son suficientes para dar servicio a la planta piloto.

Desde el CGDBT se alimentan las bombas de agua bruta 1 y 2, y el compresor de aire de la captación a agua bruta. Además, se da servicio a las soplantes de lavado de filtros y demás cargas de la caseta nº2.

El sistema de tierras elegido es TT por tanto, todos los accionamientos del CGDBT disponen de protección magnetotérmica y diferencial.

Por último, la acometida del CGDBT dispone de analizador de redes y de interruptor de rearme motorizado. Es la acometida principal de la planta piloto por tanto, es donde se pueden ver los parámetros eléctricos online y tenemos la posibilidad de rearme automático. Así mismo, las salidas a los CCMs y los equipos con controlador electrónico disponen de la opción de rearme automático.

El cableado entra por la parte inferior de la caseta y sale por la parte superior para cruzar el primero de los pasillos existentes, habilitando el paso de personal. Después, las bandejas entran en el rack general desde donde se distribuye al resto de módulos.

Centro de Control de Motores (CCM)

Se ha instalado un CCM secundario por módulo, desde donde se alimentan todos los consumidores de la caseta o módulo donde esté instalado.

A continuación se listan los centros de control de motores que componen la instalación:

- CCM-1: Módulo 1 – Entrada de agua bruta / torres de contacto pre-ozonización / dosificación CAP.
- CCM-2: Módulo 2 – Cámara de mezcla / decantador Accentrifloc.
- CCM-3: Módulo 3 - Filtros de arena.
- CCM-4: Módulo 4 - Depósito de agua filtrada / bombeo de agua de lavado.
- CCM-5: Módulo 5 - Bombeo a post - ozonización / torres de contacto post - ozonización / desinfección UV / grupo de agua de servicios.
- CCM-6: Módulo 6 – Filtración por carbón activo, depósitos de agua tratada.
- CCM-7: Caseta nº1 – (Módulo 7) - Sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos químicos.

En la caseta nº3 hay dos cuadros auxiliares de aparamenta fija, alimentando las cargas propias de la sala de control y de reuniones, las del laboratorio, etcétera. No disponen de estaciones remotas en su interior. En caso de que sea necesario recoger alguna señal de instrumentación del laboratorio, esta se lleva al CCM-7 de la caseta nº1.

Cada CCM del 1 al 7, llegan 3 tipos de acometida. En primer lugar, la acometida de fuerza, en segundo lugar, la acometida de SAI y en tercer lugar las conexiones de comunicaciones. El esquema de comunicaciones se explica con detalle en el anejo de instrumentación y control.

La acometida de fuerza está compuesta por una manguera tetrapolar, con las 3 fases y el neutro. De esta manera se hace una distribución de neutro por toda la instalación.

La acometida de SAI es monofásica, y desde ella se hace una distribución también a 230Vac a los diferentes CCMs de la planta piloto. El embarrado de distribución de SAI está dentro del CGDBT.

Para homogeneizar la planta se ha previsto también que los embarrados de los CCMs sean también de 10kA.

La aparamenta principal y los equipos suministrados son de Siemens. Una marca adicional admitida por el CABB para equipos importantes como son los variadores de frecuencia es Power Electronics.

En cuanto al modelo de variadores de frecuencia elegido, se suministra la gama SD500 de Power Electronics que empieza a partir de los 0,75kW con capacidad de regulación. Para un correcto funcionamiento de los variadores de frecuencia, es importante ajustar su rango a la potencia del motor cuya velocidad pretendemos variar.

3.16.1.5. Cableado de Baja Tensión

En este apartado se incluye todo el cableado de fuerza de la planta, tanto de las acometidas, como también de las alimentaciones a motores, instrumentos, circuitos de alumbrado, etcétera.

Se han elegido cables RZ1-k (AS) 0,6/1kV y RZ1MZ1-K (AS) 0,6/1kV ya que en caso de incendio aseguran una baja emisión de humos y gases corrosivos. Estos cables pueden ser armados o no, dependiendo de donde vayan instalados.

Como norma general, no se han utilizado cables armados para alimentación a equipos, ya que las características de la instalación permiten poder proporcionar una adecuada protección mecánica mediante tubos y/o bandejas. Por ejemplo, tanto la acometida al cuadro general de distribución de baja tensión, como también a los cuadros secundarios se ha realizado con cable sin armar, ya que van instalados en bandeja de PVC perforada con tapa y/o tubo de PVC flexible.

Los cables RZ1-K (AS) 0,6/1kV se fabrican con cubierta de color verde según la UNE 21123, aunque pueden fabricarse en otros colores según la IEC 60502.



Fig.3. Cable RZ1MZ1-k

- Conductor de cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228.
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1.
- Cubierta de poliolefina termoplástica tipo DMZ-E según UNE 21123 y UNE-HD 603-1.
- Tensión nominal 0,6/1 kV.
- Tensión de ensayo 3.500 V.C.A.
- Temperatura máxima de 90°C.

En caso de alimentaciones a variadores de frecuencia el cableado a utilizar ha sido del tipo ROZ1-K, cables indicados para usar en instalaciones en las que se presentan grandes variaciones de frecuencia. UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502.

En el anejo cálculos eléctricos se explica detalladamente los pasos dados para la determinación de las secciones de los cables.

3.16.1.6. Canalizaciones eléctricas

Para las canalizaciones de las instalaciones de fuerza y control de la Planta Piloto de Bolueta se ha elegido bandeja de PVC perforada tipo UNEX U23X color gris o similar, con tapa.

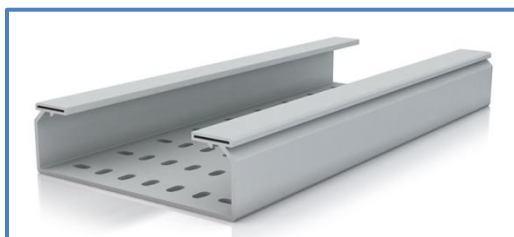


Fig. 4. Bandeja tipo UNEX U23X

Como norma general, siempre se ha dotado al cableado de protección mecánica, bien porque se está instalando cable armado o bien porque la bandeja instalada dispone de tapa.

En cuanto a la acometida eléctrica, la bandeja que viene desde el interruptor de 100A facilitado por la obra de Bombeo y Turbinado dispone de tapa como también, la bandeja instalada en el rack de la planta piloto. Este rack es el que lleva las alimentaciones de fuerza, SAI y comunicaciones a los diferentes cuadros de la planta. Aquí, los cableados de fuerza y control van separados, dejando para las acometidas de fuerza y SAI una bandeja de 200 mm y para las comunicaciones una bandeja de 100 mm.

En cuanto a las instalaciones dentro de cada Módulo o Caseta, la distribución hasta el equipo final también se ha realizado a través de bandeja con tapa o Conduit para dotar de protección mecánica, de lo contrario el cable debe ser del tipo armado.

Las bandejas que unen los CCM secundarios con el CGBT atraviesan varios módulos, pero no están cortadas entre módulo y módulo para facilitar el desmontaje de la planta en caso de querer transportarla. Por ello, y en caso de desmontaje de la planta, se deberán retirar los cables que van por esas bandejas, en primer lugar, y posteriormente realizar los cortes en las bandejas entre módulos.

3.16.1.7. Iluminación de la planta piloto

.

En cada zona de las áreas ampliadas, los niveles de iluminación cumplen lo siguiente, teniendo en cuenta las directrices que marca la normativa:

- Laboratorio, sala de control y despacho: 500 lux
- Taller y zonas de trabajo manual: 300 lux
- Almacén, pasillos: 150 lux
- Alumbrado de emergencia: 5 lux

En los locales de trabajo se han instalado puntos para alumbrado de emergencia mediante equipos autónomos de emergencia.

En caso de riesgo de explosión, las luminarias suministradas son del tipo antideflagrante.

Los cálculos luminotécnicos se realizaron con el software Dialux. En el anejo de cálculos eléctricos del proyecto de construcción se muestran los resultados obtenidos, donde se puede observar que cumplen con el requerimiento de los 300 lux para zonas de trabajo manual y de los 5 lux para el alumbrado de emergencia.

3.16.1.8. Cálculo de compensación de energía reactiva

Este proyecto no tiene contemplada la corrección del factor de potencia en la planta piloto, sino que se corrige desde el cuadro general que alimenta la planta.

3.16.1.9. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen con objeto, principalmente, de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar, en un momento dado, las masas metálicas. Además de asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Las conexiones de los cables con las partes metálicas se han realizado asegurando las superficies de contacto mediante tornillos, elementos de compresión, remates o soldadura de alto punto de fusión.

Los cables del circuito de tierra han sido lo más cortos posibles, (en el caso de las derivaciones) para no estar sometidos a esfuerzos mecánicos. Estos cables están protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Las consideraciones realizadas para su cálculo se muestran en el anejo cálculos eléctricos.

Se ha generado una red equipotencial para unir todas las tierras. Por un lado, las tierras de cada módulo y caseta van conectadas a las pletinas de tierras del cuadro de baja tensión dedicado a esa zona. Por otro lado, todas las tierras de los cuadros secundarios van conectadas a las tierras del cuadro general de distribución. Por último, desde el CGDBT se lanza un cable RZ1-k verde y amarillo de 50mm² para conectar la tierra de la planta piloto con la red de tierras de las instalaciones del CABB.

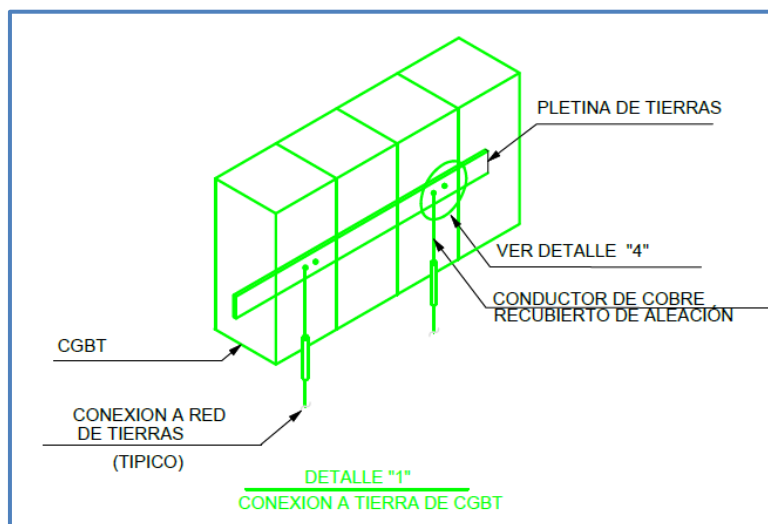


Fig. 5. Conexión a tierra

3.16.1.10. Ventilación y aire acondicionado

La planta piloto de Etxebarri está formada por 10 módulos diferentes, 7 de ellos están abiertos pero los 3 restantes los forman casetas cerradas que hay que ventilar y climatizar adecuadamente.

Las casetas objeto de estas instalaciones son las siguientes:

- Caseta Nº2 – Cuadro general de distribución baja tensión
- Caseta Nº3 - Laboratorio y oficinas.
- Caseta Nº4- Sala de reuniones.

En cuanto a la ventilación, existe ventilación natural formada por las propias ventanas de las casetas y las rejillas de ventilación que facilitan la circulación de aire por el interior de estas.

Así mismo existe climatización, compuesta por tres splits, cada uno de ellos compuesto por una máquina exterior y otra interior. La primera unidad está ubicada en la sala eléctrica donde se encuentra el cuadro general de distribución de baja tensión. La segunda unidad se encuentra en la sala de control y supervisión de la planta piloto. La última está instalada en la sala de reuniones.

Los equipos están alimentados desde el cuadro de la caseta al que pertenecen.

3.16.2. Instrumentación y control

3.16.2.1. Descripción del equipamiento de electricidad y control

Las instalaciones de automatización y control descritas en este documento tienen por objeto atender las necesidades surgidas de la obra de la nueva planta piloto. Se describen y justifican dichos equipos siempre de acuerdo a la normativa vigente.

La descripción y detalle de las normativas bajo las cuales se ha realizado el proyecto de control están descritas en el anejo de cálculos eléctricos del proyecto de construcción

Por otro lado, las especificaciones técnicas de todos los equipos de electricidad y control que forman parte del proyecto están en el anejo A10_Equipos electromecánicos del proyecto de construcción, así como en el documento A3, de manual de explotación del presente proyecto. En él se describen con detalle los cuadros de mayor tamaño, sin embargo, los cuadros que van en los skids resultan ser más pequeños y de material poliéster.

La planta piloto se divide en los siguientes sectores:

- Caseta nº2 - Cuadro general de distribución baja tensión.
- Módulo 1 - Entrada de agua bruta / torres de contacto pre-ozonización / dosificación CAP.
- Módulo 2 - Cámara de mezcla / decantador Accentrifloc.
- Módulo 3 - Filtros de arena.
- Módulo 4 - Depósito de agua filtrada / bombeo de agua de lavado.
- Módulo 5 - Bombeo a post - ozonización / torres de contacto post - ozonización / desinfección UV / grupo de agua de servicios.
- Módulo 6 - Filtración por carbón activo / depósitos de agua tratada.
- Caseta nº1 – (Módulo 7) - Sistema de almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos químicos.
- Caseta nº3 - Laboratorio y oficinas.
- Caseta nº4 - Sala de reuniones.

Los criterios para el diseño de las instalaciones de automatización y control han sido que cada módulo sea totalmente autónomo, habilitando para tal fin un controlador lógico programable (PLC) y estaciones remotas (RTUs) (a los que les llegarán comunicaciones vía Ethernet) y alimentaciones desde el sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).

La SAI (Sistema de alimentación ininterrumpida) tiene su propio embarrado dentro del cuadro general de distribución de baja tensión y alimenta a las fuentes de alimentación tanto del PLC de la planta piloto, como también al resto de remotas que forman parte de las instalaciones.

Desde este PLC, se recoge la información proveniente de las estaciones remotas (RTU) instaladas dentro de las envolventes de los diferentes centros de control de motores (CCM) secundarios de la planta. No se consideran CCMs secundarios aquellos cuadros locales suministrados por fabricantes concretos (equipos paquete). En este caso, los cuadros locales se han comunicado desde el propio módulo o caseta, y para ello se han habilitado tantos tipos y número de tarjetas como han sido necesarias en el PLC o RTU correspondiente.

Normalmente, los cuadros locales de los equipos paquete funcionan de una manera autónoma a través de sus propios autómatas y mediante sus propias lógicas de funcionamiento.

En el PLC de cabecera situado dentro de la envolvente del cuadro general de distribución de baja tensión se generan tres tipos de redes:

- Ethernet
- Profibus DP
- Profibus PA

El fabricante del sistema de automatización y control es de la misma marca que el fabricante de los equipos de control, siendo este Siemens. Una marca adicional admitida por el Consorcio de Aguas de Bilbao es Power Electronics para los variadores de frecuencia

Partes Principales de las Instalaciones de Instrumentación y Control

De manera esquemática se procede a resumir las partes principales de las instalaciones de automatización y control de la planta piloto:

- Sala de control: La sala de control está ubicada dentro de la caseta número 3 nombrada caseta de laboratorio y oficinas. Está formada por un ordenador de mesa y una impresora.

- Switch1: Se trata del switch ubicado en la misma envolvente que el PLC, para facilitar la comunicación entre la zona de supervisión y la zona de control. Conecta los elementos de la sala de control con el PLC.
- PLC: Se ha instalado en un armario metálico aparte situado en la misma sala del propio CGDBT.
- SAI: El sistema de alimentación ininterrumpida se ha ubicado dentro de la sala eléctrica donde está instalado el CGDBT junto con él PLC. Se ha habilitado un embarrado propio de 230V para realizar las correspondientes alimentaciones tanto a la fuente de alimentación del PLC, como también de las RTUs.
- Switch2: Se trata del switch que conecta todas las RTUs con el PLC, encontrándose también dentro de la sala eléctrica donde está instalado el CGDBT junto con él PLC.
- RTU: Se ha instalado una estación remota dentro de cada CCM secundario que comunica vía Ethernet o profinet con el PLC de cabecera. No se entienden como cuadros secundarios los cuadros auxiliares para el laboratorio y para las oficinas.
- Cuadro local: Nos referimos con cuadro local, al cuadro suministrado por un fabricante de un equipo concreto y que tiene un funcionamiento autónomo, pudiendo albergar un pequeño autómatas en su interior. Se facilita una alimentación y se recogen las señales que se estimen necesarias.
- Relés inteligentes: todos los arranques directos y con variador de frecuencia disponen de un dispositivo inteligente como Simocode PROV en la maniobra. La información proveniente de estos equipos se recoge mediante bus de campo.
- Instrumentación: Siempre que ha sido posible se han instalado instrumentos que comuniquen vía profibus PA o profibus DP. Esto no siempre es factible debido a que no todos los fabricantes de instrumentos ofrecen profibus PA en sus sistemas, cuando esto ocurre se han utilizado señales cableadas 4-20mA.
- Se ha incluido dentro de este punto toda la bandeja y conduit necesario, de características definidas en el punto sobre instalaciones eléctricas de esta memoria.

Se ha equipado la planta con un sistema de control y supervisión de altas prestaciones de acuerdo al estado actual de la tecnología. El sistema se basa en una arquitectura de control abierta y modular que permite una posible ampliación futura de la planta sin necesidad de grandes modificaciones.

El control está totalmente automatizado mediante un PLC de alta gama encargado de adquirir las señales de proceso y de ejecutar las lógicas de control programadas. Todos los equipos suministrados por Cadagua cumplen las especificaciones técnicas del CABB, en el caso concreto del PLC, de la gama S7300 de Siemens.

El PLC y las RTUs se han comunicado con el sistema SCADA de supervisión y control local mediante una red de comunicaciones de altas prestaciones. Se puede operar tanto el proceso como la totalidad de los sistemas, instalaciones y equipos que conforman la planta, asegurando la máxima disponibilidad.

La programación se ha realizado de forma abierta, estructurada, debidamente comentada y de fácil acceso para su modificación. Se entrega la propiedad intelectual del desarrollo realizado tanto en la programación del sistema suministrado como en el resto de programación dedicada al proyecto.

La planta piloto se ha conectado a las instalaciones de Consorcio de Aguas de Bilbao vía Ethernet a través de la boca de un switch que el CABB ha facilitado para tal fin. Este switch se encuentra también muy cerca de donde parte la acometida eléctrica hacia la planta piloto.

Redes de Comunicaciones

Existen tres maneras de comunicaciones en la planta piloto.

Para comunicar el PLC con las estaciones remotas se ha optado por generar un anillo Ethernet en cobre por toda la planta.

En cuanto a las comunicaciones mediante profibus PA, la solución con Siemens permite hacerlo mediante el DP/PA link en anillo.

Las comunicaciones con profibus DP se han realizado mediante dos segmentos de cobre. El motivo es que no se pueden generar anillos con profibus DP en cobre, tendrían que ser en fibra óptica y no tiene ningún sentido utilizar fibra óptica en una planta tan pequeña.

3.16.2.2. Dimensionamiento del sistema de control

El dimensionamiento del sistema de control depende del número de señales recogidas en las diferentes partes de la planta. Las señales del sistema se captan vía módulos de entradas y salidas convencionales y/o tarjetas de comunicaciones. Todos los módulos tienen funciones de diagnóstico y permiten su inserción y extracción en tensión.

Tanto la sala de control, como el autómatas y las remotas van alimentados por medio de un sistema de alimentación ininterrumpida "UPS" de 10 minutos de autonomía.

A continuación, se muestra una tabla con el total de señales recogidas aproximadamente por el sistema de automatización y control de la planta piloto, divididas en entradas digitales (ED), salidas digitales (SD), entradas analógicas (EA), salidas analógicas (SA) y elementos que van con comunicación (buses de campo):

PLC + RTUs	Número total de señales
Entradas Digitales	275
Salidas Digitales	36
Entradas Analógicas	19
Salidas Analógicas	26
Elemento con comunicación	45

En caso de haber incremento de señales, se instalarán todas las tarjetas y cableado necesarios.

Además, el hardware de control de la planta piloto dispone de un 20% de reserva equipado.

3.16.2.3. Instrumentación

Con carácter general, la instrumentación se comunica con el PLC mediante profibus DP y/o profibus PA. Como se ha explicado anteriormente, desde la ubicación del PLC de cabecera se generan las redes profibus DP y profibus PA.

Mediante la Solución con Siemens se ha generado un anillo profibus PA y dos segmentos profibus DP, y mediante la solución con Schneider generaremos dos segmentos profibus PA y dos segmentos profibus DP.

Los dicho con anterioridad queda perfectamente definido en las arquitecturas de control que se han mostrado en el punto anterior.

Cuando vamos con profibus DP a un elemento la conexión y comunicación es directa, no se necesita ningún elemento intermedio. No ocurre lo mismo cuando la comunicación es mediante profibus PA. En primer lugar, se hace una conversión de profibus DP a profibus PA es decir, el profibus PA sólo se genera partiendo primero de profibus DP.

Una vez obtenido profibus PA, ya sea en anillo o mediante segmentos, este se distribuye a los instrumentos en estrella a través de cajas específicas como la que se muestra en la siguiente figura:



Fig. 6. Cajas de distribución

De todas formas, hay fabricantes de instrumentos que no disponen de equipos capaces de comunicar en estos protocolos de comunicación. En tal caso, se han considerado 4-20mA como se ha venido haciendo en el pasado antes de la llegada de los buses de campo.

La señal 4-20mA es una señal que se cablea con cable RC4Z1-k a una tarjeta de señales analógicas de nuestro PLC o remota. Es una solución adoptada habitualmente en plantas pequeñas y facilita la puesta en marcha, ya que es más sencillo determinar el origen de fallos al estar cada elemento cableado a una tarjeta.

La instrumentación prevista y recogida en los diagramas de flujo correspondientes permite el control completo del proceso propuesto.

3.16.2.4. Cableado de instrumentación y control

En este apartado se incluye todo el cableado de control e instrumentación de la planta, tanto de los instrumentos, como también el cableado de señales del cuadro general de distribución de baja tensión, centros de control de motores, cuadros locales suministrados por fabricantes de equipos concretos, etcétera.

Cuando la recogida de señales no va con bus de campo, se han elegido cables RC4Z1-k (AS) 0,6/1kV y RZ1MZ1-K (AS) 0,6/1kV ya que en caso de incendio aseguran una baja emisión de humos y gases corrosivos.

Los cables RZ1MZ1-K (AS) 0,6/1kV se fabrican con cubierta de color verde según la UNE 21123, aunque pueden fabricarse en otros colores según la IEC 60502.



Fig. 8. Cable RZ1MZ1-k de 3x1,5 mm²

- Conductor de cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228.
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1.
- Cubierta de poliolefina termoplástica tipo DMZ-E según UNE 21123 y UNE-HD 603-1.
- Tensión nominal 0,6/1 kV.
- Tensión de ensayo 3.500 V.C.A.
- Temperatura máxima de 90°C.

Cuando la instrumentación va con bus de campo se han utilizado dos tipos de cable según los requerimientos de cable del fabricante. Se pueden tener instrumentos comunicados mediante profibus DP o podemos tener instrumentos comunicados mediante profibus PA.

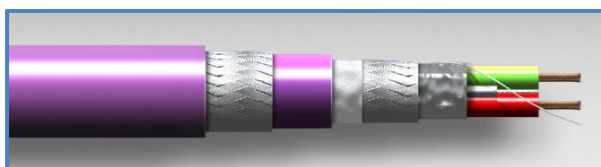


Fig. 9. Cable Profibus DP

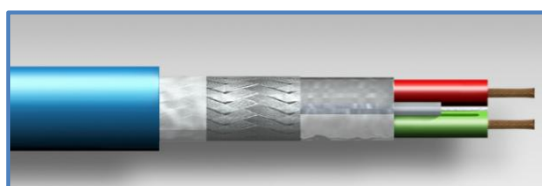


Fig. 10. Cable profibus PA

Para la comunicación entre los relés configurables y el PLC y/o las remotas, se han utilizado los protocolos de comunicación profinet o Ethernet.



4. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución, inicialmente planteado en seis (6) meses), ha sido finalmente de diez (10) meses.

5. PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de Garantía de las obras es de VENTICUATRO (24) MESES, contando a partir del día siguiente de la fecha del Acta de Recepción de las obras, que fue el día 6 de agosto de 2018.~~el 24 de Julio de 2.018.~~

Durante el mismo, el Contratista vendrá obligado a velar por la buena conservación de las obras, a la vez que subsanará los que surjan durante la vigilancia de dicha garantía, siendo imputables a defectuosa ejecución.

6. CERTIFICACIÓN FINAL.

El Presupuesto Líquido de Ejecución por Contrata de las obras del Proyecto de Construcción de la Planta Piloto para Ensayos de Tratamiento de Aguas del Río Nervión en Etxebarri ascendía a la cantidad de **UN MILLÓN CUATRO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON NUEVE CENTIMOS (1.004.669,09 Euros)**, IVA excluido.

Considerando que la Certificación final de la obra por trabajos realizados, se eleva a la cifra de **UN MILLÓN CIENTO CUATRO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS CON SEIS CENTIMOS (1.104.935,06 Euros)**, resulta un exceso en el Presupuesto de Licitación respecto lo ejecutado en obra de **CIEN MIL DOSCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y SIETE CENTIMOS (100.265,97 Euros)**, excluido IVA, lo que representa un adicional del 9,98 % del citado Presupuesto Líquido Vigente.

7. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO

El Proyecto de Obas Ejecutadas está integrado por los siguientes documentos:

Documento Nº 1 Memoria y Anejos

Memoria

Anejo Nº1: Acta de precios contradictorios

Anejo Nº2: Documentación administrativa del contrato

Anejo Nº3: Manual de explotación

Anejo Nº4: Documentación técnica

Documento Nº2 Planos

Documento Nº3.1 Mediciones

Documento Nº3.2 Cuadro de precios N.º 1

Documento Nº3.3 Valoraciones parciales y generales

Documento Nº3.4 Datos para la certificación final



8. CONSIDERACIONES FINALES

En consecuencia, se propone la presentación al Comité Directivo del Consorcio de Aguas el "Proyecto de Obras Ejecutadas de la Planta Piloto para Ensayos de Tratamiento de Aguas del Río Nervión en Etxebarri", para su aprobación, si procede.

Bilbao, septiembre 2018

Director del Proyecto

Autor del Proyecto

Fdo. Santos Paunero Herrero

Fdo. Gonzalo Pedraz Yañez