



MÁSTER EN GESTIÓN Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MASTER

"CONTROL DE PROCESO, ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE EMBOTELLAMIENTO DE AGUA EN LA ETAP LAS ERAS (VALLADOLID)"

MARTA CASARES RUIZ
JULIO, 2012

M^a DOLORES BERMEJO, profesor/a del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Valladolid, y M^a JOSÉ GONZÁLEZ PEÑA, Jefa de Planta de Aguas de Valladolid.

INFORMAN:

Que D^a. MARTA CASARES RUIZ ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Master titulado "*Control de Proceso, Análisis de Eficiencia Energética y Puesta en Marcha de la Planta de Embotellamiento de Agua en la ETAP Las Eras (Valladolid).*"

Valladolid, 11 de Julio de 2012

Fdo. M^a Dolores Bermejo

Fdo. M^a José González

Reunido el Tribunal designado por el Comité Académico del Master en Gestión y Tecnología Ambiental, para la evaluación de Trabajos Fin de Master, y después de estudiar la memoria y atender a la defensa del trabajo "*Control de Proceso, Análisis de Eficiencia Energética y Puesta en Marcha de la Planta de Embotellamiento de Agua en la ETAP Las Eras (Valladolid)*", presentado por el alumno D. MARTA CASARES RUIZ, decidió otorgarle la calificación de _____.

Valladolid, 11 de Julio de 2012

El Presidente

El Secretario

Fdo.:

Fdo.:

Vocal

Fdo.:

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	7
METODOLOGÍA.....	7
Control de planta	8
Eficiencia energética	9
Puesta en marcha de la planta de embotellamiento/envasado de agua.....	11
Descripción embotelladora.....	12
Sistema de autocontrol para el envasado de agua de la ETAP Las Eras	12
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	20
Planta de envasado de agua.....	20
Eficiencia energética	22
JUICIO CRÍTICO	23
DOCUMENTOS DE REFERENCIA	25
Normativa de aplicación	25
Otra documentación de referencia	26
Bibliografía Web	27
ANEXO I. PROCEDIMIENTO DE EXPLOTACIÓN DE LA ETAP LAS ERAS	28
ANEXO II. INFORME MENSUAL CONTROL DE PLANTA	33

RESUMEN

La presente memoria es el resultado del trabajo realizado durante dos meses en la Estación de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) Las Eras, en Valladolid. Durante este período de tiempo, la autora ha sido partícipe del trabajo diario que tiene lugar en una planta de estas características: control de planta, valoración de consumos energéticos, actualización de bases de datos, operaciones de mantenimiento (visualización), puesta en marcha de equipos, etc.

Puesto que muchas de las tareas simplemente forman parte de la gestión diaria de una ETAP, no se tratarán en profundidad todas y cada una de ellas en esta memoria. Se prestará especial atención sobre: el control de planta, el análisis de la eficiencia energética y la puesta en marcha de la planta de embotellamiento/envasado de agua.

El control de planta se ha abordado de dos formas. Por un lado, se han actualizado las hojas de control diario de los sistemas periféricos (depósitos) asociados al sistema de potabilización de agua de Valladolid. Por otro lado, se ha analizado el sistema de control diario de la planta a través de la toma de datos de los parámetros críticos de control en la ETAP Las Eras de Valladolid, y se ha utilizado un ejemplo de informe mensual que deriva de esta actividad para presentarlo en la presente memoria. Este control se centra, principalmente, en la medida del desinfectante residual, el consumo energético, la presión, el caudal, y el consumo de reactivos en la planta.

En el control de planta, se hacen mediciones del consumo energético en los distintos puntos de suministro los cuales hemos utilizado para realizar un análisis de eficiencia energética. Una de las principales preocupaciones en este tipo de instalaciones, es el consumo de energía, que supone hasta un 25% del gasto total de explotación en estas plantas. Esta tarea se ha realizado comparando los consumos energéticos de tres años consecutivos (2010, 2011 y primeros meses de 2012), con el fin de identificar desviaciones y/o tendencias, plantear medidas de actuación, o simplemente para conocer el comportamiento de la instalación y/o determinar la eficacia de medidas propuestas anteriormente. El alcance de este análisis ha abarcado tanto la red de abastecimiento (agua potable) como la red de alcantarillado (aguas residuales).

Otra de las actividades desarrolladas durante este período formativo, ha sido la puesta en marcha de la planta de embotellamiento/envasado de agua potable en las instalaciones de la ETAP Las Eras. Previamente al inicio de esta actividad, ha sido necesario elaborar un informe, exigido por la autoridad sanitaria, donde se establecen los requerimientos mínimos para asegurar la inocuidad del producto (el agua en este caso) durante las fases de fabricación, envasado y transporte, tal como se hace en cualquier industria de tipo alimentario.

ANTECEDENTES

Aguas de Valladolid es una compañía del grupo Agbar encargada de la gestión del ciclo integral del agua desde hace más de 12 años. El objeto social de Aguas de Valladolid es la gestión de los servicios públicos que, comprendidos en el ciclo integral del agua, son de titularidad y competencia del municipio de Valladolid: abastecimiento de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, control de vertidos, y gestión de abonados.

La empresa Aguas de Valladolid es la encargada de la gestión del Servicio Municipal de Agua Potable en Valladolid desde Julio de 1997, inicialmente como AGUALID, U.T.E. y, actualmente como AGUAS DE VALLADOLID, S.A. Desde 2005, tiene asignada, además, la gestión de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) y el control de vertidos.

Una de las sedes donde esta empresa desarrolla su actividad, es la Estación de Tratamiento de Aguas Potables de Las Eras, situada en la dársena final del ramal sur del Canal de Castilla, del cual se abastece para llevar a cabo la función de potabilización. También cuenta con una toma de emergencia en el río Pisuerga, próxima al Puente Mayor, que actualmente no está operativa. La capacidad de tratamiento de la planta de Las Eras es de 4500 m³/h, aporta el 70% del caudal suministrado a la ciudad de Valladolid y tiene una capacidad de almacenamiento de 1.500 m³

El servicio de potabilización y suministro de agua potable en Valladolid se realiza de forma conjunta entre la ETAP Las Eras y la ETAP de San Isidro. La ETAP de San Isidro es la más antigua de las dos; data de 1886 y, desde entonces, ha sufrido numerosas ampliaciones. El agua bruta llega hasta la planta a través de dos galerías que tienen su obra de toma en el Canal del Duero y con conducción por gravedad. Existe otra toma de emergencia en el río Duero mediante bombeo. La planta cuenta con una capacidad de tratamiento de 4.200 m³/h y aporta el 30% del caudal suministrado a la ciudad de Valladolid. La ETAP de S. Isidro presenta una capacidad de almacenamiento mayor que la planta de Las Eras, contando con dos unidades de depósito; una de 24.000 m³ y otra de 50.000 m³.

La línea de tratamiento de la planta de Las Eras incluye: captación con desbaste, mezcla y desbaste en las torretas de llegada (adición de oxidantes y coagulantes), decantación, filtración en arena, filtración con carbón activo, almacenamiento y bombeo. A continuación se explica con más detalle cada una de las etapas:

Captación y desbaste

El desbaste consiste en la separación de sólidos de mediano y gran tamaño antes de la entrada en planta mediante rejillas, y se realiza, tanto en la zona de captación, como en las torretas de llegada. Las rejillas tienen una separación entre barrotes de 8-10 mm y 25-40 mm. La infraestructura de captación



Figura 1. Zona de captación. Canal de Castilla

principal (Canal de Castilla) está formada por tres tuberías de diámetros 400, 700 y 1000 mm, que llevan el agua hasta las torretas de llegada de la planta (torreta nueva y torreta vieja), regulándose el caudal con válvulas de compuerta de accionamiento manual, tanto al inicio como al final del recorrido.

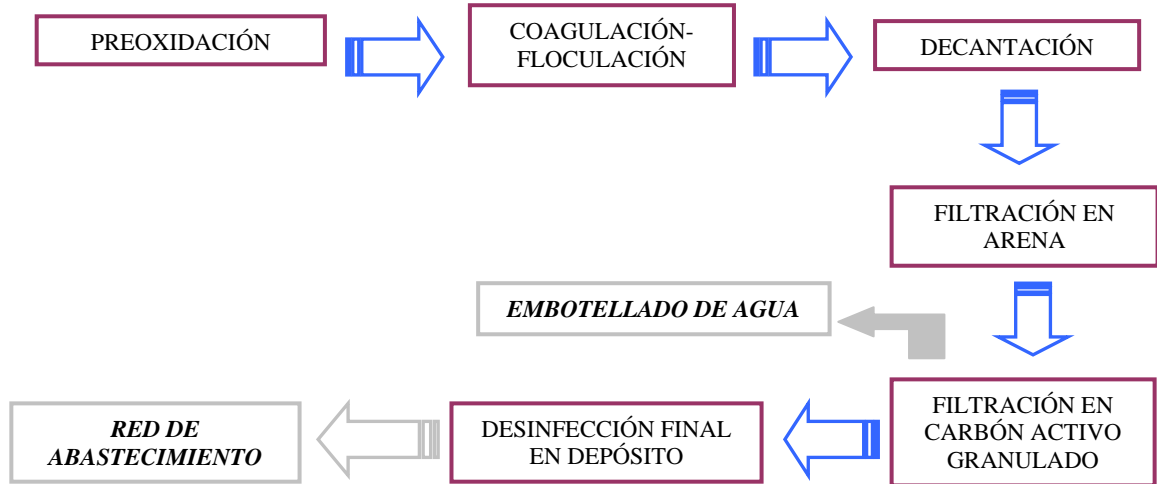
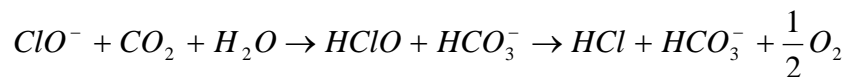


Figura 2. Línea de tratamiento ETAP Las Eras

Precloración, adición de carbón activo y coagulación en las torretas de llegada

Para la cloración se emplea hipoclorito sódico, el desinfectante por excelencia en el tratamiento del agua. La reacción de oxidación que tiene lugar es la siguiente:



En las torretas de llegada, debidamente agitadas, se produce la cloración con hipoclorito sódico, la coagulación con sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y cloruro férrico ($FeCl_3$) necesarios para neutralizar las partículas coloidales y formar precipitados insolubles susceptibles de sedimentar, y la oxidación (también con hipoclorito sódico).



Figura 3. Torreta o cámara de mezcla (detalle desbaste)

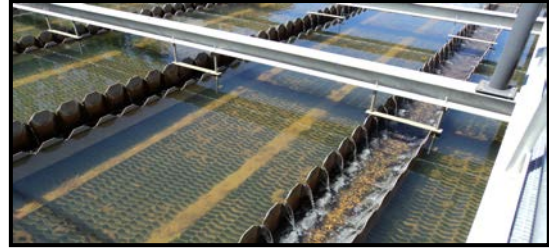
Floculación y decantación

El agua con coagulante se envía a los decantadores mediante válvulas de accionamiento manual situadas en la base de las torretas o cámaras de mezcla. En los sedimentadores tiene lugar la deposición de los flóculos formados en la etapa anterior, junto con la materia en suspensión del agua. Las partículas separadas en el fondo



Figura 4. Sedimentador Acelerador con carro

Figura 5. Sedimentador lamelar



constituyen el fango del decantador, que se elimina periódicamente mediante purgas hacia la red de saneamiento. La planta cuenta actualmente con seis unidades de decantación: tres decantadores tipo Accelator estáticos, con capacidad de 150 l/s; dos más modernos tipo Accelator con carro, con capacidad de 400 l/s, y desde 2005, cuenta además con un sedimentador lamelar de hasta 700 l/s.

Filtración mediante filtros de arena

El agua decantada pasa a un canal general de reparto del que se abastecen los filtros de arena. La planta cuenta con un total de 14 filtros, cuya misión es retener las partículas en suspensión del agua. Estos filtros están formados por una capa de 60-75 cm de arena asentada sobre un sistema de drenaje de toberas. El filtro tiene tres formas de actuar: como soporte de microorganismos, fijando la materia coloidal del agua y/o reteniendo mecánicamente la materia sólida.

Filtración en carbón activo granular

Esta filtración constituye un sistema de afino mediante el cual se consigue la adsorción de los compuestos responsables de dar olor, color y sabor al agua. Esta filtración en carbón activo consiste en un lecho de CAG (Carbón Activo Granulado) de 1 m de altura cuya función es retener mecánicamente las partículas en suspensión en el agua, la adsorción de virus y de materia orgánica. La misión de estos filtros (6 unidades en total) puede ser: por adsorción de moléculas orgánicas pesadas, y/o por comportarse como soporte de microorganismos, lo que favorece la biodegradación de las moléculas orgánicas de cadena corta.

Desinfección final con hipoclorito sódico

La normativa sobre aguas de consumo humano exige que en la red de abastecimiento exista una concentración de cloro mínima de 0,2 mg/l, para asegurar la ausencia de microorganismos en el punto de consumo. La cloración final tiene lugar en el depósito de almacenamiento del agua tratada, donde debe haber un mínimo de 0,5 mg/l de cloro libre residual antes de bombearse a la red de abastecimiento.

Sala de reactivos

La ETAP Las Eras dispone de una sala de reactivos donde son almacenados el desinfectante, y los coagulantes. Cada reactivo se encuentra almacenado en cubas dispuestas de la siguiente manera: dos cubas de hipoclorito sódico con capacidad de 24.000 litros que se distribuye a través de ocho bombas dosificadoras; una cuba de cloruro férrico de 22.000 litros con cuatro bombas dosificadoras; y dos cubas de sulfato de aluminio con capacidad de 24.000 litros y cinco bombas de dosificación.

Embotellamiento/envasado de agua

La planta de Las Eras incluye la novedad de ser la primera de Castilla y León en embotellar/envasar agua potable tratada en sus instalaciones. En los últimos meses se ha estado desarrollando el procedimiento previo requerido para la puesta en marcha de la planta envasadora, de la que se hablará con más detalle en epígrafes posteriores del documento.

La principal diferencia entre las dos plantas potabilizadoras de Valladolid es que la ETAP de San Isidro presenta un sistema de ozonización previo a la cámara de mezcla donde el ozono se introduce mediante unos difusores de burbuja para oxidar y esterilizar el agua. También cuenta con un sistema adicional de adición de hipoclorito para utilizar como sistema alternativo, cuando el anterior no funcione correctamente.

Zona de abastecimiento

La red de abastecimiento de agua en Valladolid data de 1886, habiéndose realizado desde entonces numerosas labores de rehabilitación, sustitución y ampliación. El volumen de agua distribuido en el municipio es de 110.000 m³/d, para un censo de población abastecida de 340.000 habitantes. Las infraestructuras de la red de abastecimiento general disponen de 2 puntos principales de captación y 9 depósitos:

CAPTACIONES PRINCIPALES	DEPÓSITOS	
Canal de Castilla	Contiendas (100.000 m ³)	Fuente de la Mora (128 m ³)
Canal del Duero	Parquesol (9.000 m ³)	Simancas (1.800 m ³)
CAPTACIONES DE EMERGENCIA	Fuente Berrocal (3.000 m ³)	Fuensaldaña
Río Pisuerga	Girón (900 m ³)	Arroyo
Río Duero	San Cristóbal (10.000 m ³)	
Puente Duero		

Tabla 1. Captaciones y depósitos de la red de abastecimiento de Valladolid

Red de transporte

Desde las plantas de potabilización, se transporta agua a la red de distribución, que tiene una longitud de 95,93 km. La red de transporte es una arteria de 1000 mm que circunvala la ciudad.

El agua potable almacenada en el depósito de la ETAP Las Eras suministra agua mediante bombeos a Villanubla, al depósito de Girón, al depósito de Fuente Berrocal, al depósito del Cerro de las Contiendas y a la red general de la ciudad, con derivación a Parquesol. Desde el depósito regulador de Contiendas, se abastece la arteria de circunvalación de la ciudad, que en la actualidad está unida a la salida de bombas de la ETAP Las Eras. El suministro a red desde la planta de Las Eras se puede realizar, por tanto, desde el bombeo general y/o desde el depósito de Contiendas por gravedad.

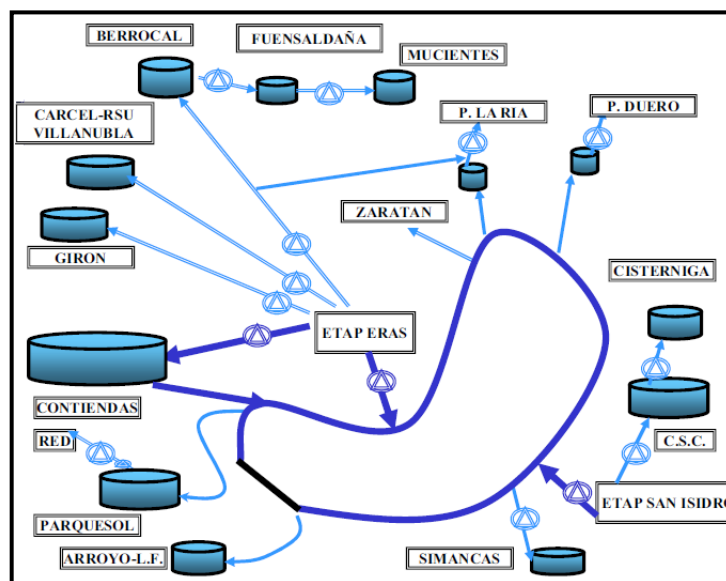


Figura 6. Red de transporte y zona abastecimiento de agua potable (Valladolid)

OBJETIVOS

El propósito del trabajo realizado durante la estancia en la planta potabilizadora ha sido:

1. Conocer el procedimiento de control de la planta mediante el seguimiento diario de las variables críticas.
2. Analizar y valorar el consumo de energía del sistema global de agua de Valladolid, tanto en la red de abastecimiento como en la red de alcantarillado.
3. Poner en marcha la planta de embotellamiento/envasado de agua en las instalaciones de la planta potabilizadora.

METODOLOGÍA

La metodología seguida durante el transcurso de las prácticas ha pasado por la siguiente secuencia de actividades:

- Lectura de documentación sobre la empresa (Manual de Calidad de la empresa, Programa de Vigilancia Sanitaria del agua de consumo humano de Castilla y León, Programa de Vigilancia Sanitaria del agua de consumo humano de Valladolid).
- Lectura de la normativa de aplicación.
- Actualización de las hojas de control diario de los sistemas periféricos (depósitos) en formato Excel.
- Puesta en marcha del proyecto de envasado de agua potable.
 - Recopilación y lectura de la documentación para la implantación de un sistema APPCC.

- Identificación y descripción de todos los Planes y Programas a desarrollar.
- Determinación y recopilación de la documentación adjunta necesaria: planos, certificados, identificación, declaración de responsabilidad y compromiso de la empresa, número de autorización sanitaria, registros, contratos con empresas externas, listado de instalaciones y productos utilizados en los planes, identificación y selección de proveedores, personal responsable, procedimientos de aplicación de los planes y programas, posibles medidas correctivas a implantar en caso necesario, etc.
- Identificación de peligros y determinación de medidas correctoras.
- Lectura y comprensión del Procedimiento de Explotación de la ETAP Las Eras.
- Registro de facturas de energía, y análisis de consumos energéticos.

Control de planta

De acuerdo con la normativa de aplicación para los gestores de agua de consumo humano (RD 140/2003), las instalaciones responsables de tratar agua potable deben contar con procedimientos de control y operación que velen por la calidad del producto final hasta el punto de llegada del agua al consumidor. Por esta razón, el trabajo diario de una planta de potabilización de agua cuenta con numerosos procedimientos de toma y análisis de datos que sirven para valorar los consumos de recursos (reactivos, energía, etc.), la calidad del proceso y del producto. Como consecuencia, las plantas potabilizadoras de Valladolid han incorporado dentro de sus Manuales de Calidad, unos procedimientos de explotación donde se contemplan estos protocolos de control (Anexo I).

En las ETAPs de Valladolid esta actividad se subdivide en:

- **Telecontrol centralizado**, donde se registran en continuo las variables críticas del proceso de tratamiento (turbidez, temperatura, conductividad, pH), caudales (a la entrada y a la salida), presión de salida a la ciudad y concentración de cloro libre también a la salida. También se recibe información sobre las variables principales de los depósitos, y los parámetros críticos de los puntos de control de red.
- **Control de planta**. El protocolo de explotación de la ETAP, incluye el control de los datos analíticos (temperatura, pH, turbidez, cloro residual, dosificación de reactivos, volumen de fango) que deben medirse para vigilar el funcionamiento de los decantadores, filtros, válvulas de regulación, y el control del estado del Canal y, los datos de producción (control de bombeos, control de planta –caudales-, control de reactivos, control del consumo de energía, etc.).

La descripción detallada del proceso de control de la planta de Las Eras, viene en la documentación adjunta. En ella, se describen los parámetros controlados en cada uno de los puntos de suministro, y la frecuencia de control.

Para conocer cómo se realiza el Control de Planta en la ETAP Las Eras, se ha tomado como ejemplo el mes de Mayo de 2012 para analizar los documentos en los que diariamente se van registrando todos estos datos y de los cuales, deriva finalmente un informe mensual del que es más sencillo extraer conclusiones sobre los consumos y el funcionamiento global de la planta (Anexo II).

Eficiencia energética

Uno de los parámetros que se miden en la actividad diaria de las plantas potabilizadoras, es el consumo de energía en los distintos puntos del suministro. La razón principal es controlar el consumo energético, identificar las tendencias en el comportamiento de la red de suministro, y proponer medidas de actuación para mejorarlo. Para evaluar dicho comportamiento, se ha llevado a cabo un análisis de eficiencia energética que ha consistido en la actualización, a partir de las facturas emitidas por las compañías eléctricas, de los consumos de energía activa para, finalmente compararlos con los consumos de años anteriores. Toda esta información se ha representado finalmente de forma gráfica, con el fin de identificar más fácilmente las tendencias en los consumos energéticos de las instalaciones, proponer medidas de reducción o determinar la eficacia de propuestas de mejora implantadas anteriormente. Se ha realizado una comparativa entre los consumos de 2010, 2011 y los primeros meses de 2012. En los casos en los que no tengamos datos completos de un año, se ha recurrido a procedimientos de interpolación, que permiten obviar los datos en blanco permitiendo que se identifiquen igualmente las tendencias en los consumos de energía.

Puesto que son muy numerosos los puntos de bombeo de la red de aguas de Valladolid, para llevar a cabo este análisis de eficiencia energética se han seleccionado tres puntos de bombeo de la red de abastecimiento y tres puntos de la red de alcantarillado, empleando como criterio principal aquellos en los que se den los principales consumos de energía: Eras 13, Eras 44, San Isidro, Cerro San Cristóbal (CSC) de la red de abastecimiento; y Casasola, Berrocal, y Pago Hoyos de la red de alcantarillado. A continuación, vemos las características del tipo de tarifa contratada para cada uno de los puntos seleccionados:

Punto de análisis	Modalidad tarifa de acceso	Tipo DH
ERAS 13	6.1	6 periodos
ERAS 44	6.2	6 periodos
PARQUESOL	3.1.A	3 periodos
CERRO SAN CRISTÓBAL	3.0.A	3 periodos
PISTAS DEPORTIVAS	2.1	2 periodos
CASASOLA	3.0.A	3 periodos
BERROCAL	3.0.A	3 periodos
PAGO HOYOS	3.0.A	3 periodos

Tabla 2. Características de las tarifas eléctricas de los puntos críticos de consumo eléctrico

Las tarifas eléctricas pueden ser de baja o alta tensión; la planta de las Eras tiene la particularidad de trabajar con dos tipos de suministro, 14 kV y 33 kV. En cuanto a la discriminación horaria (DH), las distintas instalaciones disponen de diferentes tipos de contratación, en función del consumo y de las características de funcionamiento de las mismas. Por esta razón, para las áreas donde el consumo es crítico, se opta por DH tipo 3 (triple tarifa), que diferencia como períodos de contratación llano (12 h), punta (4 h) y valle (8 h). También se recurre a la contratación tipo 4, similar a la anterior pero con sábados y domingos. En general, la elección más adecuada para estaciones de tratamiento de aguas es siempre Alta Tensión y DH tipo 3 o 4.

Modalidad de tarifa de acceso 6.X.AT:

- 6 períodos;
- potencia > 450 kW e inferior a 36 kV;
- facturación de los excesos de potencia; el término de energía reactiva se aplicará en todos los períodos excepto en el seis, y consistirá en un recargo a pagar que quedará reflejado en la factura
- 6.1. Tensiones entre 1-36 kV;
- 6.2. Tensiones entre 36-72,5 kV.

Modalidad de tarifa de acceso 3.0. Tarifa general:

- 3 períodos de facturación;
- en los excesos de potencia se aplican las fórmulas de las tarifas;
- el término de energía reactiva se aplica en todos los períodos, excepto en el tres, consistiendo en un recargo a pagar en los KVAR que excedan un coseno de 0,95.
- 3.1.A.T. Potencia de 450 kW e inferior a 36 kV.

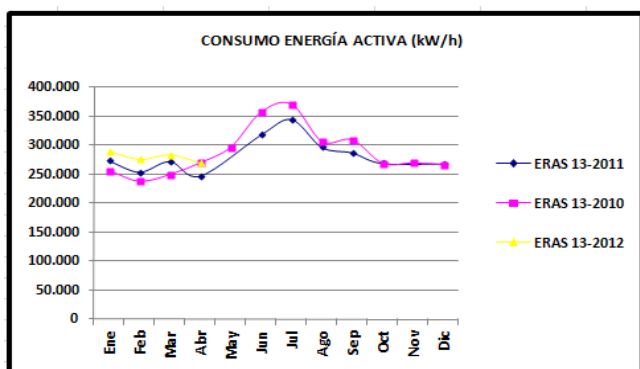


Figura 7. Consumo energía activa ERAS 13

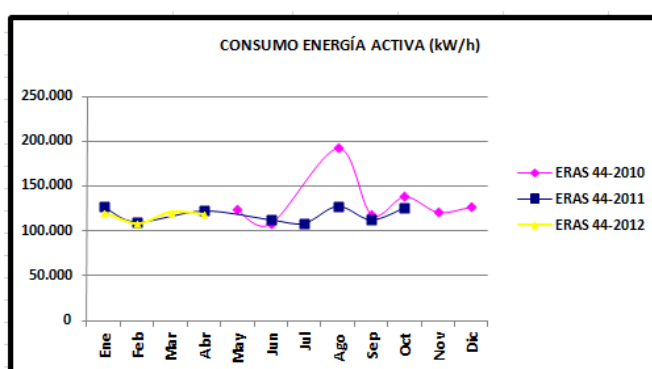


Figura 8. Consumo energía activa ERAS 44

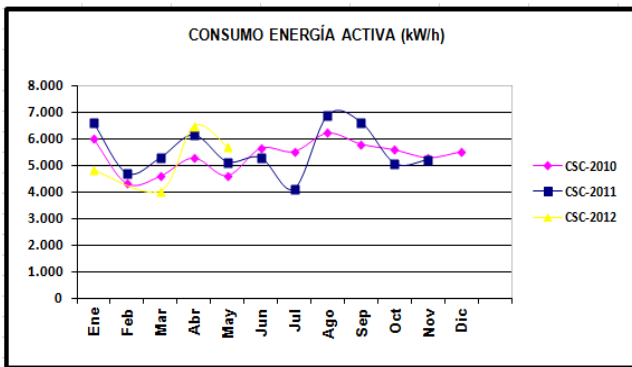


Figura 9. Consumo energía activa CSC

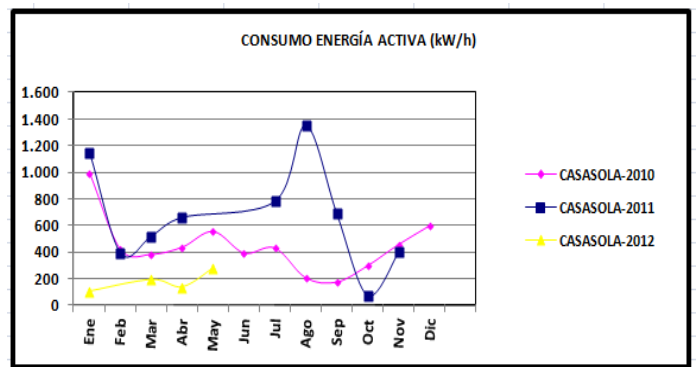


Figura 10. Consumo energía activa Casasola

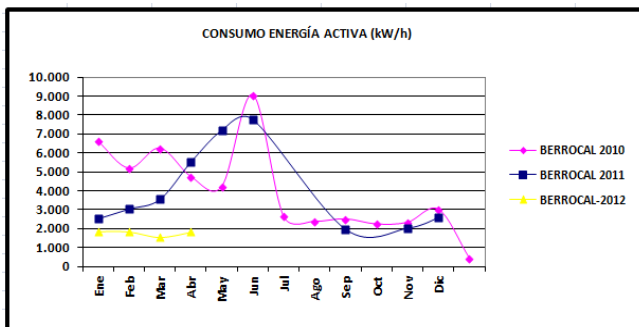


Figura 11. Consumo energía activa F. Berrocal

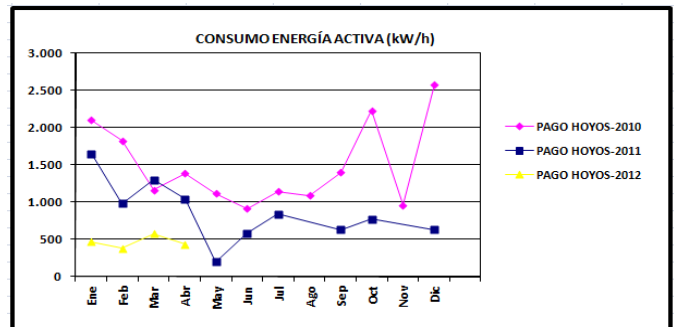


Figura 12. Consumo energía activa Pago Hoyos

Puesta en marcha de la planta de embotellamiento/envasado de agua

La puesta en marcha de la planta de envasado de agua en las instalaciones de la ETAP Las Eras requiere un procedimiento previo en el que quede implantado y documentado un sistema APPCC (Sistema de Análisis de Puntos de Control Críticos), exigido por la autoridad sanitaria para la fabricación de productos de consumo humano. Este procedimiento deriva en un registro sanitario que permite desarrollar la actividad.

El proceso seguido se ha centrado en el análisis de la documentación y de las guías de aplicación existentes para implantar un sistema APPCC: “Código de Prácticas de higiene para las aguas potables embotelladas (distintas de las aguas minerales naturales)”. CAA/RCP 48/2001; “Implementación de procesos basados en los principios APPCC, y facilitación de la implementación de los principios APPCC en determinadas empresas alimentarias”. Guía directriz (Documento de Orientación). Health & Consumer Protection. Directorate-General. European Commission, y la “Norma General para las aguas potables embotelladas”. Codex Standard 227/2001. Codex Alimentarius.

De toda esta documentación, han resultado una serie de Planes y Programas donde se describen los mecanismos de control de las instalaciones de tratamiento del agua (lo que podríamos definir como el “proceso de fabricación”), y de la propia planta envasadora, que garantizan la calidad del producto final.

Descripción embotelladora

La planta envasadora de la ETAP Las Eras se localiza en el edificio de filtros de carbón activo, sobre el depósito de agua filtrada.

La planta de embotellado de agua es una envasadora automática de nivel, de 4 boquillas en línea, equipada con tanque de balance elevado para dosificación por gravedad y transportador de 3 metros de largo.



Figura 13. Planta envasadora de agua

Las partes de las que consta la planta envasadora son las siguientes: cámara de radiación UV, enjuagador, enroscador y etiquetador.

El agua de entrada a la planta envasadora procede del agua filtrada con carbón activo; es decir, de la última etapa de la línea de tratamiento de la planta, y se bombea hasta un depósito de 60 litros que se localiza en la parte superior de la envasadora. El agua de entrada sufre un pequeño tratamiento de afino; antes de llegar al depósito, se hace pasar por un filtro y por una cámara de radiación ultravioleta para asegurar la desinfección total del agua.

Antes de iniciar la operación de envasado, las botellas se enjuagan con agua no clorada mediante un enjuagador manual. Para el enroscado del tapón se utiliza un enroscador manual neumático con control de torque. El proceso de etiquetado es automático; las botellas se etiquetan con una etiquetadora automática para envases cilíndricos, equipada con un cabezal y con un transportador de 1,5 metros de longitud. El proceso finaliza en una mesa cilíndrica donde se dispondrán las botellas ya preparadas para introducirlas en las cajas. En la etiqueta se mostrará la identificación de Aguas de Valladolid, la fecha de envasado, las condiciones de uso y almacenamiento, el número de lote y la fecha de consumo preferente en 3 meses.



Figura 14. Diagrama de flujo de la planta envasadora

Sistema de autocontrol para el envasado de agua de la ETAP Las Eras

El sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos permite diseñar un sistema de autocontrol basado en los principios APPCC en las Industrias de Aguas de

Bebida Envasadas. Este sistema constituye un enfoque preventivo de los riesgos sanitarios de los productos de consumo humano, lo que permite una mayor garantía en la salubridad de los mismos, una mayor eficacia en la utilización de los recursos técnicos y sanitarios y una eficaz tarea por parte de los responsables sanitarios.

La ETAP Las Eras inició hace unos meses un proyecto para instalar una planta de envasado de agua potable en sus instalaciones, lo que la convertiría en la primera planta potabilizadora de Castilla y León en envasar agua de abastecimiento público preparada. El procedimiento para poder implantar la instalación y desarrollar la actividad requiere un registro sanitario, por tratarse de un producto manufacturado destinado a consumo humano. La autoridad sanitaria debe verificar la idoneidad de las instalaciones tanto de tratamiento como de envasado, con el fin de asegurar las condiciones de salubridad para un producto de consumo humano como es el agua potable.

El sistema APPCC se basa en siete principios:

1. Detectar cualquier peligro que deba evitarse, eliminarse o reducirse a niveles aceptables.
2. Detectar los puntos de control crítico en la fase o fases en las que el control sea esencial para evitar o eliminar un peligro o reducirlo a niveles aceptables.
3. Establecer, en los puntos de control crítico, límites críticos que diferencien la aceptabilidad de la inaceptabilidad para la prevención, eliminación o reducción de los peligros detectados.
4. Establecer y aplicar procedimientos de vigilancia efectivos en los puntos de control crítico.
5. Establecer medidas correctivas cuando la vigilancia indique que un punto de control crítico no está controlado.
6. Establecer procedimientos, que se aplicarán regularmente, para verificar que las medidas contempladas anteriormente son eficaces.
7. Elaborar documentos y registros, en función de la naturaleza y el tamaño de la empresa, para demostrar la aplicación efectiva de las medidas contempladas en los anteriores principios.

La aplicación práctica de estos preceptos, se realiza mediante el diseño e implantación de un sistema de autocontrol constituido por:

- Los prerrequisitos, planes previos o de apoyo basados en los principios generales de higiene alimentaria del *Codex Alimentarius*, para el control de **peligros generales**. Estos planes recogen las actividades básicas necesarias para mantener un ambiente higiénico en las etapas de producción, transformación y distribución del producto.
- El plan APPCC, que recoge las actividades para permitir el control de **peligros específicos**.

La implantación del sistema requiere el compromiso de la empresa y la cooperación de todos los empleados. No obstante, en el caso concreto que nos ocupa, el sistema APPCC no requiere el mismo contenido que cualquier otra industria alimentaria ya que, muchas de las exigencias que establece dicho sistema, forman parte ya del propio procedimiento de autocontrol de la planta, como son el “Programa de Comprobación de la Calidad el Agua”, donde los distintos análisis de autocontrol ya forman parte del sistema de control de calidad diario de la planta potabilizadora, el “Plan de limpieza y desinfección”, el “Plan de control de proveedores”, el “Plan de formación” o el “Plan de gestión de residuos”, que forman parte del “Protocolo de Autocontrol del Agua de Abastecimiento” (PAG).

Prerrequisitos

Es requisito indispensable que todos y cada uno de los Programas concreten claramente la siguiente información: **qué** acción/comprobación se realiza; de qué **medios** se dispone para realizar la acción/comprobación; **cómo** se realiza; **dónde**; **quiénes** son los responsables de realizarla y verificarla; y **cuándo** se realiza. Además, deberán diseñarse y documentarse para cada uno de ellos los correspondientes registros en los que se señalen las acciones realizadas, las verificaciones, las incidencias y las medidas correctivas aplicadas. Como documentación complementaria, deben archiversse adecuadamente: las fichas técnicas de los productos, la legislación aplicable y las copias de los certificados.

Los planes y los correspondientes programas que se han contemplado para implantar la actividad de envasado son:

- **Plan de infraestructuras y mantenimiento.**
 - Programa de locales, instalaciones y equipos: en este programa se hace una descripción, por un lado, del estado de las instalaciones de la planta y de las etapas del proceso de tratamiento del agua y, por otro, de las características de la planta envasadora.
 - Programa de mantenimiento de locales, instalaciones y equipos: todos los equipos e instalaciones anteriormente descritos deben contar con procedimientos documentados donde se detallan las revisiones realizadas, las supervisiones por el jefe de planta y su periodicidad.
 - Programa de control de los equipos de medida: no es necesario ningún equipo de control ya que la ETAP realiza ya analíticas diarias del agua mediante laboratorio acreditado. En cualquier caso, sí que es necesario aportar documentación gráfica (planos) en la que se especifique la situación y distribución de locales y equipos y los flujos de procesos y personas.

- **Plan de control del agua.**

Este plan permite asegurar que el agua utilizada en cualquier proceso que pueda entrar en contacto con el producto final, sea apta para el consumo, por ejemplo, el agua utilizada para enjuagar los envases o para la limpieza de la envasadora.

- Programa de instalaciones y mantenimiento: este programa describe las instalaciones interiores de agua donde se ubica la planta de envasado (red de abastecimiento, lavabos, pilas lavamanos, red de desagüe).
- Programa de comprobación de la calidad del agua: consiste en la descripción del control realizado en los grifos de uso habitual y en los puntos donde el agua haya sufrido algún tratamiento. Esta comprobación consiste en el control horario de cloro en la red por parte del laboratorio de Aguas de Valladolid, que deberá encontrarse con una concentración mínima de 0,2 mg/l, de acuerdo a la normativa de aplicación. Se exige acompañar este Programa de un plano de distribución del agua potable y de evacuación de aguas residuales, indicando además la situación de depósitos y grifos. También deben registrarse periódicamente los informes de los análisis de autocontrol en la red.

- **Plan de limpieza y desinfección.**

El objetivo de este plan es reducir a un mínimo aceptable la presencia de microorganismos que puedan contaminar el producto. Se documentarán debidamente los productos empleados, así como los procedimientos de limpieza y desinfección.

- Programa de limpieza y desinfección (L+D): el plan afecta, tanto a las instalaciones donde se encuentra la planta envasadora (edificio de filtros de carbón activo), como al propio equipo envasador. Deben acompañar a este programa las fichas técnicas de los productos empleados en la limpieza y/o desinfección.
- Programa de comprobación de la eficacia del programa de limpieza y desinfección: consiste en la comprobación visual del estado de limpieza de las instalaciones.

- **Plan de control de plagas.**

La planta, a través de la empresa SERPROAN S.A., mantiene un control integrado de plagas en las instalaciones en las que se ubicará la planta de envasado. El plan se aplicará de forma conjunta con el resto de instalaciones de la planta, como medida adicional de control preventivo. Este plan debe acompañarse de planos adjuntos en donde se identifique la localización de los cebos o trampas colocados para la aplicación del mismo. También formarán parte del plan las fichas técnicas de los biocidas empleados, el contrato con la empresa de control de plagas y el certificado de inscripción de la misma en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios de Plaguicidas de Castilla y León.

- Programa de prevención. Algunas de las medidas que forman parte de este programa son: ajuste de las puertas al suelo para impedir el paso de roedores; sellado de las conducciones eléctricas a nivel de paso hacia el interior del edificio, de forma que puede detectarse cualquier intento de penetración.
- Programa de vigilancia: control bimensual mediante la colocación de trampas adhesivas.
- Programa de control y eliminación: en caso de detectarse una infestación masiva de roedores y/o insectos, se avisará a la empresa contratada para implantar el plan de control de plagas.

- **Plan de control de proveedores.**

Este plan pretende asegurar la inocuidad de todos y cada uno de los productos y materiales directamente relacionados con la obtención del producto final. La documentación recopilada para acompañar este plan la forman: los albaranes de entrega, donde se detallan las características del producto, que deberá cumplir una serie de especificaciones técnicas, y el listado de identificación de proveedores, con el número y fecha de inscripción en el Registro General Sanitario de Alimentos o Autorización Sanitaria de Funcionamiento y el tipo de suministro.

- Programa de homologación de proveedores: la empresa Aguas de Valladolid establece unos requisitos mínimos de aceptación de proveedores que realiza mediante una “*Ficha de Evaluación*” en la que se valoran aspectos de calidad (cumplimiento de requisitos técnicos y de servicio, existencia de un sistema de gestión de la calidad, registro sanitario para las botellas); de servicio (capacidad de suministro del producto, cumplimiento de las fechas de entrega); de precio (aceptación de condiciones de pago, comparación del precio con otros proveedores, especificaciones técnicas de las botellas).

- **Plan de formación.**

El plan de formación pretende dotar a la plantilla de la empresa de los conocimientos necesarios para la manipulación de productos alimentarios, de modo que su intervención no implique riesgo para la seguridad/calidad del producto.

- Programa de formación de los manipuladores de alimentos: la empresa proporcionará formación básica, tanto a personal fijo como eventual, en higiene alimentaria, instrucciones de trabajo de acuerdo a su actividad laboral donde se reflejen las prácticas correctas de manipulación, y en sistemas de autocontrol. La actividad formativa debe quedar registrada, junto con los listados de los empleados que hayan recibido la formación, el propio programa de formación, los certificados de formación, así como una copia del certificado de resolución de autorización otorgada por la

Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria para desarrollar planes de formación en materia de higiene de los alimentos.

- **Plan de control de trazabilidad.**

Este plan pretende que queden registrados todos los datos necesarios para reconstruir el histórico del producto. Se registrarán el número de lote de la botella y del tapón, que van asociados a una ficha técnica donde se recogen: el día de envasado, el número de botellas del mismo, el proveedor que las distribuye, la calidad del producto, el lugar donde se almacena, y el punto de destino.

Para el control del producto (agua a envasar) se recurrirá al análisis de autocontrol del día de trabajo. Se realizará además, una analítica de producto terminado según RD 1799/2010.

Es parte fundamental en este plan el registro de las hojas de análisis diario, de los albaranes de entrega, la definición de los procedimientos de recogida de productos no aptos, y los registros de trazabilidad.

- **Plan de control de transporte.**

Este plan pretende garantizar la integridad del producto para que llegue a su destino en condiciones idóneas para su consumo, con las mismas características con las que sale de la planta. Para ello, la autoridad sanitaria exige establecer programas de limpieza de los vehículos de transporte, tanto interior como exterior.

- Programa de comprobación de las condiciones de transporte: revisiones visuales, verificaciones de los partes de control, revisión de incidencias y medidas correctivas, etc.

- **Plan de gestión de residuos.**

La finalidad de este plan es garantizar una correcta gestión de los residuos generados en la actividad de envasado, a fin de evitar la contaminación de los alimentos y del medio ambiente.

Residuos generados en la actividad de embotellado/envasado:

Residuos no peligrosos: envases de PET deteriorados, plásticos de retractilado, palets de madera, pegatinas deterioradas, boquillas de aluminio, otros residuos generados en las operaciones de reposición de componentes deteriorados (residuos de PVC, siliconas, etc.).

Residuos peligrosos: lámparas UV de 40 W usadas, otros residuos de mantenimiento como trapos impregnados, aerosoles, disolventes, etc.

Aguas de Valladolid entrega sus residuos a gestor autorizado. Por su parte, los residuos de lámparas UV se entregan al distribuidor en el acto de compra de una nueva lámpara. Para los envases generados, la empresa está adherida al sistema integrado de gestión

de ECOEMBES. Además, deberá registrar debidamente la información relativa a los envases puestos en el mercado mediante una Declaración Anual de Residuos.

RESIDUO	DESTINO
Palets	Reciclado en planta
Residuos de envases PET deteriorados, pegatinas deterioradas	Reciclado-R3
Residuos metálicos	Reciclado-R4
Lámparas UV usadas	SIG de RAAES
RSU	Servicio municipal

Tabla 3. Destino final de los residuos generados en la actividad de embotellado de agua

Hay que prestar especial atención sobre las condiciones de almacenamiento de los residuos en las instalaciones de la planta antes de ser retirados para su gestión: caracterización de los residuos (peligrosos y no peligrosos), almacenamiento según compatibilidades químicas, tiempo máximo de almacenamiento (6 meses para residuos peligrosos y 2 años para no peligrosos).

Se registrarán todas las operaciones de gestión de residuos y subproductos generados con fecha, tipo de residuo, cantidad, destino y responsable. La documentación, además de los registros anteriormente citados, que debe acompañar el presente plan incluye la relación de gestores autorizados, y los documentos comerciales de transporte (Registro General de Transportistas).

En cualquier caso, en todos los programas del plan de prerequisites, debe quedar perfectamente claro cuáles son los objetivos del plan, así como documentar los procedimientos de aplicación a través de los correspondientes registros. También se deben documentar las incidencias y medidas correctoras adoptadas, e identificar a los responsables, tanto de la implantación como de la verificación, el momento y la frecuencia de aplicación (fecha, hora, etc.). En la mayor parte de los casos el personal responsable de la aplicación del plan es el equipo de operarios o de mantenimiento, y el responsable de las verificaciones, el Jefe de Planta.



Figura 15. Botellas 0,5 litros de la ETAP Las Eras

Plan APPCC

Se trata de un documento que asegura el control de los peligros específicos que resultan de la propia actividad de embotellado y que pueden afectar de forma significativa a la calidad del producto.

Equipo APPCC: el personal de Aguas de Valladolid encargado de la aplicación y seguimiento del plan APPCC lo forman los operarios de embotellado, el equipo de mantenimiento y el Jefe de Planta, que actúa como responsable de la aplicación del sistema y verificador de su cumplimiento.

Descripción del producto: el producto es agua embotellada procedente de la ETAP Las Eras de Valladolid. El agua se embotellará/envasará de forma automática en envases de plástico de 0.5 y 1.5 litros.

Identificación del uso esperado: el uso esperado es el consumo para todo tipo de consumidor, como obsequio publicitario, con el fin de fomentar el consumo de agua de abastecimiento público.

Análisis de peligros: en la identificación de peligros, se emplean árboles de decisiones (figura 16) donde se van planteando una serie de preguntas que permiten calificar un posible punto de riesgo que pueda originar la contaminación del producto. En la actividad de embotellamiento/envasado pueden aparecer distintos tipos de riesgos que pueden ocasionar la contaminación del producto.

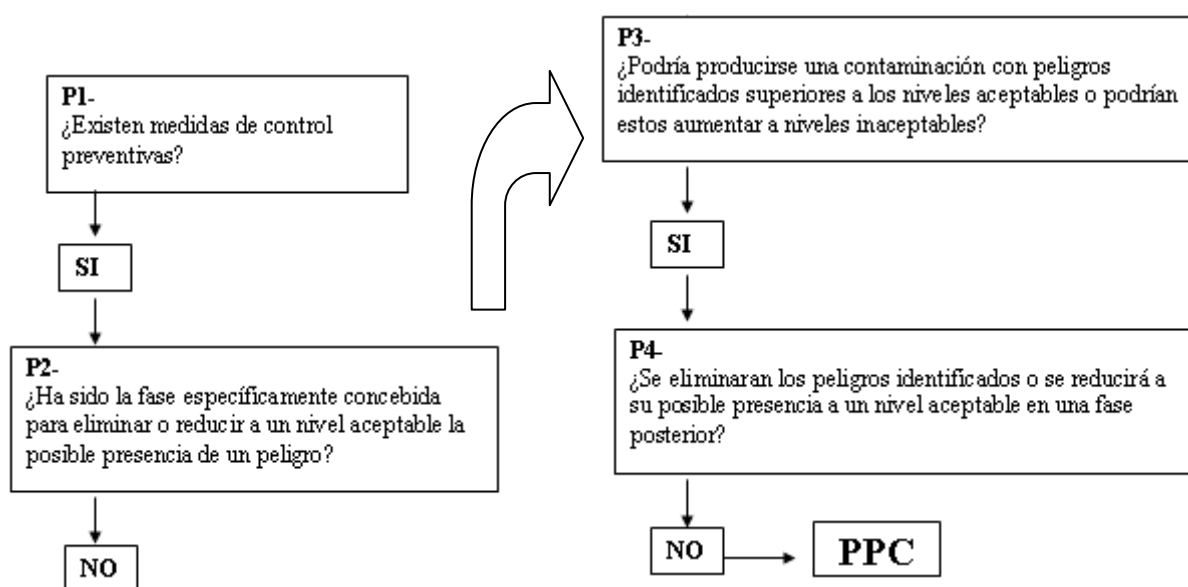


Figura 16. Árbol de decisiones empleado en la identificación de PCC

FASE PROCESO	PELIGROS Y POSIBLES CAUSAS	MEDIDAS DE CONTROL	ÁRBOL DE DECISIONES				PCC SÍ/NO
			P1	P2	P3	P4	
Embotellado	Embotelladora contaminada	Plan de limpieza	SÍ	SÍ	-	-	NO
Embotellado	Envase roto	Control de proveedores	SÍ	SÍ	-	-	NO
Embotellado	Tapón defectuoso	Control de proveedores	SÍ	SÍ	-	-	NO
Embotellado	Envase no cerrado	Verificación del producto terminado	SÍ	SÍ	-	-	NO
Embotellado	Transporte	Verificación plan de limpieza	SÍ	SÍ	-	-	NO

Tabla 4. Análisis de peligros actividad embotellamiento de agua de la ETAP Las Eras

El análisis de puntos de control críticos no identifica ningún punto conflictivo en la actividad de envasado del agua. En caso de que aparecieran dichos puntos, se aplicarían los límites críticos establecidos en la legislación sobre los parámetros químicos, microbiológicos e indicadores en agua de consumo humano (RD 140/2003), o en el caso de los envases o del equipo envasador, la presencia de suciedad. Para cada PCC potencial se definen también unas medidas correctivas de actuación que incluyen la paralización de la actividad de embotellamiento/envasado, la retirada del envase y/o la limpieza del equipo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Planta de envasado de agua

El agua envasada de la ETAP Las Eras es lo que se denomina “agua preparada”; es decir, agua que ha sido sometida a tratamientos físico-químicos necesarios para que cumplan los mismos requisitos sanitarios que se exige a las aguas potables de consumo público. Las aguas preparadas se dividen a su vez en potables preparadas (aquellas que procedan de un manantial o captación y hayan sido sometidas a tratamiento para que sean potables), y de abastecimiento público preparadas, cuya procedencia es la red pública. El agua envasada procedente de la ETAP Las Eras formaría parte de esta última categoría, tal como marca su etiqueta “*Agua de abastecimiento público preparada*”. Las aguas preparadas se definen como “aquellas que han sido sometidas a tratamientos físico-químicos diversos (ósmosis, ozono, ultravioleta...) para hacerlas potables.

Agua del grifo versus agua embotellada

Según la Federación Europea de Aguas Envasadas (EFBW), España se sitúa en cuarto lugar en la UE en términos de producción de agua mineral, y tercero en consumo, por detrás de Italia y Alemania. Por tipos de aguas envasadas, el 96,04 % de la producción corresponde a las aguas minerales naturales; el 2,10% a las de manantial y el resto a las aguas potables preparadas (1,86 %). El consumo de agua embotellada en España se ha disparado en los últimos años, según Aneabe (Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas) hasta en un 80% en la década 1996-2006, convirtiéndose en la bebida comercial que registra un crecimiento más rápido en todo el mundo. La mala calidad organoléptica de las aguas de abastecimiento, debido a la procedencia u origen de las mismas, es uno de los motivos que explica este nuevo hábito de consumo.

Ante esto, surge un inevitable debate entre la salubridad del agua mineral y del agua de abastecimiento público. Sabemos que el agua mineral aporta un valor añadido por la presencia de una serie de minerales y oligoelementos propios del origen de cada tipo de agua, que son imprescindibles para que el humano desarrolle sus funciones. El agua mineral posee cinco aniones (bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fluoruros y fosfatos), siete cationes (calcio, magnesio, sodio, potasio, litio, estroncio y cinc), metaloides como el yodo y el selenio, imprescindibles en la génesis de determinadas hormonas y aminoácidos; y formas solubles de otros elementos como la sílice, el boro y el vanadio.

Además, las combinaciones de estos elementos resultan vitales para el ser humano: el calcio, el fósforo, el magnesio, el flúor y la sílice son necesarios para membranas y estructuras óseas; los cloruros, el sodio y el potasio mantienen el equilibrio electrolítico; el cinc, el selenio y el magnesio, intervienen en la catálisis metabólica, y el yodo resulta imprescindible en el funcionamiento de la tiroides. El agua mineral es un alimento natural cuyas propiedades y pureza hacen que sea un producto totalmente distinto al agua de abastecimiento público, y llega al consumidor tal y como se encuentra en la naturaleza. Sin embargo, el agua de red pública es mayoritariamente de origen superficial, debe recorrer grandes distancias para llegar al consumidor y necesita tratamiento químico para poderse consumir.

En España, y en otros países industrializados, el agua de abastecimiento público sigue unas normas sanitarias adecuadas; sin embargo, la población prefiere cada vez más, beber agua embotellada, porque tiene mejor sabor (o por carecer de él), o simplemente porque es difícil cambiar de hábito cuando te has acostumbrado a ese tipo de agua. Por otro lado, las estrategias publicitarias se han ido respaldando del diversificado mercado del agua embotellada, que ha ido creando envases de diferentes tamaños, materiales y formas, adaptables a todo tipo de situaciones y/o necesidades (valor añadido a la hora de consumir agua embotellada).

No debemos olvidar la importancia del tratamiento del agua para ponerla a disposición del consumidor en sus hogares. Este tipo de instalaciones permite que el agua captada de la naturaleza se transforme en un producto apto para el consumo humano, independientemente de que cada uno decida o no consumirla como producto alimenticio.

En cualquier caso, tanto las aguas minerales como las aguas de abastecimiento preparadas, deben pasar exhaustivos controles de calidad y seguridad sanitaria para ser reconocidas y aceptadas como aguas de consumo humano. Algunos estudios realizados en Universidades españolas, como la Universidad de Barcelona, afirman que el agua del grifo es uno de los productos más controlados del mercado; mientras que las aguas envasadas minerales no tienen un tratamiento específico; sino que su calidad depende estrictamente de la pureza de sus fuentes. Algunos expertos culpan, además, a la actividad industrial de la mala calidad organoléptica de las aguas de abastecimiento, por no depurar suficientemente sus aguas residuales antes de hacer el vertido a los ríos.

Otro aspecto a considerar, es el gasto energético necesario para obtener un litro de agua envasada (incluyendo la fabricación de envases, el transporte, etc.), que puede llegar a ser 100 veces superior al coste energético de fabricación del agua de red. El precio del agua envasada cuesta de media 0,25 euros/litro, mientras que la de la red sale por 0,001 euros/litro, según datos ofrecidos por Aguas de Barcelona a fecha de 2007.

¿Es, por lo tanto, más saludable el agua embotellada que la del grifo?

En principio, se puede pensar que el agua procedente de un proceso de potabilización, debido al uso de productos químicos, va a ofrecer un agua de menor calidad que un agua de naturaleza más pura que no ha sido sometida a procesos físico-químicos de

tratamiento. Con el proceso de potabilización se pretenden dos cosas; por un lado, garantizar que su consumo no implique riesgos sobre la salud y, por otro lado, que tenga características de sabor y olor lo suficientemente agradables para ser aceptadas por el consumidor. Una posible ventaja del agua envasada es que suele indicar en su etiqueta la composición mineral exacta, lo que puede resultar útil para algunos sectores determinados de la población: enfermos renales, hipertensos, niños recién nacidos o inmunodeprimidos.

En definitiva, según palabras de investigadores en materia de Nutrición y Bromatología, ambos tipos de agua son adecuadas para cubrir las necesidades hídricas del ser humano, al menos, para la mayor parte de la población.

Eficiencia energética

La energía eléctrica es uno de los principales parámetros de gestión en una instalación de potabilización de agua. A la hora de seleccionar la mejor opción de contratación para optimizar las condiciones de suministro se tienen en cuenta los siguientes factores: potencia de facturación, tarifa eléctrica, discriminación horaria (DH), energía reactiva, estacionalidad e interrumpibilidad.

El objetivo general de un estudio de eficiencia energética es identificar cómo disminuir los consumos en la explotación de una ETAP, manteniendo la calidad del agua tratada y la seguridad en la operación. La principal ventaja de la valoración energética es la optimización de los costes de explotación, aunque también implica otras mejoras como el aumento de la vida útil del equipamiento, mejora de la imagen de la empresa (al reducir sus emisiones de CO₂), ahorros en climatización, etc.

Del análisis de eficiencia energética realizado en los distintos puntos de la red de saneamiento y de la red de alcantarillado de Valladolid, se pueden extraer varias conclusiones. En la red de abastecimiento, se observan reducciones en el consumo de la energía activa en la planta de Las Eras en sus dos modalidades de explotación, tanto en los mínimos como en los picos de consumo, que se dan en la época estival. En el CSC, los consumos de energía activa se han reducido en los meses de verano, donde antes se daban los mayores consumos, sin embargo, no se han producido mejoras en los consumos durante el resto de meses del año, en los que el consumo supera los valores del año anterior. En lo que respecta a la energía activa en el CSC, se han producido excesos y fluctuaciones bastante bruscas a lo largo del año, frente al ciclo evolutivo mucho más suavizado en el año 2010, debido a una peor calidad del agua bruta, que ha empeorado los procesos de filtración y ha sido necesario activar más veces de lo normal las bombas y las soplantes de lavado.

En lo que respecta a la red de saneamiento, en general se observa una reducción en el consumo de energía activa excepto en el caso de Casasola, donde los picos de consumo en 2011 superan los del año 2010.

Las reducciones en los consumos de energía en los distintos puntos de suministro se deben a las medidas de actuación implantadas por la empresa. Estas actuaciones han consistido principalmente en: la modificación de las horas de funcionamiento de la planta (por ejemplo, reducción de los tiempos de lavado), la modificación de los contratos y potencias contratadas, la aplicación de medidas de control automático en cuanto a niveles de bombeo, y, el ajuste de los períodos de funcionamiento a los períodos más favorables de las tarifas eléctricas. Una buena gestión en el contrato previo de tarifas mediante una revisión anual del precio permite este ajuste de forma efectiva.

JUICIO CRÍTICO

Tras la realización de este trabajo, se pueden obtener muchas conclusiones acerca de la actividad y el trabajo que existe detrás de los servicios de abastecimiento de agua potable en general, y de las plantas de potabilización en particular. Una de las apreciaciones más importantes que puedo extraer del trabajo realizado en la empresa Aguas de Valladolid, es que son muchos los procedimientos de control y seguimiento que deben implantarse para, por un lado, asegurar la calidad de un producto de consumo humano como es el agua, y por el otro, controlar un sistema muy complejo de instalaciones que deben funcionar de forma continua. La visión que se ilustra a nivel académico no muestra el verdadero entramado de actividades que conllevan la gestión de una red municipal de abastecimiento de aguas, que sólo se detecta cuando día tras día observas el trabajo que se realiza y los problemas que surgen y se deben solucionar lo más rápidamente posible.

Mi valoración personal sobre las prácticas en empresa ha sido bastante gratificante, sobre todo por mi colaboración directa en un proyecto innovador en toda la Comunidad Autónoma de Castilla y León, como ha sido la puesta en marcha de una planta de embotellamiento de agua en la planta potabilizadora de Las Eras. Aunque, a priori, pueda parecer un proceso sencillo, en el que simplemente se toma y se envasa el agua, se trata de un proyecto en el que hay que movilizar a mucho personal, recopilar mucha información, y diseñar documentación nueva antes de iniciar la actividad. Todo esto se traduce en un proceso documental muy extenso que ha ocupado gran parte de mi estancia en la empresa.

Puesto que la planta de envasado de agua se ha puesto en marcha recientemente, se desconoce aún la eficacia de esta estrategia publicitaria, aunque las pruebas iniciales han sido todo un éxito entre los empleados de la planta, por la calidad organoléptica del producto. No obstante, sí que puedo extraer un posible inconveniente de todo esto, y es que, el proceso de embotellamiento de agua no utiliza un sistema de desinfección con cloro, sino con radiación UV. Esto podría tener efectos sobre las propiedades organolépticas del agua (el agua del grifo va a tener un sabor distinto al del agua envasada) y podría influir también en la decisión final del consumidor.

Por último, como propuesta a esta actividad formativa, para mejorar la calidad de las prácticas en empresa de futuros becarios, y visto desde mi apreciación personal,

propondría que se revisaran más profundamente los programas de formación y que se plantearan de forma mucho más práctica, evitando que se dedicaran demasiadas horas al tratamiento de datos y al trabajo de oficina, tarea imprescindible en materia de gestión, y centrándose más en la actividad diaria de la empresa, como un empleado más de la organización.

Dicho todo esto, mi valoración final de la actividad es satisfactoria, ya que me ha permitido poner en práctica muchos conocimientos teóricos impartidos en el Máster viendo, además, los problemas diarios que se dan en este tipo de instalaciones y que, como consumidores, y gracias a la actividad de control de la empresa, no somos capaces de detectar pero que forman parte del día a día de estas instalaciones.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Normativa de aplicación

EUROPEA

Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios.

Directiva 2003/40/CE, de 16 de mayo de 2003, por la que se fija la lista, los límites de concentración y las indicaciones de etiquetado para los componentes de las aguas minerales naturales, así como las condiciones de utilización del aire enriquecido con ozono para el tratamiento de las aguas minerales naturales y de las aguas de manantial.

Directiva 80/777/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1980, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales y sus modificaciones (última modificación Directiva 96/70/CE, de 28 de octubre de 1986).

ESTATAL

RD 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica.

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

RD 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano.

Orden AYG/397/2006, de 9 de marzo, por la que se regula el registro General de Transportistas y Medios de Transporte de subproductos animales no destinados al consumo humano que operen en Castilla y León y se regula el Libro de Transporte.

RD 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.

RD 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el RD 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.

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

RD 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

RD 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas los manipuladores de alimentos.

RD 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

RD 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

RD 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

RD 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

RD 1078/1993, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

RD 1712/1991, de 29 de noviembre, sobre el Registro general sanitario de alimentos.

RD 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

RD 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la administración pública del agua y de la planificación hidrológica.

RD 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

Otra documentación de referencia

Cerrilo, A. "Más botella que grifo de agua". La Vanguardia. 17/10/2007

(http://www.portalpaula.org/esfera/recull_prensa/consulta_prensa.php?esfera=1&lng=ca&id=826&arxiu=arxiu_826.xml). (Último acceso: 25/06/2012).

Código de Prácticas de higiene para las aguas potables embotelladas/envasadas (distintas de las aguas minerales naturales). CAA/RCP 48/2001.

"Implementación de procesos basados en los principios APPCC, y facilitación de la implementación de los principios APPCC en determinadas empresas alimentarias." Guía directriz (Documento de Orientación). Health & Consumer Protection. Directorate-General. European Commission.

ISO 22.000:2005 de seguridad alimentaria.

Las aguas de bebida envasadas. Libro Blanco. Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE).

Manual de Calidad ETAP Las Eras (Valladolid).

Norma General para las aguas potables embotelladas/envasadas. Codex Standard 227/2001. Codex Alimentarius.

Programa de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano de Castilla y León
(marzo de 2009).

Programa de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano de Valladolid

Bibliografía Web

AGENCIA ESPAÑOLA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN

http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/detalle/normas_basicas.shtml

(Última visita: 22/06/2012)

AGUAS DE BARCELONA <http://www.agbar.es/es/1957.html> (Última visita: 22/06/2012).

AGUAS DE VALLADOLID <http://www.aquasdevalladolid.com/ESP/home.asp> (Última visita: 28/06/2012).

AQUALOGY <http://www.aqualogyredes.es/> (Última visita: 22/06/2012).

AQUAPLAN <http://www.aquaplan.es/ESP/home.asp> (Última visita: 22/06/2012).

ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS DE AGUAS DE BEBIDA ENVASADAS

<http://www.aneabe.com/web/index.php/home> (Última visita: 27/06/2012).

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO <http://www.boe.es/> (Última visita: 13/06/2012)

CÓDIGOS ALIMENTARIOS

http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=es (Última visita: 29/05/2012)

DOCUMENTO ORIENTACIÓN IMPLEMENTACIÓN APPC

<http://www.sivex.org/GUIA%20DIRECTRIZ.pdf> (Última visita: 22/05/2012).

ENDESA

<http://www.endesaonline.es/ES/empresas/teguia/informacionutil/energiareactiva/index.asp>

(Última visita: 26/05/2012).

FETRACAL

http://www.fetracal.es/general.php?art_id=102 (Última visita: 26/06/2012).

NORMATIVA EUROPEA HIGIENE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:ES:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:ES:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:ES:PDF) (Última visita: 28/05/2012).

NOTICIAS JURÍDICAS <http://noticias.juridicas.com/> (Última visita: 27/06/2012)

ANEXO I. PROCEDIMIENTO DE EXPLOTACIÓN DE LA ETAP LAS ERAS

AGUAS DE VALLADOLID - MANUALES	
Manual de explotación Las Eras	
REV: 1 18/06/2012	
Preparado por:	Maria Jose Gonzalez Peña (15/06/2012 17:00:58)
Aprobado por:	José Antonio del Rey Martín (18/06/2012 10:31:32)

1. INTRODUCCIÓN

Desde esta planta potabilizadora se realizan las impulsiones necesarias, a través de las correspondientes estaciones de bombeo, hasta los elementos de distribución, como son los depósitos y las arterias.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La alimentación de agua bruta se lleva a cabo mediante una captación por gravedad desde el Canal de Castilla. Existe una toma de emergencia mediante un bombeo en el río Pisuerga a la altura del Puente Mayor, pero actualmente no se encuentra operativa.

La toma principal esta formada por tres tuberías de diámetros 400, 700 y 1.000 mm, que conducen el agua desde la dársena hasta la torreta de llegada a la planta, regulando el caudal con varias válvulas de compuerta de accionamiento manual tanto al inicio como al final de su recorrido.

El agua se distribuye a los decantadores desde las cámaras de mezcla de distribución, donde se produce la dosificación de coagulante (sulfato de aluminio), una precloración (hipoclorito sódico) y la eventual adición de carbono activo en polvo. Los decantadores existentes son producto de las distintas ampliaciones que se han venido realizando. En la actualidad, se dispone de cinco decantadores Accelator (tres con una capacidad de 150 L/s y dos más modernos de 400 L/s), y un decantador Lamelar capaz de tratar hasta 700 L/s. El agua decantada pasa a un canal general de reparto del que se abastecen los filtros de arena, de los que sale por gravedad hacia el depósito.

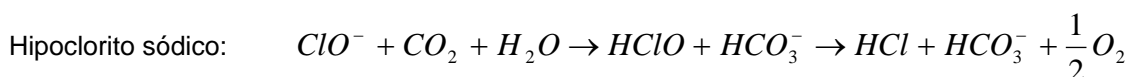
3. ETAPAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

3.1 Desbaste en la toma

Es la eliminación de la mayor cantidad posible de materiales sólidos de mediano y gran tamaño antes de la entrada en planta, mediante rejillas en la obra de toma, y otras más finas en las torretas de llegada, con una separación entre barros que oscila desde 8-10 cm hasta 25-40 mm.

3.2. Precloración y adición de carbono activo en la cámara de mezcla

El cloro es el desinfectante más utilizado para la esterilización del agua, debido a la facilidad de empleo y a su poder oxidante aún en cantidades muy reducidas, que produce la destrucción de las diastasas indispensables para la vida microbiana. En esta planta se utiliza hipoclorito sódico:



El valor del pH del agua indica la presencia de cloro molecular ($\text{pH} < 5$); de ácido hipocloroso ($5 < \text{pH} < 6$), como mezcla de iones hipoclorito y de ácido hipocloroso ($6 < \text{pH} < 10$); o de hipoclorito ($\text{pH} > 10$). La riqueza del hipoclorito se valora en gramos de cloro activo por litro de producto.

El carbón activo en polvo se aplica eventualmente como suspensión acuosa poco concentrada en la misma cámara de mezcla de llegada, produciéndose la reacción de adsorción. Posteriormente, tiene lugar la floculación y se separa mediante la decantación. Su misión es mejorar el sabor y olor del agua.

3.3. Coagulación, floculación y decantación en los decantadores.

En las torretas o cámaras de mezcla, la adición de coagulante se combina con una ligera agitación del agua de entrada, bien mediante un difusor de aire o bien mediante un turbomixer, consiguiendo de este modo una correcta mezcla.

Mediante válvulas de accionamiento manual situadas en la base de las torretas, el agua con coagulante se envía a los decantadores. En la ETAP Las Eras existen dos tipos de decantadores:

Accelerator: consiste fundamentalmente en una cuba cilíndrica de fondo, con una campana cónica interior que separa la zona de reacción en el centro del aparato de la zona de decantación en la periferia anular exterior. El agua llega por un canal anular y entra en la cámara de reacción primaria, donde se mezcla con los reactivos que se añaden de manera continua, mezclándose con palas verticales de una turbina central accionada con el motor reductor colocado sobre el puente del decantador.

Lamelar: está formado por un paralelepípedo a lo largo del cual se disponen unas estructuras inclinadas denominadas lamelas, donde golpean los sólidos formados en la cámara de floculación, y por gravedad resbalan al fondo. En la parte superior, unos canales abiertos recogen el agua decantada.

A continuación, se relata una breve descripción de los procesos que tienen lugar en el interior de estos equipos:

Coagulación: consiste en reunir en partículas voluminosas o flóculos los materiales coloidales muy finos contenidos en el agua, evitando que atraviesen los filtros. Estas partículas finas están cargadas eléctricamente, lo que impide que puedan agruparse. Para neutralizar sus cargas se añaden coagulantes químicos (sales de metales trivalentes como aluminio o hierro: en esta planta se utiliza tanto sulfato de aluminio $(\text{SO}_4)_3\text{Al}_2$ como cloruro férrico Cl_3Fe), capaces de formar por hidrólisis un precipitado insoluble al neutralizar con sus iones positivos la carga de la partícula coloidal, que se añade al precipitado formando flóculos separables por decantación y filtración.

Floculación: es la formación de partículas sedimentables a partir de los coloides desestabilizados. Son estructuras porosas y muy fibrosas, que se mantiene unidas por puentes químicos o enlaces físicos. Actualmente no se utiliza.

Decantación: es la sedimentación de flóculos formados juntamente con el resto de partículas suspendidas en el agua, por acción de la gravedad, en el fondo del decantador, formando los fangos que son eliminados por purgas periódicas.

3.4. Filtración mediante filtros de arena

El agua decantada se distribuye mediante un canal de reparto a la zona de filtración, compuesta por un total de 14 filtros de arena.

Este proceso tiene por objeto retener las partículas en suspensión en el agua, tanto las procedentes del agua bruta, como las que se originan en un proceso previo de coagulación. Para ello se hace pasar el agua a través de filtros formados por una capa de 60 a 75 cm de arena asentada sobre un sistema de drenaje de toberas.

Al pasar por la arena, ésta actúa de tres formas: como soporte de microorganismos, fijando las materias coloidales contenidas en el agua, y reteniendo mecánicamente las materias sólidas. La retención de estas materias produce el progresivo atascamiento del filtro, por lo que es necesario proceder a su lavado mediante agua y aire a presión, lo que esponja la masa filtrante. Tras separar las impurezas, éstas son arrastradas por el proceso de lavado.

3.5. Filtración con carbón activo

Una vez el agua pasa por los filtros de arena, se aplica un tratamiento en los 6 filtros de carbón activo granular, donde se mejora principalmente la calidad organoléptica del agua. Esta etapa es la última de la línea de tratamiento. De aquí el agua sale en condiciones para ser distribuida después de someterse a la cloración. Esta filtración por carbón activo granular consiste en un lecho de CAG de 1 m de altura cuya función es retener mecánicamente las partículas en suspensión en el agua, la adsorción de virus y materias orgánicas, debido a la alta porosidad que tiene el carbón activo y la digestión de la materia orgánica por parte de las bacterias que residen en los poros del carbón activo. También retiene los compuestos causantes de malos olores y sabores y los que confieren color al agua.

La línea de filtros de carbón está integrada al sistema de telecontrol, a través del empleo de sensores, automatismos y elementos necesarios. El lavado de los filtros se hace a través de bombas de lavado y compresores de aire.

3.6. Desinfección por hipoclorito

Hay tres métodos de desinfección ampliamente utilizados: radiación ultravioleta, ozonización, y adición de cloro o derivados, siendo este último el empleado en esta ETAP debido a su menor coste y facilidad de utilización.

El hipoclorito sódico se usa en dosis muy pequeñas, consiguiendo una concentración de cloro libre de 0,5 a 1 mg/L, y se adiciona en cantidad suficiente para asegurar la permanencia de un mínimo capaz de impedir la proliferación de contaminantes hasta el punto de consumo.

SALA DE REACTIVOS

Los reactivos utilizados en esta ETAP son hipoclorito sódico usado como desinfectante y cloruro férrico y sulfato de aluminio utilizados como coagulantes. Cada reactivo se encuentra almacenado en depósitos o cubas, de donde son distribuidos a través de bombas de dosificación. Los depósitos se encuentran de la siguiente manera:

- 2 cubas de hipoclorito sódico con capacidad de 24.000 litros. La distribución se hace a través de 8 bombas dosificadoras.
- 1 cuba de cloruro férrico de 22.000 litros, cuya distribución se hace a través de 4 bombas dosificadoras.
- 2 cubas de sulfato de aluminio con capacidad de 24.000 litros. La distribución se hace a través de 5 bombas dosificadoras.

3.7. Almacenamiento en depósito

El agua tratada pasa, por gravedad, a un depósito de almacenamiento situado bajo la planta, con una capacidad de 1.500 m³.

3.8. Impulsión

La impulsión del agua producida se realiza hacia depósitos de almacenamiento periféricos (Contiendas, Girón, Berrocal, Navabuena, etc.), cuya misión es regular el suministro y asegurar el abastecimiento frente a las fluctuaciones horarias de caudal, o hacia las redes de distribución que abastecen directamente a la ciudad, con una extensión total de unos 450 Km.

La salida de agua potable de la ETAP se realiza en la actualidad, en varios puntos. Existe un grupo de bombas que envían el agua hacia Villanubla y hacia el depósito de Girón, otro bombea el agua hasta el depósito de Fuente Berrocal y un tercero suministra el agua directamente a la red general de la ciudad. Igualmente existe un pozo de bombeo cuya misión es enviar el agua al depósito regulador del Cerro de Las Contiendas. Desde este depósito, que tiene una capacidad de 100.000 m³, se abastece la arteria de circunvalación de la ciudad, que en la actualidad está unida a la salida de bombas de la ETAP Las Eras.

4. CONTROL DE LA ETAP

4.1 Telecontrol centralizado

Existe un control central, donde se registran en continuo las variables críticas del proceso de tratamiento (turbidez, temperatura, conductividad, pH), todos los caudales (tanto de entrada como de salida de la planta), la presión de salida a la ciudad y la concentración de cloro libre presente en dicha salida. Asimismo se reciben señales del estado de los diferentes grupos de bombeo, valores de presiones de la línea neumática y la altura del depósito de almacenamiento.

Desde este centro se controlan las variables principales (caudal, nivel, cloro libre) de los depósitos de Girón, Parquesol y Fuente Berrocal, y los parámetros críticos (caudal, presión, cloro libre) de los puntos de control de red como Arroyo o el Centro R.S.U..

Además, este Sistema de Telecontrol centraliza la visualización y gestión remota de todas las instalaciones, extendiéndose en el futuro hasta incluir todos los procesos de la planta, los depósitos y bombes periféricos nuevos, además de otros puntos de control de red. Dicho sistema controla la gran mayoría de variables de proceso de la planta y periféricos, aun cuando tendrá que ampliarse.

4.2. CONTROL DE PLANTA

4.2.1 Datos Analíticos

A continuación se describe la rutina de análisis y mediciones llevadas a cabo por los operarios de planta de la ETAP Las Eras:

A) Control de T^º: La temperatura del agua bruta de entrada se mide 2 veces al día.

B) Control de pH: Se realizan 4 mediciones diarias en los siguientes puntos:

- Agua Bruta
- Decantadores
- Bombeo a Red
- Bombeo a Depósito Contiendas

C) Control de Turbidez: Se mide 4 veces al día en las zonas citadas a continuación:

- Agua Bruta
- Decantadores
- Filtros de Arena

- Bombeo a Red
- Bombeo a Depósito Conttiendas

D) Control de Cloro Residual: Se comprueba la cantidad de cloro en estos puntos:

- Decantadores- Se realizara cada 2 horas alternando los decantadores.
- Bombeo a Red- Se realizará cada hora
- Bombeo a Depósito Conttiendas- Se realizará cada hora

E) Control de Presión: Cada hora se anota la presión de bombeo a la red.

F) Control de Dosificación de Reactivos: Una vez por hora se anotan los valores de las siguientes zonas:

- Hipoclorito Precloración: Torreta Vieja, Torreta Nueva
- Hipoclorito Poscloración: Depósito Viejo, Depósito Nuevo
- Sulfato de Aluminio: Decantadores (1-3)
- Cloruro Férrico: Decantadores (4-6)

G) Control de Fangos: Cada hora se mide el volumen de fangos de cada uno de los decantadores.

H) Control de Decantadores: 3 veces al día se registra la apertura de la válvula de entrada al decantador, así como las revoluciones de la turbina.

I) Control de Filtros: Cada día quedan registrados los filtros que han sido lavados.

J) Control de Válvulas de Regulación: Siempre que se actúa sobre las válvulas generales de agua bruta y salida a red, se anota la apertura de las mismas.

K) Control del Estado del Canal: Una vez al día como mínimo se examina la dársena del canal y se anotan comentarios sobre su nivel y otras informaciones relevantes acerca de su estado.

4.2.2 Datos de Producción

A) Control de Bombeos: Diariamente, se realiza un seguimiento de los volúmenes suministrados desde la planta así como de las horas de funcionamiento de los bombeos que se detallan a continuación:

- Girón
- Cárcel-Villanubla
- Berrocal
- Red Ciudad
- Conttiendas

B) Control de Planta: Una vez al día se anotan los valores de los caudalímetros de entrada a los decantadores, además de los correspondientes a los bombeos de salida a red y del depósito de Conttiendas.

C) Observaciones: A lo largo de cada turno (3 veces por día), se anota en el parte de planta la hora exacta de puesta en marcha y parada de los bombeos anteriormente citados.

D) Control de Reactivos: Una vez al día se registra la altura de los depósitos de reactivos, además del consumo diario de los mismos.

E) Control de Energía: Las lecturas de Energía eléctrica en cada planta se realizaran a las horas de cambio de cada periodo, como varían a lo largo de los meses del año se deja un horario en el tablón del laboratorio de la ETAP.

