



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Planta de regeneración de agua de línea de lavado
mediante sistema de electroporación sin uso de
productos químicos

Autor: Camilo Pereira Alonso

Director: Carlos Morales Polo

Co-Director: Ignacio Alonso Montoya

Madrid

Julio de 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
PLANTA DE REGENERACIÓN DE AGUA DE LÍNEA DE LAVADO
MEDIANTE SISTEMA DE ELECTROPORACIÓN SIN USO DE PRODUCTOS
QUÍMICOS

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico **2021/2022** es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Camilo Pereira Alonso

Fecha: 05/07/2022



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Ignacio Alonso Montoya

Firmado digitalmente
por Carlos Morales Polo
Fecha: 2022.07.13

15:45:16 +02'00'

Fecha: 12/07/2022



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Planta de regeneración de agua de línea de lavado
mediante sistema de electroporación sin uso de
productos químicos

Autor: Camilo Pereira Alonso

Director: Carlos Morales Polo

Co-Director: Ignacio Alonso Montoya

Madrid

Julio de 2022

PLANTA DE REGENERACIÓN DE AGUA DE LÍNEA DE LAVADO MEDIANTE SISTEMA DE ELECTROPORACIÓN SIN USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

Autor: Pereira Alonso, Camilo

Director: Morales Polo, Carlos

Codirector: Alonso Montoya, Ignacio

Entidad Colaboradora: *Geodesic Innovations*

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

Este TFM se presenta como la oportunidad para profundizar más en una aplicación concreta del sistema de *Geodesic*. El tema que se va a desarrollar es el diseño de una planta de regeneración de agua de línea de lavado de cánigos mediante el sistema de electroporación sin uso de productos químicos; con su posterior análisis de ventajas y ahorros.

Geodesic Innovations es una empresa española que ha desarrollado la tecnología más avanzada del mercado en términos de conservación y desinfección de agua. El sistema de *Geodesic*, goza de un diseño por partes o módulos que le permite ajustarse a distintos caudales según las necesidades de cada entorno; además de ser capaz de ejecutar de manera autónoma su mantenimiento diario. En resumen, los equipos están a la vanguardia de la innovación, no solo por las técnicas aplicadas, sino también por su manera de conectarse e interactuar con la nube y el análisis de los datos.

Los equipos constan de unas celdas electrolíticas en las que se produce un fenómeno de electroporación y oxidación avanzada. A modo de introducción, la electroporación se entiende como un mecanismo electrofísico cuyo objetivo principal es la eliminación de bacterias. Bajo determinadas condiciones, los campos eléctricos generados en el equipo son capaces de inducir un desequilibrio electroosmótico en la membrana celular de las bacterias, provocando la ruptura de esta y la muerte de la bacteria. De este modo, el sistema de *Geodesic* logra desinfectar de manera completa e inmediata el agua circulante. Además, esta aplicación de campos eléctricos desencadena dos tipos de reacciones de oxidación natural: oxidaciones directas de materia orgánica o inorgánica, y reacciones de generación de oxidantes. Gracias a esto, en el sistema se genera cloro activo a partir de los cloruros presentes de manera natural en el agua, o radicales hidroxilos a partir de las propias moléculas de agua. Los equipos de tratamiento del agua están conectados a una plataforma de gestión remota, llamada CB-OPCON, que facilita la automatización del mantenimiento, así como la minimización de los requisitos de operación, logística y mantenimiento.

Es la combinación de estas dos técnicas (electroporación y oxidación avanzada), gestionada de manera eficiente mediante el software, la responsable de asegurar la calidad de agua deseada en cada uso o aplicación – siendo diferente según se trate de redes de distribución, circuitos cerrados o semicerrados – pero siempre garantizando la desinfección en el punto de uso o de entrega del agua.

Debido al uso de este sistema vanguardista, el equipo de *Geodesic* presenta tres ventajas incontestables frente a los sistemas tradicionales, independientemente del campo de aplicación donde se utilice el equipo. (a) Elimina completamente los productos químicos presentes en el agua. (b) Flexibiliza la estrategia de tratamiento del agua (adaptando a cada caso de uso la estrategia de desinfección, garantizando la calidad deseada en el punto de entrega o consumo). (c) Ahorro de hasta el 90% de agua en piscinas y en la purga de torres de refrigeración. Adicionalmente, el sistema posee otras ventajas entre las que se pueden destacar que no generan ningún tipo de subproductos; que el proceso es independiente de factores como el pH o la transmitancia; la flexibilidad a la hora de adaptar e incorporar el equipo con otros procesos; y la ausencia de tiempo de contacto necesario entre el agua y los reactores del equipo.

En el sector alimentario, el agua es un elemento clave en gran parte de sus procesos, haciendo falta contar siempre con unos requisitos de calidad que puedan asegurar la seguridad del consumidor final, además de garantizar la máxima calidad de los productos finales producidos. Por estos motivos, hoy en día en la industria alimentaria, el tratamiento del agua es fundamental y se ha convertido en una de las principales prioridades.

El agua juega un papel importante en numerosos procesos involucrados en la cadena de valor de la industria alimentaria, desde la propia preparación de los alimentos, pasando por la limpieza de las instalaciones, la maquinaria o los utensilios empleados, hasta la desinfección y la limpieza de los alimentos, que muchas veces durante su crecimiento han sido tratados con algún tipo de agente desinfectante que debe ser eliminado previo al consumo humano.

La idea del proyecto es el diseño de la instalación, para una línea de lavado de *Vegetales Línea Verde Navarra S.A.*, de un sistema de electroporación de *Geodesic* combinado con una filtración de perlita y un UV que sustituya a los productos químicos y permita regenerar el agua para minimizar su reposición permitiendo un importante ahorro de la misma.

Entre los principales objetivos del proyecto se puede destacar: (a) El prediseño hidráulico de la planta junto con el dimensionado de las tuberías. (b) El desarrollo de cálculo de las alturas manométricas de las bombas necesarias. (c) La selección de dichas bombas de impulsión. (d) La selección de los componentes y la estimación del presupuesto de la instalación. (e) Un estudio de ahorro económico. (f) El análisis de ventajas e inconvenientes.

Metodología

A continuación, antes que nada, se incluye una breve explicación del recorrido del agua a través de los elementos principales del circuito de la línea de lavado (que cuenta con 3 lavadoras):

Dos bombas de impulsión recogen agua sucia de las lavadoras 2 y 3. La elevan por encima del nivel de la cubierta del techo y la llevan por el techo al depósito 1. De este depósito una nueva bomba recoge agua y la bombea a través de toda la etapa de limpieza, pasando primero por el filtro de perlita (que elimina materia orgánica y sólidos en suspensión de tamaño mayor a una micra), a continuación, por el equipo GEO-FDP y de vuelta al depósito 2. Desde este depósito otra bomba de nuevo eleva el agua por encima de la cubierta y la lleva directamente a la lavadora 1; y otra bomba a la lavadora 2 pero pasando primero por el equipo de ultravioleta, que se encuentra anclado a la pared en el camino del depósito 2 al techo.

Existe un desborde de agua por acción de la gravedad del depósito 2 al depósito 1, para mantener el agua en circulación en caso de parada de las bombas B4 y B5. De modo que, el depósito 2 deberá estar por encima del nivel del depósito 1; es por esto por lo que se colocarán sobre sendas bancadas de alturas 50 cm y 75 cm respectivamente. Por otro lado, para

descolmar las velas del filtro de perlita, existe la opción de recircular el agua por el filtro de perlita. Y, además, existe una pequeña tubería que mide el estado del agua a través de unas sondas de pH, cloro y REDOX; estos datos se transmiten al CB-OPCON, dónde se estiman los parámetros necesarios de funcionamiento del equipo GEO-FDP según el estado del agua en cuestión.

Una vez explicado el recorrido del agua a través de los elementos, se va a resumir el procedimiento que se ha llevado a cabo para todo el dimensionado.

Primero, con las medidas necesarias extraídas de los planos de la planta se llevó a cabo un diseño preliminar de la disposición del circuito a implementar. Tras hablar con *Geodesic* e incluir las correcciones pertinentes, se dejó cerrada la disposición y dimensionado del circuito, y se procedió a realizar los cálculos hidráulicos.

Se comenzó entonces con la determinación de los diámetros necesarios de las tuberías. Gracias al conocimiento previo de los caudales que *Geodesic* pretende hacer circular por cada uno de los tramos, suponiendo una velocidad de flujo de 2,5 m/s, y haciendo uso de *Calcuvio* (un software para cálculo de diámetro de tuberías) se determinaron los diámetros necesarios para las tuberías.

Tras conocer los diámetros y la disposición de todo el diseño de la planta, se siguió con la selección de las bombas de impulsión necesarias. Para su elección es necesario conocer dos valores: el caudal a impulsar (conocido) y la altura manométrica que debe vencer la bomba. Se procedió entonces al cálculo de las alturas de las bombas y a la elección de un catálogo de bombas ESPA, según las características caudal y altura.

Una vez determinados los elementos críticos del sistema, se hizo una estimación completa de todos los elementos necesarios en el sistema y del presupuesto completo del equipo a instalar en la planta de lavado. Y, por último, un análisis cualitativo del impacto en cuanto a ventajas e inconvenientes.

Resultados

Siguiendo el proceso de cálculo resumido anteriormente, se incluye a continuación, un resumen de los resultados más importantes obtenidos.

En cuanto a la elección de los diámetros a emplear en función de los caudales de flujo necesarios en cada tramo, se han seleccionado los siguientes:

Caudal(m ³ /h)	D: Calcuvio	Factor Seg.	D corregido	Elección D (mm)
2	17	1,25	21,25	32
11	40	1,25	50	50
13	43	1,25	53,75	63
0,5	9	1,25	11,25	20

Tabla 1: Resumen del cálculo de los diámetros de las tuberías.

Como es lógico, si se eligen diámetros estándar, de mayor diámetro que el diámetro obtenido despejando de la ecuación $Q = v \cdot A$, la velocidad real resultante será menor que la que se había fijado a 2,5 m/s.

Tras el proceso de diseño y conociendo ya los diámetros necesarios, se incluyen a continuación los resúmenes de los cálculos de las alturas manométricas para cada uno de los tramos. Siendo la altura manométrica la suma de la altura de impulsión y las pérdidas de carga

(calculadas mediante un software que replica la ecuación de Darcy-Weisbach), se obtuvieron los siguientes resultados:

Resumen tramo: Lavadora 2 – Depósito 1

Datos iniciales:	
Diámetro:	50 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta:	0.004 mm
Longitud de la tubería:	40.95 m
Viscosidad cinemática del fluido:	0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería:	183.33 l/min
Resultado:	
Area de sección transversal de la tubo:	0.0019635 m ²
Velocidad del fluido:	1.5561497326203 m/s
Número de Reynolds:	77807.486631016
Régimen turbulento	
Factor de fricción de Darcy:	0.01933188946824
La Pérdida de presión en la tubería: 38340.782308821 Pa	
La Pérdida de carga en una tubería: 1.9541683133956 m	

Resumen	B1
Codos	4
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	11
Diámetro impulsión (mm)	50
Longitud tuberías (cm)	3205
Longitud equiv. codos (mm)	6000
Longitud equiv. valvulas (mm)	2900
Longitud equiv. total (cm)	4095
Pérdidas de carga (m)	1,9542
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	7,5542

Tabla 2: Resumen tramo lavadora 2 – depósito 1, incluyendo la altura manométrica total.

Imagen 1: Resultados del cálculo de pérdidas de carga para el tramo de la lavadora 2 al depósito 1.

Resumen tramo: Lavadora 3 – Depósito 1

Datos iniciales:	
Diámetro:	32 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta:	0.004 mm
Longitud de la tubería:	42.08 m
Viscosidad cinemática del fluido:	0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería:	33.33 l/min
Resultado:	
Area de sección transversal de la tubo:	0.0008042496 m ²
Velocidad del fluido:	0.69070596988796 m/s
Número de Reynolds:	22102.591036415
Régimen turbulento	
Factor de fricción de Darcy:	0.026165749364028
La Pérdida de presión en la tubería: 16415.168659526 Pa	
La Pérdida de carga en una tubería: 0.83665487561295 m	

Resumen	B2
Codos	4
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	2
Diámetro impulsión (mm)	32
Longitud tuberías (cm)	3638
Longitud equiv. codos (mm)	3840
Longitud equiv. valvulas (mm)	1856
Longitud equiv. total (cm)	4207,6
Pérdidas de carga (m)	0,8367
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	6,4367

Tabla 3: Resumen tramo lavadora 3 – depósito 1, incluyendo la altura manométrica total.

Imagen 2: Resultados del cálculo de pérdidas de carga para el tramo de la lavadora 3 al depósito 1.

Resumen tramo: Depósito 1 – Depósito 2

Datos iniciales:	
Diámetro:	63 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta:	0.004 mm
Longitud de la tubería:	69.8 m
Viscosidad cinemática del fluido:	0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería:	216.67 l/min
Resultado:	
Area de sección transversal de la tubo:	0.0031172526 m ²
Velocidad del fluido:	1.1584453138853 m/s
Número de Reynolds:	72982.054774772
Régimen turbulento	
Factor de fricción de Darcy:	0.019537695060595
La Pérdida de presión en la tubería: 29049.540977369 Pa	
La Pérdida de carga en una tubería: 1.4806086125061 m	

Imagen 3: Resultados del cálculo de pérdidas de carga para el tramo del depósito 1 al depósito 2.

Resumen	B3
Codos	22
Válvulas	6
Antirretornos	3
Caudal (m3/h)	13
Diámetro impulsión (mm)	63
Longitud tuberías (cm)	1575
Longitud equiv. codos (mm)	41580
Longitud equiv. valvulas (mm)	12474
Longitud equiv. total (cm)	6980,4
Pérdidas de carga (m)	1,4806
Altura de impulsión (cm)	240
Altura manométrica (m)	3,8806

Tabla 4: Resumen tramo depósito 1 – depósito 2, incluyendo la altura manométrica total.

Resumen tramo: Depósito 2 – Lavadora 3

Datos iniciales:	
Diámetro:	32 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta:	0.004 mm
Longitud de la tubería:	26.09 m
Viscosidad cinemática del fluido:	0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería:	33.33 l/min
Resultado:	
Area de sección transversal de la tubo:	0.0008042496 m ²
Velocidad del fluido:	0.69070596988796 m/s
Número de Reynolds:	22102.591036415
Régimen turbulento	
Factor de fricción de Darcy:	0.026165749364028
La Pérdida de presión en la tubería: 10177.560606631 Pa	
La Pérdida de carga en una tubería: 0.51873397587314 m	

Imagen 4: Resultados del cálculo de pérdidas de carga para el tramo del depósito 2 a la lavadora 3.

Resumen	B4
Codos	3
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	2
Diámetro impulsión (mm)	32
Longitud tuberías (cm)	2135
Longitud equiv. codos (mm)	2880
Longitud equiv. valvulas (mm)	1856
Longitud equiv. total (cm)	2608,6
Pérdidas de carga (m)	0,5187
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	6,1187

Tabla 5: Resumen tramo depósito 2 – lavadora 3, incluyendo la altura manométrica total.

Resumen tramo: Depósito 2 – Lavadora 2

Datos iniciales:
Diámetro: 50 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 49.36 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería: 183.33 l/min
Resultado:
Area de sección transversal de la tubo: 0.0019635 m ²
Velocidad del fluido: 1.5561497326203 m/s
Número de Reynolds: 77807.486631016
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.01933188946824
La Pérdida de presión en la tubería: 46214.920995443 Pa
La Pérdida de carga en una tubería: 2.355005604201 m

Resumen	B5
Codos	11
Válvulas	5
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	11
Diámetro impulsión (mm)	50
Longitud tuberías (cm)	2996
Longitud equiv. codos (mm)	16500
Longitud equiv. valvulas (mm)	2900
Longitud equiv. total (cm)	4936
Pérdidas de carga (m)	2,3555
Altura de impulsión (cm)	550
Altura manométrica (m)	7,8555

Tabla 6: Resumen tramo depósito 2 – lavadora 2, incluyendo la altura manométrica total.

Imagen 5: Resultados del cálculo de pérdidas de carga para el tramo del depósito 2 a la lavadora 2.

A continuación, conociendo el caudal a impulsar y la altura manométrica a salvar, se incluye el resumen con la selección de las bombas de cada uno de los tramos, que se han elegido a partir de sus curvas características:

	B1	B2	B3	B4	B5
Caudal (m3/h)	11	2	13	2	11
Altura manométrica (m)	7.5542	6.4367	3.8806	6.1187	7.8555
Elección Bomba	SILEN S2 75 18	SILEN I 33 8	SILEN S 60 12	SILEN I 33 8	SILEN S2 75 18

Tabla 7: Elección de las bombas ESPA necesarias para vencer las alturas manométricas de cada uno de los tramos.

Tras toda la fase de diseño y elección de elementos críticos, por último, se llevó a cabo una estimación de todos los elementos necesarios y del presupuesto necesario para la instalación, incluido en las siguientes tablas:

Tubería	Pedido (m)	Precio unitario (€/m)	Precio total (€)
20 mm	3,00	0,74	2,22 €
32 mm	69,00	1,58	109,02 €
50 mm	53,00	2,35	124,55 €
63 mm	34,00	3,6	122,40 €
100 mm	1,00	8,86	8,86 €
Precio total tuberías			367,05 €

Tabla 8: Desglose del presupuesto necesario para los tramos de tuberías.

Elemento	Cantidad (uds)	Precio unitario (€/ud.)	Precio total (€)
Equipo GEO-FDP	1	16.833,42 €	16.833,42 €
Estructura soporte equipo GEO-FDP	1	690,64 €	690,64 €
Filtro de perlita	1	5.750,00 €	5.750,00 €
Lámpara de luz ultravioleta	1	1.174,76 €	1.174,76 €
Depósito (3 m ³)	2	950,59 €	1.901,18 €
Bancadas depósitos	1	1.575,00 €	1.575,00 €
Bomba SILEN I	2	243,00 €	486,00 €
Bomba SILEN S	1	315,00 €	315,00 €
Bomba SILEN S2	2	438,00 €	876,00 €
Válvula de compuerta manual	16	27,78 €	444,44 €
Válvula de compuerta motorizada - d63	4	181,00 €	724,00 €
Válvula de compuerta motorizada - d32	1	165,00 €	165,00 €
Válvula de 3 vías motorizada	1	297,00 €	297,00 €
Antirretorno	8	11,03 €	88,26 €
Codo 90	40	1,01 €	40,28 €
Tee	14	1,06 €	14,87 €
Reductora diámetro 63-80 mm	2	1,37 €	2,74 €
Manómetro	4	35,25 €	141,00 €
Boya de pera	4	28,18 €	112,72 €
Caudalímetro	1	119,00 €	119,00 €
Reductora de presión	1	137,37 €	137,37 €
Tuberías	N/A	N/A	367,05 €
Precio total			32.255,72 €

Tabla 9: Desglose del presupuesto total de la instalación para la línea de lavado.

De modo que, según la estimación, excluyendo los costes de transporte e instalación, el precio total del sistema para la línea de lavado sería de 32.255,72 €.

Conclusiones

Tras el desarrollo de la memoria, el diseño de la instalación y el estudio de costes, en esta sección se va a resumir, de la manera más clara y concisa posible, las ventajas que se han ido viendo durante el desarrollo del trabajo de la instalación del equipo en la línea de lavado. Además, se verán también las posibles desventajas y los puntos a mejorar para conseguir pulir el circuito de reutilización de agua.

En cuanto a las ventajas principales se encuentran: (a) Ahorros económicos importantes derivados de la eliminación total de productos químicos para desinfección. (b) La disminución de los riesgos laborales en la fábrica, también debido a la no manipulación de químicos en el interior de esta. (c) La minimización de la generación de subproductos del cloro, como pueden ser los trihalometanos o los cloratos, que son perjudiciales para los alimentos y, por tanto, para la salud humana. (d) La reducción de la huella de carbono, debido de nuevo a la no utilización de productos químicos. (e) El ahorro en concepto de tasas por el vertido al medio ambiente de aguas con presencia residual de agentes químicos. (f) Ahorro en el coste de horas de mantenimiento al encontrarse la instalación permanentemente monitorizada y controlada por *Geodesic*. (g) Control exhaustivo de la instalación gracias al CB-OPCON. (h) Ahorro de grandes cantidades de agua, y el impacto que ello tiene en el cuidado del medio ambiente. (i) Posibilidad de en un futuro continuar con el desarrollo en otras industrias, como podría ser la industria metalúrgica.

Por otro lado, existen los siguientes inconvenientes: (a) Por el momento, no se ha logrado que la perlita aguante demasiado tiempo antes de colmatarse, por lo que es necesaria su

reposición diaria. Una posible solución sería la automatización del proceso de reposición de la perlita. (b) Elevado gasto de inversión inicial. Frente a este inconveniente, *Geodesic* lo que plantea a sus clientes es una prueba inicial de 6 meses en los que observar los resultados, y a partir de entonces, negociar el contrato por la utilización del sistema.

Gracias al trabajo, se ha podido profundizar en uno de los proyectos de *Geodesic*, y pese a que el balance del resumen de las ventajas y los inconvenientes es claramente positivo a favor de las ventajas, para finalizar, se ha querido sostener el sentido de la ejecución de este proyecto; ya que, al fin y al cabo, no tendría sentido llevarlo a cabo si el agua para el lavado o los alimentos no cumpliesen con los estándares de desinfección necesarios.

Para ello, *Geodesic* ha llevado a cabo una serie de ensayos con la CNTA (Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria) para determinar si la técnica de higienización que combina la electroporación y la oxidación avanzada con la radiación UV es realmente una forma de sustituir al agente químico normalmente empleado. Estos informes concluyen que “el tratamiento del agua de lavado con los equipos de *Geodesic*, sin aporte de biocida ni ningún otro producto oxidante ni renovación de agua, ha resultado ser efectivo en la reducción microbiana del producto de IV gama (lechuga) sin aportar cloratos al producto por encima de los parámetros establecidos por la legislación vigente.”

WASHING LINE WATER REGENERATION PLANT USING AN ELECTROPORATION SYSTEM WITHOUT THE USE OF CHEMICALS.

Author: Pereira Alonso, Camilo

Director: Morales Polo, Carlos

Co-director: Alonso Montoya, Ignacio

Collaborating Entity: *Geodesic Innovations*

PROJECT SUMMARY

Introduction

This TFM is presented as an opportunity to go deeper into a specific application of the *Geodesic* system. The topic to be developed is the design of a plant for the regeneration of water from a lamb's lettuce washing line using the electroporation system without the use of chemical products; with a subsequent analysis of the advantages and savings.

Geodesic Innovations is a Spanish company that has developed the most advanced technology on the market in terms of water conservation and disinfection. *Geodesic's* system has a design by parts or modules that allows it to adjust to different flow rates according to the needs of each environment, as well as being capable of autonomously executing its daily maintenance. In short, the equipment is at the forefront of innovation, not only for the techniques applied, but also for the way it connects and interacts with the cloud and data analysis.

The equipment consists of electrolytic cells in which an electroporation and advanced oxidation phenomenon takes place. By way of introduction, electroporation is understood as an electrophysical mechanism whose main objective is the elimination of bacteria. Under certain conditions, the electric fields generated in the equipment are capable of inducing an electroosmotic imbalance in the cell membrane of the bacteria, causing the rupture of the membrane and the death of the bacteria. In this way, the *Geodesic* system manages to completely and immediately disinfect the circulating water. In addition, this application of electric fields triggers two types of natural oxidation reactions: direct oxidation of organic or inorganic matter, and oxidant generation reactions. As a result, active chlorine is generated in the system from the chlorides naturally present in the water, or hydroxyl radicals from the water molecules themselves. The water treatment equipment is connected to a remote management platform, called CB-OPCON, which facilitates the automation of maintenance, as well as minimising operation, logistics and maintenance requirements.

It is the combination of these two techniques (electroporation and advanced oxidation), efficiently managed by software, that is responsible for ensuring the desired water quality in each use or application - being different for distribution networks, closed or semi-closed circuits - but always guaranteeing disinfection at the point of use or delivery of the water.

Due to the use of this cutting-edge system, *Geodesic's* equipment has three indisputable advantages over traditional systems, regardless of the field of application where the equipment is used: (a) It completely eliminates the chemical products present in the water; (b) It makes the water treatment strategy more flexible (adapting the disinfection strategy to each case of

use, guaranteeing the desired quality at the point of delivery or consumption); (c) It saves up to 90% of water in swimming pools and in the purging of cooling towers. In addition, the system has other advantages, including the fact that no by-products are generated; that the process is independent of factors such as pH or transmittance; flexibility when adapting and incorporating the equipment with other processes; and the absence of contact time required between the water and the equipment's reactors.

In the food sector, water is a key element in a large part of its processes, making it necessary to always have quality requirements that can ensure the safety of the end consumer, as well as guaranteeing the maximum quality of the final products produced. For these reasons, nowadays in the food industry, water treatment is fundamental and has become one of the main priorities.

Water plays an important role in numerous processes involved in the food industry value chain, from the preparation of food itself, through the cleaning of facilities, machinery or utensils used, to the disinfection and cleaning of food, which has often been treated with some kind of disinfectant agent during its growth and must be removed prior to human consumption.

The idea of the project is to design the installation of a Geodesic electroporation system for a washing line at *Vegetales Línea Verde Navarra S.A.* *The idea of the project is to design the installation of a Geodesic* electroporation system combined with perlite filtration and a UV system to replace chemical products and allow the water to be regenerated in order to minimise its replenishment, thus allowing significant savings to be made.

The main objectives of the project include: (a) The hydraulic pre-design of the plant together with the sizing of the pipes. (b) The development of the calculation of the required pump heads. (c) The selection of the delivery pumps. (d) The selection of the components and the estimate of the installation budget. (e) An economic savings study. (f) An analysis of the advantages and disadvantages.

Methodology

First, here is a brief explanation of the water flow through the main elements of the washing line circuit (which has 3 washing machines):

Two booster pumps collect dirty water from washers 2 and 3. They lift it above the roof deck level and carry it across the roof to tank 1. From this tank a further pump collects water and pumps it through the entire cleaning stage, passing first through the perlite filter (which removes organic matter and suspended solids larger than one micron), then through the GEO-FDP equipment and back to tank 2. From this tank another pump again lifts the water above the roof and takes it directly to washer 1; and another pump to washer 2 but first passing through the UV equipment, which is anchored to the wall on the way from tank 2 to the roof.

There is an overflow of water by gravity from tank 2 to tank 1, to keep the water in circulation in the event that pumps B4 and B5 stop. Tank 2 must therefore be above the level of tank 1, which is why they will be placed on benches with heights of 50 cm and 75 cm respectively. On the other hand, in order to de-clog the perlite filter candles, there is the option of recirculating the water through the perlite filter. In addition, there is a small pipe that measures the state of the water through pH, chlorine and REDOX probes; this data is transmitted to the CB-OPCON, where the necessary operating parameters of the GEO-FDP equipment are estimated according to the state of the water in question.

Having explained the path of the water through the elements, the procedure that has been carried out for the whole dimensioning will be summarised.

First, with the necessary measurements taken from the plant drawings, a preliminary design of the circuit layout to be implemented was carried out. After talking to *Geodesic* and including the relevant corrections, the layout and sizing of the circuit was finalised, and the hydraulic calculations were carried out.

The first step was then to determine the necessary pipe diameters. Thanks to prior knowledge of the flow rates that *Geodesic* intends to circulate through each of the sections, assuming a flow speed of 2.5 m/s, and using *Calcuvio* (a software for calculating pipe diameters), the diameters required for the pipes were determined.

After knowing the diameters and the layout of the entire plant design, the next step was to select the necessary delivery pumps. In order to choose them, it is necessary to know two values: the flow rate to be pumped (known) and the manometric head that the pump must overcome. The pump heads were then calculated and an ESPA pump catalogue was chosen, according to the flow and head characteristics.

Once the critical elements of the system had been determined, a complete estimate was made of all the elements needed in the system and the complete budget for the equipment to be installed in the washing plant. And finally, a qualitative analysis of the impact in terms of advantages and disadvantages.

Results

Following the calculation process outlined above, a summary of the most important results obtained is given below.

Regarding the choice of diameters to be used depending on the flow rates required in each section, the following have been selected:

Caudal(m ³ /h)	D: Calcuvio	Factor Seg.	D corregido	Elección D (mm)
2	17	1,25	21,25	32
11	40	1,25	50	50
13	43	1,25	53,75	63
0,5	9	1,25	11,25	20

Table 10: Summary of calculation of pipe diameters.

Logically, if standard diameters are chosen, larger in diameter than the diameter obtained by clearing from equation $Q = v \cdot A$ the actual resulting velocity will be lower than the 2.5 m/s set at 2.5 m/s.

After the design process and knowing the necessary diameters, summaries of the manometric head calculations for each of the sections are included below. Since the manometric head is the sum of the discharge head and the head losses (calculated using software that replicates the Darcy-Weisbach equation), the following results were obtained:

Section summary: Washing machine 2 - Tank 1

Datos iniciales:
Diámetro: 50 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 40.95 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería: 183.33 l/min
Resultado:
Area de sección transversal de la tubo: 0.0019635 m ²
Velocidad del fluido: 1.5561497326203 m/s
Número de Reynolds: 77807.486631016
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.01933188946824
La Pérdida de presión en la tubería: 38340.782308821 Pa
La Pérdida de carga en una tubería: 1.9541683133956 m

Image 6: Results of the calculation of pressure drop for the section from washing machine 2 to tank 1.

Resumen	B1
Codos	4
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	11
Diámetro impulsión (mm)	50
Longitud tuberías (cm)	3205
Longitud equiv. codos (mm)	6000
Longitud equiv. valvulas (mm)	2900
Longitud equiv. total (cm)	4095
Pérdidas de carga (m)	1,9542
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	7,5542

Table 11: Summary of the section washing machine 2 - tank 1, including total head.

Section summary: Washing machine 3 - Tank 1

Datos iniciales:
Diámetro: 32 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 42.08 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería: 33.33 l/min
Resultado:
Area de sección transversal de la tubo: 0.0008042496 m ²
Velocidad del fluido: 0.69070596988796 m/s
Número de Reynolds: 22102.591036415
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.026165749364028
La Pérdida de presión en la tubería: 16415.168659526 Pa
La Pérdida de carga en una tubería: 0.83665487561295 m

Image 7: Results of the head loss calculation for the section from washing machine 3 to tank 1.

Resumen	B2
Codos	4
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	2
Diámetro impulsión (mm)	32
Longitud tuberías (cm)	3638
Longitud equiv. codos (mm)	3840
Longitud equiv. valvulas (mm)	1856
Longitud equiv. total (cm)	4207,6
Pérdidas de carga (m)	0,8367
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	6,4367

Table 12: Summary of the section washing machine 3 - tank 1, including total head.

Tranche summary: Tank 1 - Tank 2

Datos iniciales:
Diámetro: 63 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 69.8 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería: 216.67 l/min
Resultado:
Area de sección transversal de la tubo: 0.0031172526 m ²
Velocidad del fluido: 1.1584453138853 m/s
Número de Reynolds: 72982.054774772
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.019537695060595
La Pérdida de presión en la tubería: 29049.540977369 Pa
La Pérdida de carga en una tubería: 1.4806086125061 m

Image 8: Results of the head loss calculation for the section from tank 1 to tank 2.

Resumen	B3
Codos	22
Válvulas	6
Antirretornos	3
Caudal (m3/h)	13
Diámetro impulsión (mm)	63
Longitud tuberías (cm)	1575
Longitud equiv. codos (mm)	41580
Longitud equiv. valvulas (mm)	12474
Longitud equiv. total (cm)	6980,4
Pérdidas de carga (m)	1,4806
Altura de impulsión (cm)	240
Altura manométrica (m)	3,8806

Table 13: Summary section tank 1 - tank 2, including total gauge height.

Section summary: Tank 2 - Washing machine 3

Datos iniciales:
Diámetro: 32 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 26.09 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería: 33.33 l/min
Resultado:
Area de sección transversal de la tubo: 0.0008042496 m ²
Velocidad del fluido: 0.69070596988796 m/s
Número de Reynolds: 22102.591036415
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.026165749364028
La Pérdida de presión en la tubería: 10177.560606631 Pa
La Pérdida de carga en una tubería: 0.51873397587314 m

Image 9: Results of the head loss calculation for the section from tank 2 to washing machine 3.

Resumen	B4
Codos	3
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	2
Diámetro impulsión (mm)	32
Longitud tuberías (cm)	2135
Longitud equiv. codos (mm)	2880
Longitud equiv. valvulas (mm)	1856
Longitud equiv. total (cm)	2608,6
Pérdidas de carga (m)	0,5187
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	6,1187

Table 14: Summary of tank section 2 - washer 3, including total head.

Segment summary: Tank 2 - Washing machine 2

Datos iniciales:
Diámetro: 50 mm
Coefficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 49.36 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m ² /c
Caudal que circula por la tubería: 183.33 l/min
Resultado:
Area de sección transversal de la tubo: 0.0019635 m ²
Velocidad del fluido: 1.5561497326203 m/s
Número de Reynolds: 77807.486631016
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.01933188946824
La Pérdida de presión en la tubería: 46214.920995443 Pa
La Pérdida de carga en una tubería: 2.3555005604201 m

Resumen	B5
Codos	11
Válvulas	5
Antirretornos	1
Caudal (m3/h)	11
Diámetro impulsión (mm)	50
Longitud tuberías (cm)	2996
Longitud equiv. codos (mm)	16500
Longitud equiv. valvulas (mm)	2900
Longitud equiv. total (cm)	4936
Pérdidas de carga (m)	2,3555
Altura de impulsión (cm)	550
Altura manométrica (m)	7,8555

Table 15: Summary of tank section 2 - washing machine 2, including total head.

Image 10: Results of the head loss calculation for the section from tank 2 to washing machine 2.

Next, knowing the flow rate to be pumped and the manometric head to be saved, a summary is included with the selection of the pumps for each of the sections, which have been chosen based on their characteristic curves:

	B1	B2	B3	B4	B5
Caudal (m3/h)	11	2	13	2	11
Altura manométrica (m)	7.5542	6.4367	3.8806	6.1187	7.8555
Elección Bomba	SILEN S2 75 18	SILEN I 33 8	SILEN S 60 12	SILEN I 33 8	SILEN S2 75 18

Table 16: Choice of ESPA pumps required to overcome the manometric heads of each of the sections.

After all the design phase and the choice of critical elements, finally, an estimation of all the necessary elements and the necessary budget for the installation was carried out, included in the following tables:

Tubería	Pedido (m)	Precio unitario (€/m)	Precio total (€)
20 mm	3,00	0,74	2,22 €
32 mm	69,00	1,58	109,02 €
50 mm	53,00	2,35	124,55 €
63 mm	34,00	3,6	122,40 €
100 mm	1,00	8,86	8,86 €
Precio total tuberías			367,05 €

Table 17: Breakdown of the budget required for the pipe sections.

Elemento	Cantidad (uds)	Precio unitario (€/ud.)	Precio total (€)
Equipo GEO-FDP	1	16.833,42 €	16.833,42 €
Estructura soporte equipo GEO-FDP	1	690,64 €	690,64 €
Filtro de perlita	1	5.750,00 €	5.750,00 €
Lámpara de luz ultravioleta	1	1.174,76 €	1.174,76 €
Depósito (3 m ³)	2	950,59 €	1.901,18 €
Bancadas depósitos	1	1.575,00 €	1.575,00 €
Bomba SILEN I	2	243,00 €	486,00 €
Bomba SILEN S	1	315,00 €	315,00 €
Bomba SILEN S2	2	438,00 €	876,00 €
Válvula de compuerta manual	16	27,78 €	444,44 €
Válvula de compuerta motorizada - d63	4	181,00 €	724,00 €
Válvula de compuerta motorizada - d32	1	165,00 €	165,00 €
Válvula de 3 vías motorizada	1	297,00 €	297,00 €
Antirretorno	8	11,03 €	88,26 €
Codo 90	40	1,01 €	40,28 €
Tee	14	1,06 €	14,87 €
Reductora diámetro 63-80 mm	2	1,37 €	2,74 €
Manómetro	4	35,25 €	141,00 €
Boya de pera	4	28,18 €	112,72 €
Caudalímetro	1	119,00 €	119,00 €
Reductora de presión	1	137,37 €	137,37 €
Tuberías	N/A	N/A	367,05 €
		Precio total	32.255,72 €

Table 18: Breakdown of the total installation budget for the washing line.

So, according to the estimate, excluding transport and installation costs, the total price of the system for the washing line would be 32,255.72 €.

Conclusions

After the development of the report, the design of the installation and the cost study, this section will summarise, as clearly and concisely as possible, the advantages that have been seen during the development of the work on the installation of the equipment in the washing line. In addition, the possible disadvantages and the points to be improved in order to achieve a polished water reuse circuit will also be discussed.

The main advantages are: (a) Significant economic savings derived from the total elimination of chemical products for disinfection. (b) Reduction of occupational risks in the factory, also due to not handling chemicals inside the factory. (c) Minimisation of the generation of chlorine by-products, such as trihalomethanes or chlorates, which are harmful to food and, therefore, to human health. (d) Reduction of the carbon footprint, again due to the non-use of chemical products. (e) Savings in fees for the discharge into the environment of water with a residual presence of chemical agents. (f) Savings in the cost of maintenance hours as the installation is permanently monitored and controlled by *Geodesic*. (g) Exhaustive control of the installation thanks to CB-OPCON. (h) Saving of large quantities of water, and the impact this has on the environment. (i) Possibility of continuing with the development in the future in other industries, such as the metallurgical industry.

On the other hand, there are the following disadvantages: (a) At the moment, it has not been possible to make the perlite last too long before it clogs up, so daily replenishment is necessary. One possible solution would be to automate the perlite replenishment process. (b) High initial investment cost. Faced with this drawback, *Geodesic* offers its clients an initial 6-month trial

period during which they can observe the results and, from then on, negotiate the contract for the use of the system.

The work has made it possible to go deeper into one of *Geodesic's* projects, and although the balance of the summary of the advantages and disadvantages is clearly positive in favour of the advantages, to conclude, we wanted to support the sense of the implementation of this project, since, after all, it would not make sense to carry it out if the water for washing or food did not meet the necessary disinfection standards.

To this end, *Geodesic* has carried out a series of tests with the CNTA (National Centre for Food Technology and Safety) to determine whether the sanitisation technique that combines electroporation and advanced oxidation with UV radiation is really a way of replacing the chemical agent normally used. These reports conclude that "the treatment of the washing water with *Geodesic* equipment, without the use of biocide or any other oxidising product or water renewal, has proved to be effective in the microbial reduction of the pre-prepared convenience food product (lettuce) without adding chlorates to the product above the parameters established by current legislation".



MÁSTER UNIVERSITARIO INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Planta de regeneración de agua de línea de lavado
mediante sistema de electroporación sin uso de
productos químicos

Autor: Camilo Pereira Alonso

Director: Carlos Morales Polo

Co-Director: Ignacio Alonso Montoya

Madrid

Julio de 2022



Tabla de contenido

1. Memoria descriptiva	3
1.1. Introducción	3
1.2. Objetivos	7
1.3. Motivación y antecedentes.....	7
1.4. En cuanto a <i>Vegetales Línea Verde S.A.</i>	9
1.5. Fundamentación teórica	11
1.5.1. Descripción del equipo.....	15
2. Desarrollo	23
2.1. Metodología	23
2.2. Cálculos y desarrollo	24
2.2.1. Explicación del sistema a implementar	24
2.2.2. Cálculo de diámetros.....	26
2.2.3. Resumen del diseño	28
2.2.4. Cálculo de las alturas de las bombas.....	31
2.2.5. Selección de bombas de impulsión	42
2.2.6. Elección del resto de elementos del sistema	46
3. Estudio económico	48
3.1. Estimación del presupuesto de la instalación	48
3.2. Objetivos de ahorro	49
4. Resumen de ventajas e inconvenientes	51
5. Conclusiones.....	52
6. Bibliografía.....	53
7. Anexos	55
7.1. Relación con Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	55
7.2. Material de apoyo	58



1. Memoria descriptiva

1.1. Introducción

En línea con las prácticas realizadas en *Geodesic Innovations* en 2019 y con el TFG desarrollado con ellos sobre el análisis de la eficiencia de métodos de electroporación y cloración para la desinfección de efluentes residuales, a la hora de decidir un tema para el TFM, volvió a surgir la oportunidad de hacerlo con la misma empresa. Vista la buena experiencia durante la realización del TFG, este TFM se presenta como la oportunidad para profundizar más en una aplicación concreta del sistema de *Geodesic*. El tema que se va a desarrollar es el diseño de una planta de regeneración de agua de línea de lavado de canónigos mediante el sistema de electroporación sin uso de productos químicos; con su posterior análisis de ventajas y ahorros.

Geodesic Innovations es una empresa española que ha desarrollado la tecnología más avanzada del mercado en términos de conservación y desinfección de agua. El sistema de *Geodesic*, cuyo funcionamiento se explicará más adelante, goza de un diseño por partes o módulos que le permite ajustarse a distintos caudales según las necesidades de cada entorno; además de ser capaz de ejecutar de manera autónoma su mantenimiento diario. En resumen, los equipos están a la vanguardia de la innovación, no solo por las técnicas aplicadas, sino también por su manera de conectarse e interactuar con la nube y el análisis de los datos.

Los equipos constan de unas celdas electrolíticas en las que se produce un fenómeno de electroporación y oxidación avanzada. A modo de introducción, la electroporación se entiende como un mecanismo electrofísico cuyo objetivo principal es la eliminación de bacterias. Bajo determinadas condiciones, los campos eléctricos generados en el equipo son capaces de inducir un desequilibrio electrosmótico en la membrana celular de las bacterias, provocando la ruptura de esta y la muerte de la bacteria. De este modo, el sistema de *Geodesic* logra desinfectar de manera completa e inmediata el agua circulante. Además, esta aplicación de campos eléctricos desencadena dos tipos de reacciones de oxidación natural: oxidaciones directas de materia orgánica o inorgánica, y reacciones de generación de oxidantes. Gracias a esto, en el sistema se genera cloro



activo a partir de los cloruros presentes de manera natural en el agua, o radicales hidroxilos a partir de las propias moléculas de agua. Los equipos de tratamiento del agua están conectados a una plataforma de gestión remota, llamada CB-OPCON, que facilita la automatización del mantenimiento, así como la minimización de los requisitos de operación, logística y mantenimiento.

Es la combinación de estas dos técnicas (electroporación y oxidación avanzada), gestionada de manera eficiente mediante el software, la responsable de asegurar la calidad de agua deseada en cada uso o aplicación – siendo diferente según se trate de redes de distribución, circuitos cerrados o semicerrados – pero siempre garantizando la desinfección en el punto de uso o de entrega del agua.

Debido al uso de este sistema vanguardista, el equipo de *Geodesic* presenta tres ventajas incontestables frente a los sistemas tradicionales, independientemente del campo de aplicación donde se utilice el equipo. (a) Elimina completamente los productos químicos presentes en el agua (el agua se desinfecta y conserva de manera natural, haciendo innecesaria la adición de todo producto químico). (b) Flexibiliza la estrategia de tratamiento del agua (adaptando a cada caso de uso la estrategia de desinfección, garantizando la calidad deseada en el punto de entrega o consumo). (c) Ahorro de hasta el 90% de agua en piscinas y en la purga de torres de refrigeración. Adicionalmente, el sistema posee otras ventajas entre las que se pueden destacar que no generan ningún tipo de subproductos; que el proceso es independiente de factores como el pH o la transmitancia; la flexibilidad a la hora de adaptar e incorporar el equipo con otros procesos; y la ausencia de tiempo de contacto necesario entre el agua y los reactores del equipo.

En el otro lado se encuentran los sistemas tradicionales de tratamiento de agua, ya sea aplicados a líneas de distribución de agua regenerada o a circuitos semicerrados. En todos los casos van de la mano con la necesidad de aplicación de un agente oxidante (normalmente cloro), que provoca la alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua, haciendo necesaria una corrección mediante la aplicación de otros agentes químicos, generando de este modo un agua más agresiva tanto de cara a las



instalaciones como al ser humano como al medioambiente. Además, esta adición de productos químicos al agua favorece la aparición de subproductos peligrosos para la salud y el medioambiente (como ejemplo: los clorometanos). Otro punto de desventaja es la constante necesidad de renovación de agua causada por los cambios en las características del agua a raíz de la adición de químicos, que conlleva su consecuente desperdicio traducido en elevados costes económicos y medioambientales.

A continuación, se repasan las ventajas concretas según su campo de acción, ya sea uso en spas y piscinas, torres de refrigeración o redes de distribución de agua.

En cuanto al uso en piscinas y spas, el tratamiento convencional, por medio de la dosificación de agentes químicos necesaria para cumplir unos requisitos mínimos de desinfección, provoca que el agua se transforme en una solución concentrada de químicos, ocasionando multitud de veces alergias o irritaciones tanto en los ojos como en la piel. Gracias al método de desinfección de *Geodesic*, que como se ha comentado, prescinde en un 100% de la utilización de agentes químicos, se evitan todos estos inconvenientes para la salud. En su uso en spas y piscinas, se debe colocar el equipo después del filtro (cuya función es la eliminación de sales, patógenos y sólidos en suspensión). Las principales ventajas del uso de este sistema, para este caso en concreto, son: la mejora de la calidad del agua (no altera ni conductividad ni pH, elimina la materia grasa flotante y reduce entre un 50 y un 70% la turbidez); el ahorro en distintos sentidos (ahorro de la totalidad de los costes de agentes químicos, ahorro de la energía necesaria para calentar el agua no renovada necesaria, ahorro de hasta el 80% en términos de renovación de agua relacionados con la disminución de frecuencia de limpieza de filtro, eliminación de gran cantidad de riesgos laborales asociados al almacenamiento, gestión y manipulación de productos químicos); y el aumento de seguridad (mejor sostenibilidad para el medioambiente y mayor seguridad sanitaria).

Al igual que en el caso anterior, para el tratamiento en torres de refrigeración y condensadores evaporativos se recurre de nuevo a una combinación de la electroporación y la oxidación avanzada, esta vez añadiendo un proceso de filtración que se encarga de eliminar los sólidos en suspensión y los fangos del agua interior de las



torres y los condensadores, estas partículas se habían transferido desde los caudales de aire que circulan por el interior de torres y condensadores. En esta ocasión, el empleo del sistema es ventajoso en cuanto a sostenibilidad y a ahorro. Sostenibilidad porque es una manera de evitar la producción, el almacenamiento y el vertido al medioambiente de agentes químicos; y ahorro, en cuanto al agua (hasta un 90% del agua de purga), a productos químicos y a personal necesario para el mantenimiento, permitiendo de este modo sacar el máximo rendimiento posible tanto a la propia instalación como a la plantilla encargada de su manutención.

Por último, para el uso del sistema en tratamiento de agua para su posterior reutilización, es crucial que el agua reutilizada cumpla siempre ciertas condiciones de máxima seguridad, esto quiere decir que el agua debe cumplir con los requisitos de desinfección necesarios en el momento de su reutilización. Las principales aplicaciones del sistema para redes de agua regenerada son entre otros, la agricultura, la industria, parques, jardines, campos de golf, ... En estos casos hay muchas opciones de reinfeksi3n desde la limpieza del agua hasta su uso en el punto final. Entre otras, el tiempo desde la desinfecci3n hasta el uso del agua, el mal estado de las tuberías de la red de distribuci3n y el almacenamiento de agua en depósito y canales. En la mayoría de las ocasiones, para evitar esto se recurre a la aportaci3n de cloro en redes de distribuci3n, pero esto genera nuevos problemas como pueden ser los sobrecostes de gesti3n y logística debidos a la necesidad de realizar rechloraciones intermedias; la dificultad de encontrar la concentraci3n adecuada para asegurar la calidad del agua en su punto de entrega; y la generaci3n de subproductos del cloro peligrosos para la salud. Con el sistema de *Geodesic* se evita el uso de cloro, eliminando las consecuencias negativas de las rechloraciones y los problemas que trae consigo el manejo de cloro; se flexibiliza la estrategia de desinfecci3n, facilitando la realizaci3n de tratamientos cercanos a los puntos de uso del agua gracias a su rentabilidad económica; y se sectorizan las redes de distribuci3n, adaptándose a las necesidades de un cliente o un sector concretos.

Como se ha ido mencionando, actualmente los equipos se emplean en piscinas y spas, torres de refrigeraci3n, y en redes de agua regenerada. Entre otras posibles aplicaciones que se est3n estudiando para su implementaci3n en un futuro cercano encontramos la



regeneración de agua en trenes de pasteurización, la reutilización de agua en procesos industriales o el tratamiento y la regeneración de agua en cadenas de lavado de productos y envases entre otros. Este proyecto de investigación se va a centrar concretamente en el campo de tratamiento y regeneración de agua en procesos industriales; en concreto en el diseño de una planta de tratamiento y regeneración de agua en una línea de lavado de verduras mediante el sistema de electroporación.

1.2. Objetivos

Los objetivos principales que se pretenden alcanzar con el diseño de la instalación de recirculación de agua para la planta de lavado de canónigos de *Línea Verde* son los siguientes:

-Prediseño hidráulico de la planta y dimensionamiento de tuberías a través de los caudales de aporte.

- Cálculo de alturas manométricas de las bombas.
- Selección de bombas de impulsión necesarias.
- Estimación del presupuesto de la instalación.
- Estudio de ahorro económico.
- Análisis de ventajas e inconvenientes

1.3. Motivación y antecedentes

Para la elección del tema de este proyecto, se ha decidido volver a contar con la ayuda de *Geodesic Innovations* tras las prácticas realizadas con ellos. Vista la buena experiencia en el desarrollo del TFG, y tras descubrir la gran variedad de usos y aplicaciones que el sistema de *Geodesic* puede tener; desde los que llevan explotando desde sus inicios, hasta otros nuevos usos que han ido e irán incorporando a medida que avance la tecnología; se presenta como una oportunidad de investigación y desarrollo de tecnología para el TFM. Uno de estos usos concretos antes mencionados es la aplicación



a la industria alimentaria, gracias al beneficio que puede aportar la tecnología *Geodesic*, como son el ahorro en el consumo de agua bruta, y muy especialmente la no necesidad de uso de productos desinfectantes que deben retirarse posteriormente del producto, antes de su envasado.

Por otro lado, además de desarrollar el trabajo de la manera más brillante posible, la intención, como muestra de agradecimiento, es devolver a *Geodesic* una pieza de trabajo que pueda servir, además de para este proyecto en concreto, como ayuda para promover y hacer propaganda de su sistema para futuros proyectos y nuevas aplicaciones.

En el sector alimentario, el agua es un elemento clave en gran parte de sus procesos, haciendo falta contar siempre con unos requisitos de calidad que puedan asegurar la seguridad del consumidor final, además de garantizar la máxima calidad de los productos finales producidos. Por estos motivos, hoy en día en la industria alimentaria, el tratamiento del agua es fundamental y se ha convertido en una de las principales prioridades.

El agua juega un papel importante en numerosos procesos involucrados en la cadena de valor de la industria alimentaria, desde la propia preparación de los alimentos, pasando por la limpieza de las instalaciones, la maquinaria o los utensilios empleados, hasta la desinfección y la limpieza de los alimentos, que muchas veces durante su crecimiento han sido tratados con algún tipo de agente desinfectante que debe ser eliminado previo al consumo humano.

En concreto, dentro de los procesos de elaboración de las bolsas de vegetales que se venden en supermercados y más concretamente la de los canónigos, se encuentra un primer proceso de lavado del vegetal que viene directamente del campo. Este proceso tiene tres etapas, la primera persigue retirar la suciedad propia del campo (tierra, ramas, hojas) en una lavadora con agua corriente; la segunda consiste en la desinfección del vegetal lavándolo en una segunda lavadora con un producto desinfectante, donde se pretenden eliminar todos los microorganismos; la tercera etapa es un aclarado en una tercera lavadora con una ducha final de agua potable para eliminar todos los restos



químicos de la etapa de desinfección. En los tres procesos se produce una renovación continua de agua.

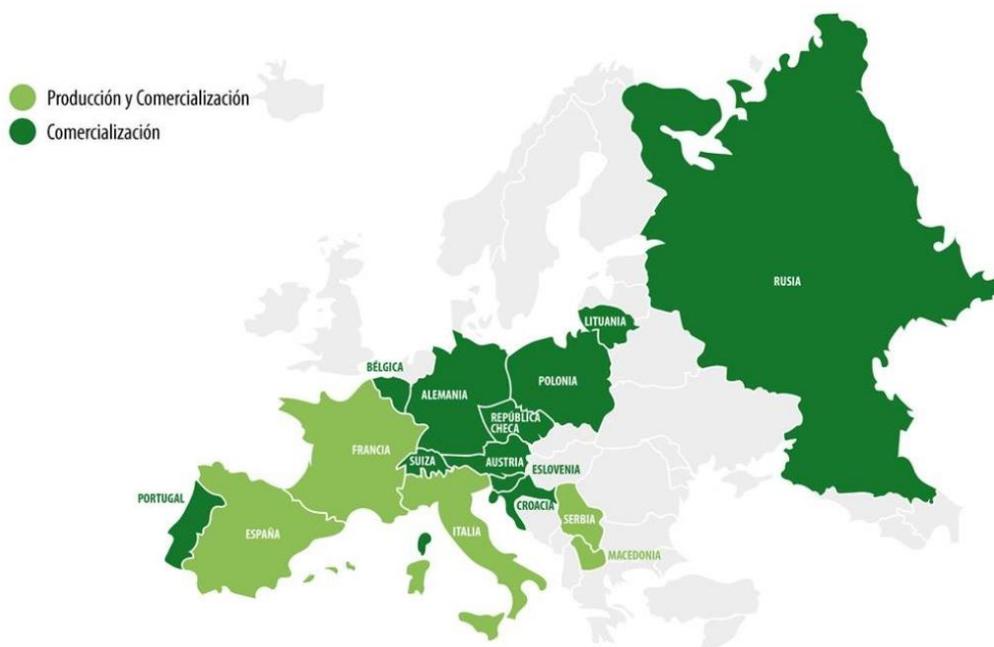
La idea del proyecto es el diseño de la instalación, para una línea de lavado de *Vegetales Línea Verde Navarra S.A.*, de un sistema de electroporación de *Geodesic* combinado con una filtración de perlita y un UV que sustituya a los productos químicos y permita regenerar el agua para minimizar su reposición permitiendo un importante ahorro de la misma. Habrá que realizar el diseño hidráulico de la instalación definiendo dimensiones de tuberías, característica de las bombas, volúmenes de los depósitos, etc. Terminando con estudio de las ventajas y los ahorros que el sistema propone frente al método tradicional empleado.

1.4. En cuanto a *Vegetales Línea Verde S.A.*

En este apartado, se conocerá un poco más sobre *Vegetales Línea Verde S.A.* Esta empresa opera en el mercado español y portugués, y es parte y sede ibérica del *Grupo Línea Verde*.

La sede central del Grupo está en Brescia, Italia. Fue fundado en 1991 por los hermanos Battagliola, y hoy en día en Europa tienen centros productivos en cuatro países: Italia cuenta con 3 plantas de producción, España cuenta con 3, y Francia y Serbia tienen una cada una. El Grupo comercializa sus productos en un total de 25 países europeos contando con hasta 60 marcas distintas que los han elegido para el tratado y envasado de sus productos¹. En este [Mapa](#) se puede apreciar la presencia de *Grupo Línea Verde* en Europa:

¹ Fuente: <https://vegetaleslineaverde.com/>



Mapa 1: Localización por países de los centros de producción y comercialización del Grupo Línea Verde en Europa.

Vegetales Línea Verde fue la primera iniciativa internacional del Grupo, fundada en 2009, se dedica al envasado de productos en sus sedes de Murcia y la Ribera de Navarra, en esta última ubicación será donde *Geodesic* realizará la instalación del equipo de desinfección combinado con el filtro de perlita y la lámpara de ultravioleta. Reconocida por los agricultores locales de las cuencas del Duero, Segura y Ebro, *Línea Verde* goza tanto del respaldo de altas certificaciones como de las instituciones alimentarias más importantes.

Línea Verde principalmente se centra en la producción con su marca propia *Diquesí*, además de hasta 60 otras marcas de los minoristas europeos más importantes de ensaladas en bolsa, vegetales frescos listos para comer, salsas, ensaladillas, panificados y cremas vegetales.²

Entre sus señas de identidad más reconocibles encontramos la fuerte voluntad de dominar la cadena de suministro, la capacidad de adaptación a distintos canales y

² Fuente: <https://vegetaleslineaverde.com/quienes-somos/>



necesidades, y la curiosidad por la innovación como fuente de crecimiento del mercado y como forma de protección del medio ambiente.

En cuanto a esto último, *Línea Verde*, que lleva años cuidando en la medida de lo posible la protección del medio ambiente y la de sus empleados, creó en 2019 un departamento formal de RSC (Responsabilidad Social Corporativa) que se encarga de intentar lidiar con los problemas de sostenibilidad que engloban su actividad, tema que está muy de moda hoy en día y que casa perfectamente con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) incluidos en el [Anexo](#). Su tarea principal es buscar soluciones que mejoren sus procesos de actividad laboral, como por ejemplo la alianza con *Geodesic* para tratar de llevar a cabo sus procesos industriales de la manera más ecológica posible ahorrando la mayor cantidad de agua que se pueda.

1.5. Fundamentación teórica

Como se introdujo al comienzo de la memoria descriptiva, la tecnología desarrollada por *Geodesic Innovations* combina la electroporación (técnica electrofísica) y la oxidación avanzada (técnica electroquímica) para garantizar la desinfección del agua. Estos fenómenos se producen gracias a la aplicación de una diferencia de potencial en el interior de las celdas electrolíticas ([Imagen 1](#)) conformadas por baterías de electrodos.

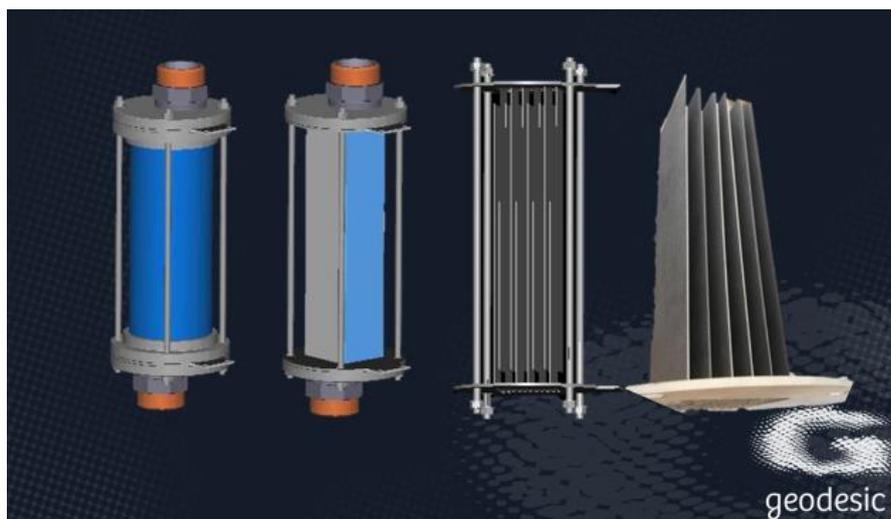


Imagen 1: Celdas electrolíticas que conforman los equipos de Geodesic.



A continuación, se va a realizar una descripción un poco más detallada de los principios teóricos según los que funcionan los reactores.

Electroporación: principio electrofísico

La electroporación es un fenómeno electrofísico que, gracias a la inducción de una diferencia de potencial entre el exterior y el interior de las células, provoca una alteración del equilibrio electrosmótico ([Imagen 2](#)) de estas, logrando la apertura de poros en la membrana celular que, por consiguiente, causa la muerte celular ([Imagen 3](#)). La diferencia de potencial se logra haciendo circular corriente eléctrica a través del agua infectada (electrolito) en su camino desde el ánodo hacia el cátodo. La incapacidad de mantener el equilibrio en la membrana y su ruptura provocan la entrada de agua a las células y su muerte.

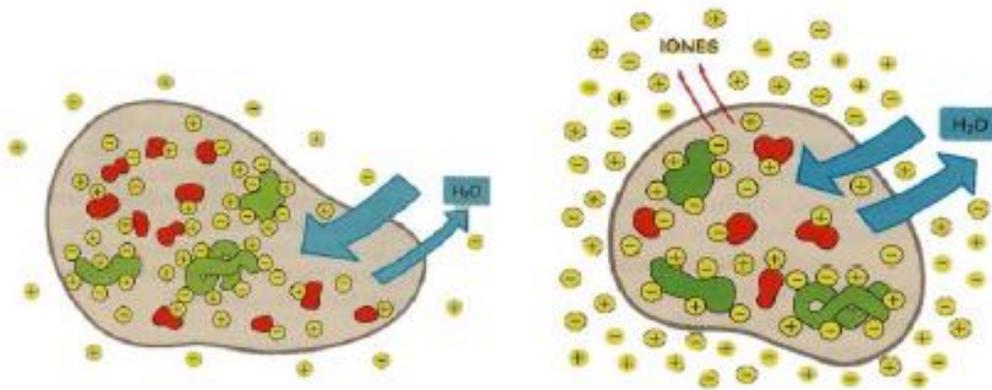


Imagen 2: Célula en equilibrio electrosmótico debido a la inexistencia de diferencia de potencial.

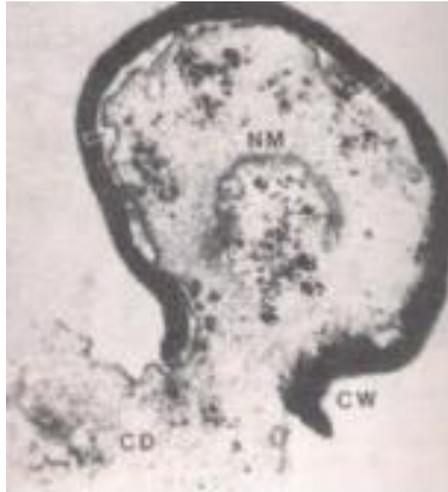
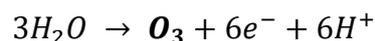
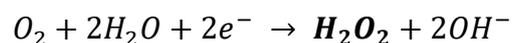
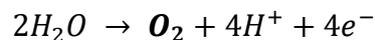


Imagen 3: Momento de la rotura de la membrana celular gracias al fenómeno de electroporación.

Electro-oxidación avanzada y generación de oxidantes: principios electroquímicos

Gracias al proceso de electrólisis que sufre el agua por consecuencia de los procesos electrofísicos, se producen en la superficie de los ánodos moléculas oxidantes en forma de radicales hidroxilos, que son los causantes de la oxidación natural de la materia orgánica. Esta oxidación, además de eliminar del agua la suciedad en forma de materia orgánica, es útil ya que debilita a los microorganismos (que se esconden tras las capas de materia orgánica del agua) haciéndolos más vulnerables frente a la electrólisis.

La generación de oxidantes en el ánodo (oxígeno, cloro libre, agua oxigenada y ozono, entre otros) se produce de manera natural según las siguientes reacciones:



Estos tres procesos que se dan en el interior de los reactores (generación de oxidantes, oxidación de materia orgánica y electroporación) se producen



respectivamente según los niveles energéticos presentes, siendo el primero que se produce (generación de oxidantes) el que menos energía requiere, hasta alcanzar el último (electroporación), que es el que posee el requerimiento energético más elevado. De modo que, según la diferencia de potencial que se logre entre los electrodos, se producirá únicamente la generación de oxidantes; o esta, junto con la oxidación de materia orgánica; o estas dos a la vez que la electroporación. Toda esta gestión de potencial eléctrico se gestiona mediante el CB-OPCON de manera autónoma, garantizando que en todo momento se produzcan las técnicas (o la técnica) necesarias para lograr la desinfección de agua requerida en función del uso o aplicación que tenga que darse al agua en su punto de entrega o retorno.

Gracias a la generación de oxidantes (sobre todo del cloro libre), tanto en redes de agua en las que el punto de entrega está lejano en el tiempo o en el espacio (grandes redes de distribución), como en las que no (piscinas, spas o torres de refrigeración), es posible asegurar la calidad del agua.

Para lograr una gestión de estos procesos, *Geodesic* usa como valor referencia el potencial redox (potencial de oxidación-reducción). Este no es más que la proporción entre la concentración de oxidantes (cloro libre, oxígeno, etc. generados en la oxidación) y la concentración de reductores presentes (por ejemplo: materia orgánica, bacterias, etc). De este modo, acaba convirtiéndose en un parámetro que estima de manera objetiva y precisa el estado de higiene del agua a tratar.

Ahora, como es lógico, una disminución del valor del redox se podrá deber a la disminución de oxidantes frente a reductores o al aumento de reductores en relación a los oxidantes; de modo que será necesario un aumento de la corriente eléctrica para lograr una acción más intensa en cuanto a los procesos de desinfección. De forma análoga, un crecimiento del potencial redox significa una disminución de reductores frente a los oxidantes presentes o un incremento de oxidantes en relación a los reductores; y como consecuencia, no será necesaria una corriente eléctrica tan elevada, ya que se está dando un tratamiento demasiado exhaustivo al agua.



1.5.1. Descripción del equipo

Por último, antes de empezar con el desarrollo del diseño en sí del equipo para la planta de tratamiento de agua de industria alimentaria, se incluye una explicación del funcionamiento general de un circuito del sistema de *Geodesic*. La [Imagen 4](#) muestra un esquema en 3 dimensiones de lo que sería un equipo de una celda electrolítica.

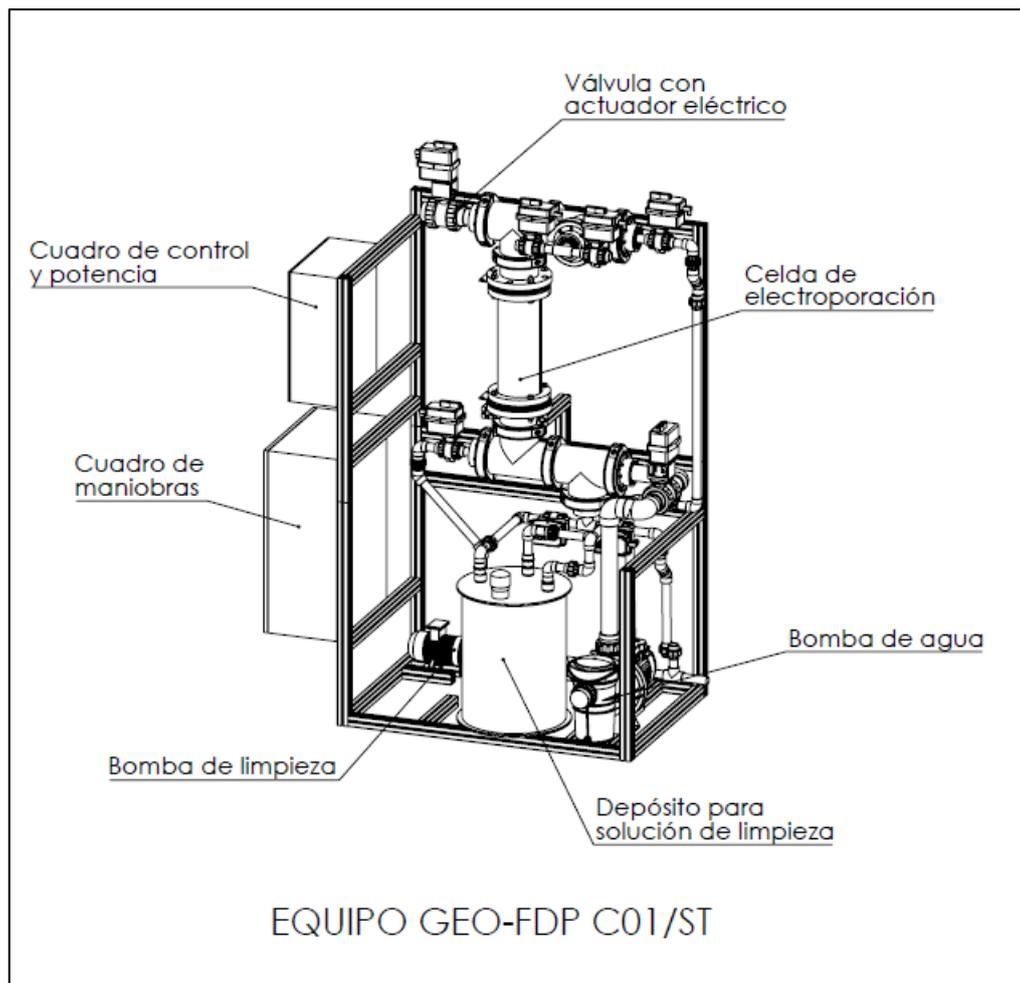


Imagen 4: Esquema general del equipo proporcionado por Geodesic.

De todos modos, para que sea más sencilla su explicación se incluye a continuación una simplificación en 2 dimensiones ([Imagen 5](#)) y una vista interna de una celda electrolítica donde se producen los fenómenos de electroporación y oxidación ([Imagen 6](#)).



Imagen 5: Equipo de cuatro celdas/reactores.

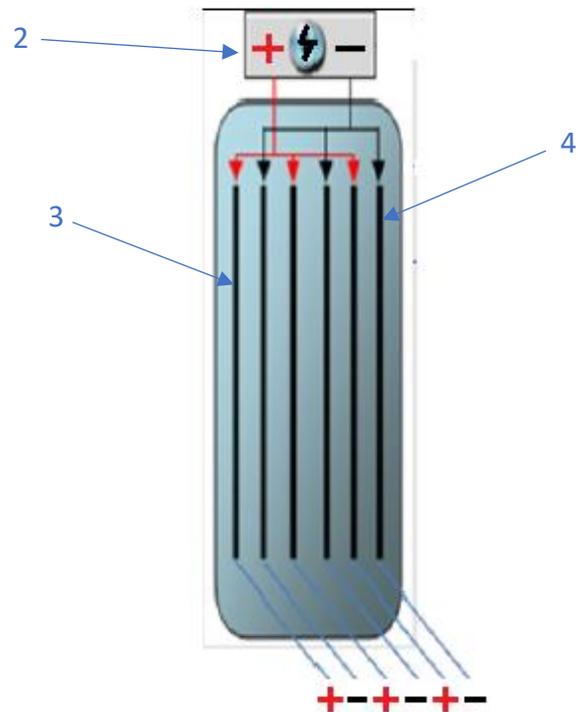


Imagen 6: Representación interna del reactor con su batería de ánodos y cátodos que conforman la celda electrolítica.



Para su posterior explicación, se incluye la lista con los nombres de cada una de las partes del sistema:

- Marca 1: Reactor
- Marca 2: Fuente de CC
- Marca 3: Ánodo
- Marca 4: Cátodo
- Marca 5: Bomba de impulsión de agua
- Marca 6: Válvula de entrada de agua a los reactores
- Marca 7: Válvula de salida de agua de los reactores
- Marca 8: PLC (cuadro de instrumentos)
- Marca 9: Bomba de impulsión de ácido
- Marca 10: Depósito de ácido
- Marca 11: Válvula de entrada de ácido a los reactores
- Marca 12: Válvula de salida de ácido de los reactores
- Marca 13: Retorno de ácido de limpieza y desagüe

El circuito de la [Imagen 5](#) consta de cuatro reactores (marca 1). En su interior se encuentran los electrodos en forma de láminas, conformando las celdas electrolíticas en las que se alternan, según la alimentación positiva o negativa, ánodos (marca 3) y cátodos (marca 4) respectivamente. Los electrodos están fabricados generalmente con diamante dopado con boro o con titanio con recubrimiento, aunque mientras satisfagan las necesidades eléctricas requeridas pueden ser de cualquier material obtenido a través de cualquier proceso de fabricación. Por otro lado, el electrolito lo constituye el agua a tratar con las sustancias presentes en ella.

El objetivo del circuito de *Geodesic* es provocar la circulación del agua infectada a través de los reactores, para que a su paso entre ánodos y cátodos se produzca la desinfección. Existe un tiempo mínimo de contacto con los electrodos que es necesario para asegurar una buena tasa de limpieza, este es de 0,57 segundos. Para hacer circular el agua a través de las celdas existen dos posibilidades: mediante una bomba de impulsión (marca 5) o mediante el efecto de la gravedad.



Gracias a la fuente de corriente continua (marca 2) se consigue garantizar la densidad de corriente eléctrica necesaria entre ánodos y cátodos (que normalmente varía entre 100 y 300 A/m², dependiendo de factores como la conductividad del agua, el material con el que estén fabricados los electrodos o la geometría de la celda electrolítica). Con el cuadro de instrumentos o PLC (marca 8) se aplica una tensión que logra establecer la corriente necesaria en cada momento para mantener una densidad de corriente constante entre electrodos. Además, el PLC controla todas las válvulas del circuito, ya que todas poseen actuadores eléctricos.

Ahora, con las válvulas de entrada y salida de agua a los reactores (marcas 6 y 7) abiertas y las válvulas entrada y salida de ácido (marcas 11 y 12) cerradas, se lleva el agua problema a través de la bomba de impulsión a los reactores. Tras los procesos de limpieza, el agua tratada sale por la válvula de salida y se lleva a su lugar correspondiente.

En segundo lugar, pero muy importante para el correcto funcionamiento del equipo, se aprecia el circuito de limpieza del equipo. Este se activa abriendo las válvulas de limpieza y cerrando las válvulas del circuito de agua; y esta vez, una bomba de impulsión más pequeña (marca 9) es la encargada de hacer circular la solución de limpieza (normalmente una vez al día) desde el depósito de ácido (marca 10) a través de los reactores y de regreso al depósito. La capacidad de este varía entre 50, 75 o 100 litros para equipos de un, dos, tres o cuatro reactores respectivamente. Por último, en la marca 13 podemos observar dos opciones: tras la limpieza de los reactores se produce, por acción de la gravedad, un retorno de parte del ácido que quedaba dentro de los mismos; o si se consideran niveles muy altos de suciedad, este ácido es desechado por una tubería de desagüe. Por esta razón y debido a la lenta degradación del ácido a su paso por los reactores, es necesaria la renovación de la solución de limpieza con el paso del tiempo.

En cuanto a los electrodos, como se ha dicho anteriormente, estos pueden ser de cualquier material tratado con cualquier proceso de fabricación, siempre y cuando permitan generar la diferencial de potencial necesaria para la muerte celular.



Los más corrientes son:

- Electrodo de diamante y diamante dopados con distintos metales.
- Mezclas de óxidos metálicos.
- Electrodo de titanio, iridio, rutenio o aleaciones de otros metales con estos, o aleaciones de estos metales dopados con óxidos metálicos.
- Electrodo de composición mixta cerámica/orgánica o metálica/orgánica.
- Electrodo de materiales cerámicos o materiales cerámicos con aporte de alguno de los metales recién mencionados.

En otro lugar, existen también distintas maneras de disponer los electrodos en el interior de los reactores, pudiendo por ejemplo disponer en serie los ánodos y cátodos de manera alterna; o poner electrodos activables que funcionan solo como ánodos cuando circula corriente y como cátodos cuando no (este tipo de disposición precisa un cambio de polaridad y por lo tanto es más completo); o disponer de un sistema de placas bipolares (esto quiere decir que una cara del electrodo funciona como ánodo y la otra como cátodo). Debido a las distintas maneras de disposición, se puede intuir que la corriente eléctrica puede aplicarse de forma constante o interrumpida, apareciendo con esta última campos pulsados que habría que ver si son beneficiosos o no en cuanto a garantía de desinfección, pero que no entra dentro de los límites de estudio.

Pasando ahora a los reactores, estos pueden ser:

- Cerrados: aquellos en los que no hay exposición al exterior en ningún punto del sistema, habiendo únicamente un punto de entrada y de salida. El flujo de agua se consigue debido a la acción de una bomba de impulsión que aporta la presión necesaria.
- En canal abierto: aquellos que poseen una entrada y una salida a distintas cotas de altura, permitiendo que se trate de un sistema abierto al exterior en algunos puntos, de tal forma que se propicia el flujo de agua a través de las celdas por efecto de la fuerza de la gravedad.



Por último, el PLC está conectado a una interfaz humana o HMI ([Imagen 7](#)) donde se pueden observar en tiempo real los parámetros del agua que atraviesa cada reactor, modificar los valores operacionales de las consignas, gestionar el control de los equipos de forma manual o realizar un registro local de los datos. Cada equipo cuenta con un rúter 4G que permite la conexión con los servidores centrales de *Geodesic* para lograr subir a estos, con la frecuencia que se desee (por defecto esta es de 15 minutos), todos los datos de estado y operación de cada equipo (datos mecánicos, eléctricos, del agua, ...). Con toda esta información, a través del CB-OPCON *Geodesic* ([Imagen 8](#)) es capaz de monitorizar cualquier tipo de incidencia, fallo del sistema o necesidad del equipo (alertas por necesidad de mantenimiento, por ejemplo); además de permitir a todos los usuarios, a través de la aplicación web, operar y monitorizar los reactores de sus propios equipos en tiempo real, pudiendo acceder ellos mismos desde cualquier dispositivo con acceso a internet a los avisos, las alertas, los datos, los informes y las gráficas que muestran el estado de tratamiento.



Imagen 7: Ejemplo de la interfaz humana (HMI) de un equipo.



Imagen 8: Ejemplo de registro y análisis de datos a través del CB-OPCON.

A continuación, se muestra una fotografía real ([Imagen 9](#)) de un equipo *Geodesic* presente en una de sus instalaciones:



Imagen 9: Ejemplo de equipo de electroporción y oxidación avanzada de dos reactores.



Tras estar claros los principios teóricos y el modo de funcionamiento del equipo de electroporación y oxidación avanzada de *Geodesic*, se va a proceder con la parte de diseño como tal del circuito para la línea de tratamiento de cánigos de *Línea Verde*.



2. Desarrollo

2.1. Metodología

Como se ha ido comentando poco a poco a lo largo de la parte descriptiva de la memoria, a continuación, se va a proceder a realizar el diseño del circuito de regeneración de agua de una línea de lavado de canónigos en una planta de la empresa *Vegetales Línea Verde*.

A modo de breve introducción para entender el *modus operandi* de esta parte del trabajo, una vez terminado el marco teórico, se ha llevado a cabo la siguiente estrategia para esta parte más práctica:

1. Compresión espacial de la nave en la que se realizará el montaje del sistema.
2. Diseño preliminar de la disposición de todos los elementos, incluyendo dimensiones de espacios y longitud de las tuberías.
3. Primera revisión, tanto con *Geodesic* como con el director del proyecto, de este diseño preliminar.
4. Corrección de los comentarios recibidos en la revisión sobre el diseño preliminar. Finalización del diseño y primera acometida de cálculos (dimensionado de diámetro de tuberías fijando velocidad máxima de flujo, cálculo de pérdidas de carga, selección de bombas de impulsión).
5. Revisión completa del diseño de la planta con *Geodesic*.
6. Determinación del resto de componentes necesarios en la planta de recirculación de agua, y estimación del presupuesto del sistema a través de catálogos de *Netvitc System*.
7. Análisis de ventajas e inconvenientes y desarrollo de conclusiones.



2.2. Cálculos y desarrollo

Tras poner un poco en situación la manera en la que se fue desarrollando el trabajo, a continuación, se pasará a explicar más en detalle todos los cálculos y el porqué de las decisiones tomadas para el diseño del sistema.

2.2.1. Explicación del sistema a implementar

Para entender un poco mejor el funcionamiento del sistema que *Geodesic* va a implementar en la nave de *Línea Verde*, a continuación, se incluye una explicación del recorrido que seguirá el agua a través de los distintos elementos del circuito.

Antes que nada, el circuito a diseñar constará de los siguientes elementos principales o etapas (sin entrar en el detalle de elementos que posteriormente se dimensionarán):

1. **Lavadoras 1, 2 y 3.** Forman parte de la línea de lavado de canónigos de *Línea Verde* y son de dónde se recogerá agua sucia de las lavadoras 2 y 3, y se devolverá el agua tratada a las lavadoras 1 y 2. La lavadora 1 es una primera etapa de lavado para eliminar la suciedad que traen los canónigos del campo (hojas, tierra, ramas, ...); la lavadora 2 pretende eliminar todos los microorganismos desinfectando el vegetal en un lavado con producto desinfectante; y la lavadora 3 es una etapa de aclarado con agua potable que consigue eliminar los restos de productos químicos que provienen de la etapa de desinfección.
2. **Depósito 1.** Almacena el agua sucia que va de las lavadoras 2 y 3, y recoge el agua de rebose del depósito 2. Tiene la posibilidad de ser llenado con agua de aporte de red, en caso de no haber el agua suficiente en el sistema para devolver a las lavadoras 1 y 2.
3. **Filtro de perlita.** Primera etapa de lavado, posicionado antes del equipo de *Geodesic*. Se trata de un filtro inicial que elimina materia orgánica y sólidos en suspensión del agua con un tamaño mayor a una micra, con la intención de dejar el agua lo más limpia posible para que a su paso por el equipo de *Geodesic* no dañe el reactor, ni entorpezca el proceso de desinfección. Se puede encontrar toda la información sobre el filtro de perlita en el [Anexo IV](#).
4. **Equipo GEO-FDP.** Etapa siguiente al filtro de perlita, limpia y desinfecta el agua de manera completa y sin la adición de productos químicos, como se describió a lo largo de la fundamentación teórica del trabajo.
5. **Depósito 2.** Recoge el agua limpia que sale del equipo GEO-FDP y alimenta de nuevo a las lavadoras 1 y 2, y/o rebosa al depósito 1 cuando alcanza su nivel máximo.



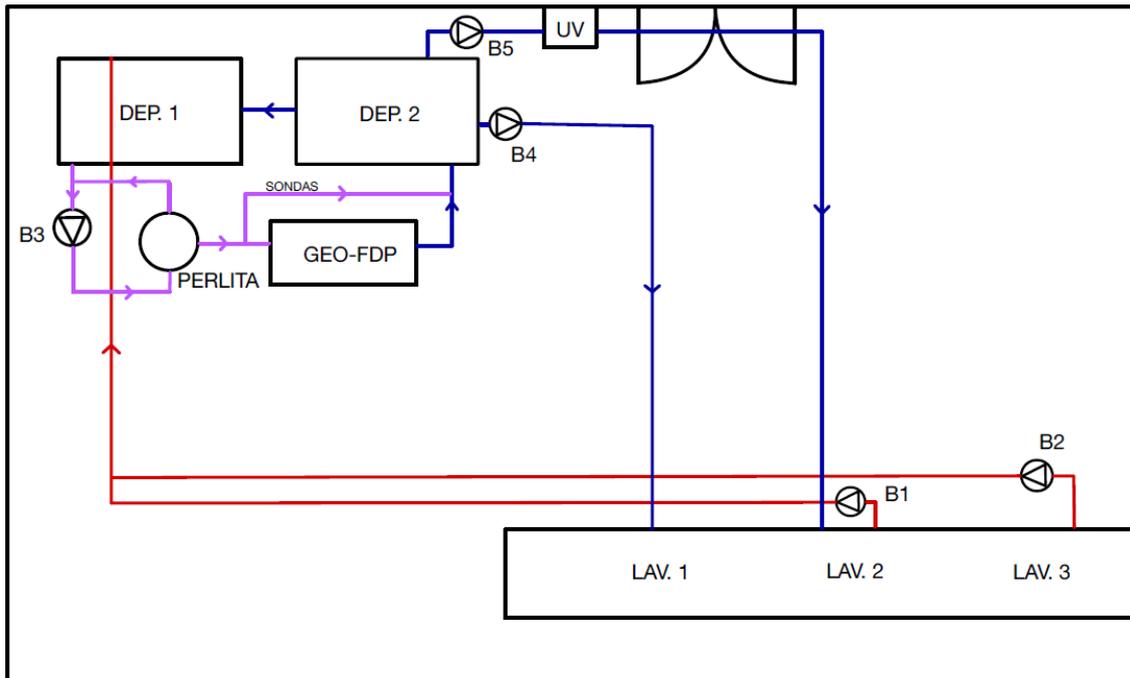
6. **Lámpara de luz ultravioleta.** Última etapa de limpieza que se encuentra en el camino del depósito 2 hacia la lavadora 2. Tiene la posibilidad de ser “saltado” cuando sea necesario el cambio de la bombilla. Para mayor conocimiento del ultravioleta MR1-220SS a instalar, se puede encontrar toda la información necesaria sobre este en el [Anexo V](#).

Conociendo los principales elementos del circuito, ahora sí, se puede proceder a entender mejor el recorrido del agua por el sistema. La idea del circuito a implementar se recorre en el esquema del [Anexo I](#) proporcionado por *Geodesic*.

Dos bombas de impulsión recogen agua sucia de las lavadoras 2 y 3. La elevan por encima del nivel de la cubierta del techo y la llevan por el techo al depósito 1. De este depósito una nueva bomba recoge agua y la bombea a través de toda la etapa de limpieza, pasando primero por el filtro de perlita, a continuación, por el equipo GEO-FDP y de vuelta al depósito 2. Desde este depósito, otra bomba eleva de nuevo el agua por encima de la cubierta y la lleva directamente a la lavadora 1; y otra bomba a la lavadora 2 pero pasando primero por el equipo de ultravioleta, que se encuentra anclado a la pared en el camino del depósito 2 al techo.

Existe un desborde de agua por acción de la gravedad del depósito 2 al depósito 1, para mantener el agua en circulación en caso de parada de las bombas B4 y B5. De modo que, el depósito 2 deberá estar por encima del nivel del depósito 1; es por esto por lo que se colocarán sobre sendas bancadas de alturas 50 cm y 75 cm respectivamente. Por otro lado, para descolmar las velas del filtro de perlita, existe la opción de recircular el agua por el filtro de perlita. Y, además, existe una pequeña tubería que mide el estado del agua a través de unas sondas de pH, cloro y REDOX; estos datos se transmiten al CB-OPCON, dónde se estiman los parámetros necesarios de funcionamiento del equipo GEO-FDP según el estado del agua en cuestión.

Este recorrido se recoge en forma de diagrama ilustrativo en el siguiente [Esquema](#):



Esquema 1: Diagrama que muestra el recorrido del agua en el circuito y da una idea de la disposición de los elementos principales en la nave de Línea Verde (no a escala).

Con esta configuración, el resultado esperado final será conseguir una gran reutilización de agua, perdiendo únicamente el agua de la lavadora 1, que es equivalente en volumen al agua potable que se aporta en la ducha de la lavadora 3.

2.2.2. Cálculo de diámetros

Para conocer de antemano el diámetro de las tuberías que van a emplearse en el montaje del sistema, y gracias a que se conocen los caudales con los que trabaja el circuito diseñado, se ha procedido a realizar la estimación de los diámetros.

Este procedimiento es muy sencillo, y la única fórmula que entra en juego en este caso es la siguiente:

$$Q = v \cdot A = v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Y despejando el diámetro (D) de esta ecuación, se obtiene la siguiente expresión:

$$D = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{v \cdot \pi}}$$

Tras hablar con *Geodesic*, y para intentar asemejar el proceso lo máximo posible a su forma de trabajar, para calcular el diámetro de las tuberías emplean un software³ de

³ Fuente: <https://www.calcuvio.com/caudal-tuberia>



cálculo directo en internet que se llama Calcuvio. Básicamente hace un uso directo de las fórmulas anteriores, fijando un caudal y una velocidad conocidas. En *Geodesic* fijan una velocidad de flujo de 2,5 m/s como valor estándar para el cálculo; y los caudales de trabajo del circuito son los siguientes:

- **Q = 2 m³/h.** De la lavadora 3 al depósito 1; y del depósito 2 a la lavadora 1.
- **Q = 11 m³/h.** De la lavadora 2 al depósito 1; y del depósito 2 a la lavadora 2.
- **Q = 13 m³/h.** En toda la etapa de limpieza, es decir del depósito 1 al depósito 2 pasando por el filtro de perlita y el GEO-FDP. Y donde se juntan los caudales que van de las lavadoras 2 y 3 (Q = 2 m³/h y Q = 11 m³/h) al depósito 1.
- **Q = 0,5 m³/h.** El pequeño tramo donde se colocan las sondas de cloro, REDOX y pH para recoger información del agua a tratar.

Para estos caudales y la velocidad fijada, empleando el software de cálculo, se obtuvieron lo siguiente diámetros, a los cuales se les ha aplicado un factor de seguridad de 1,25 y posteriormente se ha elegido el diámetro nominal estándar de tubería más cercano.

En la siguiente [Tabla](#) se recoge el resumen del proceso seguido para la elección de los diámetros a emplear.

Caudal(m ³ /h)	D: Calcuvio	Factor Seg.	D corregido	Elección D (mm)
2	17	1,25	21,25	32
11	40	1,25	50	50
13	43	1,25	53,75	63
0,5	9	1,25	11,25	20

Tabla 1: Resumen de cálculo de diámetro de las tuberías.

Como es de esperar, al elegir diámetros superiores a los que inicialmente se obtienen con la ecuación del programa fijando la velocidad y el caudal, la velocidad real resultante será menor que la que se había fijado a 2,5 m/s.

Usando la ecuación de nuevo, pero esta vez fijando el diámetro y el caudal, despejamos las velocidades reales de flujo por las tuberías, obteniéndose los valores de la [Tabla 2](#):

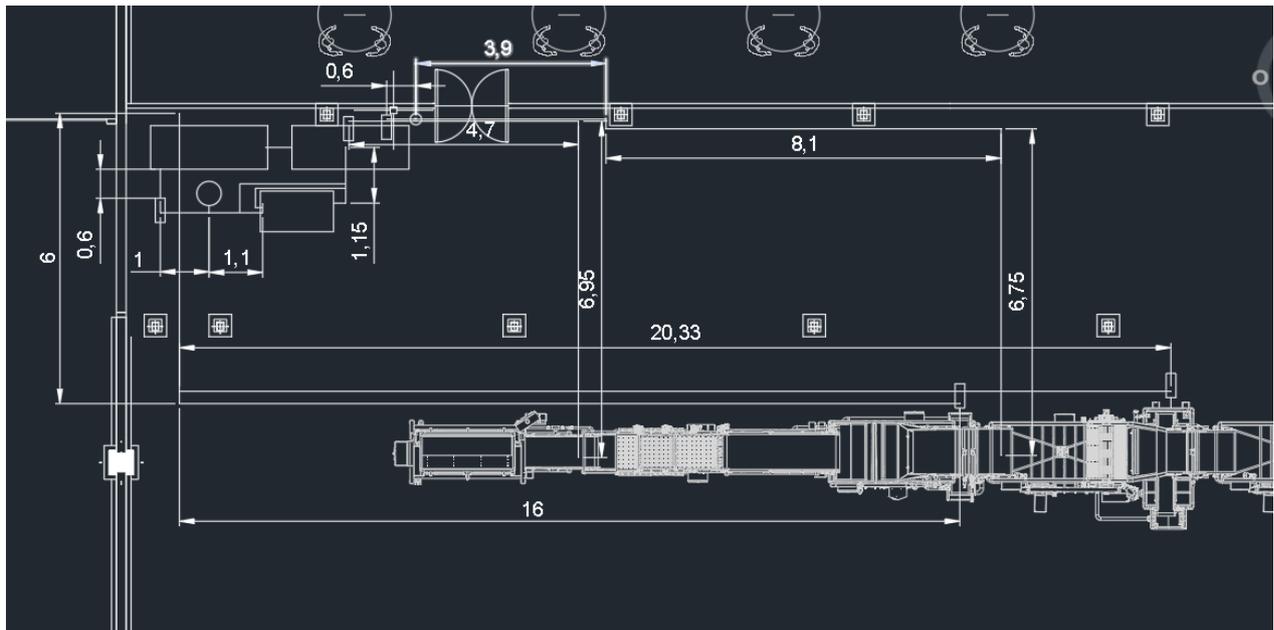
Caudal(m ³ /h)	Elección D (mm)	Velocidad (m/s)
2	32	0,6907
11	50	1,5561
13	63	1,1584
0,5	20	0,442

Tabla 2: Velocidades reales de flujo por las tuberías.



2.2.3. Resumen del diseño

Para la consecución del diseño preliminar, con ayuda de los planos de la planta de *Línea Verde* que facilitó *Geodesic* (incluidos en el [Anexo II](#)), se midieron los espacios, y viendo las dimensiones de los equipos necesarios en el sistema (incluidos en los [Anexo III](#)), se colocaron de la manera más adecuada en la nave industrial. La disposición de los elementos principales del sistema y las distancias más relevantes para el diseño se tradujeron en el siguiente [Plano](#):



Plano 1: Disposición de los elementos principales del circuito y las cotas más relevantes.

Gracias al plano en dos dimensiones proporcionado y a que se conocen las alturas de los equipos se procedió a hacer una estimación de las distancias de tuberías necesarias para la consecución del circuito propuesto, así como del resto de elementos que son necesarios para el funcionamiento correcto del mismo (válvulas manuales y motorizadas, válvulas antirretorno, codos, caudalímetros, reductoras de presión, ...).

Tras confirmar la idea del diseño preliminar de la planta, para tener todo junto de forma ordenada, se procedió a hacer un resumen en una tabla en Excel de todos los elementos necesarios en el sistema.

Separando el sistema completo en 3 subsistemas o tramos según la posición de las bombas de impulsión, se obtuvieron los siguientes tramos:

- **Tramo 1:** desde las lavadoras 2 y 3 hasta el depósito 1.
- **Tramo 2:** todo el recorrido de limpieza desde el depósito 1 de vuelta al depósito 2.
- **Tramo 3:** desde el depósito 2 hasta las lavadoras 1 y 2.



A continuación, se recoge en las [Tablas 3, 4 y 5](#) el resumen completo que incluye los elementos presentes en cada uno de estos tramos, con el caudal circulante, el diámetro, la longitud de la tubería y el desnivel si procede. Según el diseño pensado, se han añadido los codos necesarios para realizar el recorrido y las válvulas manuales y motorizadas y los antirretornos necesarios para el correcto funcionamiento. Por ejemplo, se han añadido antirretornos detrás de cada bomba de impulsión para que el agua no pueda circular por acción de la gravedad en el sentido contrario al estipulado en caso de parada de la bomba; y se han añadido válvulas manuales delante y detrás de cada bomba para que, en caso de fallo por funcionamiento, se pueda cortar el flujo a un lado y a otro, y cambiar dicha bomba.

Tramo	Elemento	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Desnivel (cm)	Nº codos	Nº válvulas	Nº antirretornos
Lavadoras- Depósito 1	Bomba 1	11	-	-	-	5 codos 1 T	4 manuales	2
	Bomba 2	2	-	-	-			
	Tubería 0	11 / 2	63	40	0			
	Tubería 1	11	50	560	560			
	Tubería 2	11	50	1600	0			
	Tubería 3	2	32	560	560			
	Tubería 4	2	32	2033	0			
	Tubería 5	13	63	600	0			
	Tubería 6	13	63	425	-425			
Tubería 7	13	63	20	0				

Tabla 3: Resumen elementos del tramo 1 - lavadoras 2 y 3 hasta depósito 1.

Tramo	Elemento	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Desnivel (cm)	Nº codos	Nº válvulas	Nº antirretornos
Depósito 1- Depósito 2	Bomba 3	13	-	-	-	17 codos 6 Ts	2 válvulas manuales 4 válvulas motorizadas	3
	Tubería 8	13	63	20	0			
	Tubería 9	13	63	40	-40			
	Tubería 10	13	63	40	0			
	Tubería 11	13	63	20	20			
	Tubería 12	13	63	30	0			
	Tubería 13	13	63	100	0			
	Tubería 14	13	63	20	-20			
	Tubería 15	13	63	15	0			
	Tubería 16	13	63	15	0			
	Tubería 17	13	63	140	-140			
	Tubería 18	13	63	100	0			
	Tubería 19	13	63	45	0			
	Tubería 20	13	63	45	-45			
	Tubería 21	13	63	15	15			
	Tubería 22	13	63	110	0			
	Tubería 23	13	63	110	-110			
	Tubería 24	13	63	20	0			
	Tubería 25	13	63	15	0			
	Tubería 26	13	63	40	0			
	Tubería 27	13	63	245	155			
	Tubería 28	13	63	25	0			
	Tubería 29	13	63	45	45			
Tubería 30	13	63	115	0				
Tubería 31	13	63	30	-30				
Tubería 32	0,5	20	60	0				
Tubería 33	0,5	20	215	35				

Tabla 4: Resumen elementos del tramo 2 - depósito 1 a depósito 2.



Tramo	Elemento	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Desnivel (cm)	Nº codos	Nº válvulas	Nº antirretornos
Depósito 2- Lavadoras	Bomba 4	2	-	-	-	4 codos	2 manuales	1
	Tubería 34	2	32	70	-70			
	Tubería 35	2	32	15	0			
	Tubería 36	2	32	560	560			
	Tubería 37	2	32	470	0			
	Tubería 38	2	32	695	0			
	Tubería 39	2	32	410	-410			
	Bomba 5	11	-	-	-	8 codos 2 Ts	5 manuales	1
	Tubería 40	11	50	70	-70			
	Tubería 41	11	50	15	0			
	Tubería 42	11	50	150	150			
	Tubería 43	11	50	60	0			
	Tubería 44	11	50	400	400			
	Tubería 45	11	50	390	0			
	Tubería 46	11	50	20	0			
	Tubería 47	11	50	810	0			
	Tubería 48	11	50	756	0			
	Tubería 49	11	50	410	-410			

Tabla 5: Resumen elementos del tramo 3 - depósito 2 a lavadoras 1 y 2.

Adicionalmente, no hay que olvidarse de los siguientes tramos: aporte de agua corriente al equipo de *Geodesic*, al filtro de perlita y al depósito 1; desagüe desde el equipo de *Geodesic*, el filtro de perlita y de los depósitos 1 y 2; y desborde de agua del depósito 2 al depósito 1.

El tramo de aporte de agua es necesario para diversas funciones:

- Para el equipo de *Geodesic*: para realizar el lavado de los reactores tras la limpieza con el ácido.
- Para el filtro de perlita: como forma de limpiar internamente la perlita una vez este saturada y no pueda llevar a cabo su tarea.
- Para el depósito 1: ya que cuando se alcance el sensor de nivel mínimo, debe existir una forma de seguir teniendo agua en el depósito 1 para poder mantener los equipos funcionando, y por ende, el depósito 2 lleno con el agua suficiente para llevar a las lavadoras 1 y 2.

A continuación, se incluye en la [Tabla 6](#) un resumen de sus elementos, mucho menos detallado, ya que al fin y al cabo no tienen tanta complejidad y funcionarán gracias a válvulas motorizadas y al efecto de la gravedad.

Tramo	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	Válvulas	Antirretornos	Otros	Nº codos
Agua acometida (dep1, GEO, perlita)	2040	32	1 motorizada 1 manual	1	1 caudalímetro 1 reductora	2 codos 2 Ts
Desagüe (dep1, dep2, GEO, perlita)	895	63	1 motorizada 2 manuales	0	0	3 codos 3 Ts
Desborde (del dep2 al dep1)	80	100	0	0	0	1 codo

Tabla 6: Resumen elementos de los tramos de agua de acometida, desagüe y desborde.



Con esto queda diseñado el circuito de agua para la línea de lavado de los vegetales, en cuanto a elementos constructivos (tuberías, codos y válvulas).

2.2.4. Cálculo de las alturas de las bombas

Una vez fijado el diseño, para poder escoger el último de los elementos constructivos, que son las bombas de impulsión de agua a través del sistema, es necesario hacer algunos cálculos. Aunque, de hecho, *Geodesic* no se preocupa demasiado en este aspecto, ya que al ser sus instalaciones circuitos tan pequeños en cuanto a cotas y pérdidas de carga, en general, con bombas pequeñas que puedan vencer unos 10 metros de pérdidas totales para caudales de entre 10 y 15 m³/h, suele ser suficiente para sus montajes.

De todos modos, para otorgar valor añadido y para comprobar si efectivamente esto sucede así en este circuito en concreto, se va a proceder a realizar el cálculo de las alturas manométricas que tienen que ser capaces de salvar las bombas en cada uno de los tramos, para así poder determinar las potencias necesarias de las bombas.

La altura manométrica se calcula sumando las alturas de aspiración e impulsión y las pérdidas de carga. La altura de aspiración se define como la diferencia de cotas del líquido al centro de la toma de aspiración de la bomba. La altura de impulsión es la diferencia de alturas desde la toma de aspiración hasta el punto de altura máxima del circuito de bombeo. Y las pérdidas de carga se definen como la resistencia que ejercen el rozamiento y los elementos del circuito (válvulas, codos, ...) al paso de agua.⁴

A continuación, se incluye una [Imagen](#) que representa el desglose de la definición de altura manométrica:

⁴ Fuente: <https://www.saltoki.com/blog/como-elegir-bomba-hidraulica>

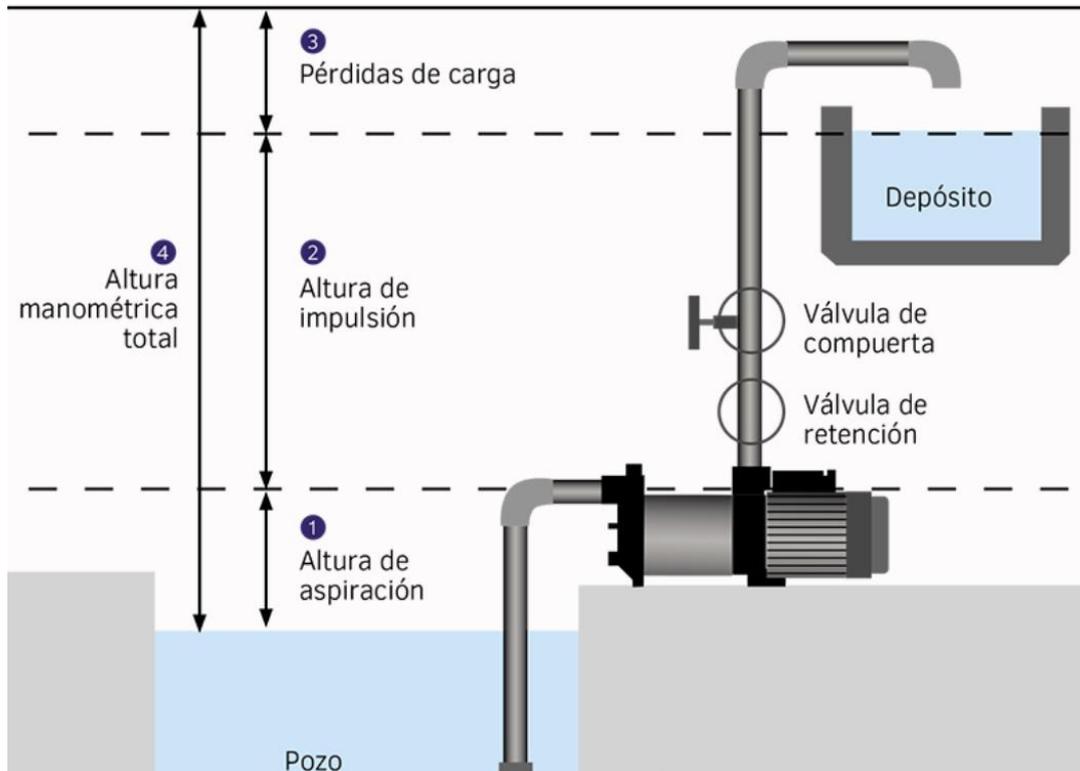


Imagen 10: definición de altura manométrica dividida en suma de altura de aspiración e impulsión y pérdidas de carga.

En el caso de nuestro sistema, todas las bombas están cebadas (se encuentran por debajo del nivel del agua de toma), por lo que la altura de aspiración será cero para todas las bombas.

De este modo, para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido a la ecuación de Darcy-Weisbach, que devuelve las pérdidas en metros en función del factor de fricción de Moody, la longitud equivalente total de tubería recta, el diámetro interno de la tubería, la velocidad de flujo y la gravedad.

La expresión es la siguiente:

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

En este punto todos los valores son conocidos para cada una de las situaciones, salvo el factor de fricción (f) y la longitud equivalente (L). El factor de fricción depende del número de Reynolds, que sigue la siguiente expresión:

$$Re = \frac{v \cdot 4 \cdot R_h}{\mu}$$



Siendo R_h el radio hidráulico de la tubería, que en caso de tuberías redondas es:

$$R_h = \frac{D}{4}$$

Y siendo μ el coeficiente de viscosidad cinemática del fluido, que en el caso del agua es:

$$\mu = 0,000001 \text{ m}^2/\text{c}$$

Según el número de Reynolds, el factor de fricción se calcula de manera distinta. En nuestro sistema, como veremos más adelante, en todos los casos se cumple que el régimen es turbulento ($Re > 4000$), por lo que el factor de fricción se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$f = 0,11 \cdot \left(k + \frac{68}{Re} \right)^{1/4}$$

Donde $k = \frac{\tau}{D}$, siendo τ el coeficiente de rugosidad absoluta del plástico de las tuberías, que en este caso es:

$$\tau = 0,004 \text{ mm}$$

Por otro lado, el método de longitud equivalente consiste en trasladar las pérdidas que se producen en los elementos presentes en una tubería a una pérdida equivalente a un tramo de longitud recta. Con la experiencia se ha encontrado que todos los accesorios (válvulas, codos, ...) tienen un factor adimensional de Le/D que permite hacer la equivalencia de cada elemento en función del diámetro de la tubería en el que se encuentre situado.⁵

En la siguiente [Tabla](#) se recogen las equivalencias de los accesorios más comunes:

⁵ Fuente: <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/una-metodologia-adicional-para-el-calculo-de-perdidas-localizadas-la-longitud-equivalente/>



Tipo	(L/D) _{eq}
Válvula de globo-abierta por completo	340
Válvula de ángulo abierta por completo	150
Válvula de compuerta-abierta por completo	8
¾ abierta	35
½ abierta	160
¼ abierta	900
Válvula de verificación tipo giratoria	100
Válvula de verificación tipo bola	150
Válvula de mariposa abierta ,por completo (2 a 8 pulg)	45
10 a 14 pulg	35
16 a 24 pulg	25
Válvula de pie tipo disco de vástago	420
Válvula de pie tipo disco de bisagra	75
Codo estándar de 90	30
Codo de 90 de radio largo	20
Codo roscado a 90	50
Codo estándar a 45	16
Codo roscado a 45	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar con flujo directo	20
Con flujo en el ramal	60

Tabla 7: Longitudes equivalentes para distintos accesorios.

De este modo, la longitud equivalente total se calcula sumando todas las longitudes de los tramos rectos de tuberías más las longitudes equivalentes de todos los elementos presentes en la tubería:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + \dots + \sum L_{eq.}$$

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido de nuevo a un software de internet, que aplica las fórmulas vistas anteriormente y calcula las pérdidas de manera automática en función del fluido, el material de la tubería, la longitud equivalente total y el diámetro de la tubería.⁶

Para poder hacer uso del software, es necesario calcular las longitudes equivalentes de cada tramo. De modo que tramo por tramo se han ido realizando las equivalencias y las operaciones necesarias para obtener longitud total equivalente:

Tramo: Lavadora 2 – Depósito 1

Para este tramo, según los datos de la [Tabla 3](#), de las equivalencias de la [Tabla 7](#) y del software de cálculo de pérdidas de carga que aplica las fórmulas vistas anteriormente, se obtienen los siguientes resultados:

⁶ Fuente: <https://www.hydraulic-calculation.com/es/article.php?ID=2>



Datos iniciales:

Diámetro: 50 mm
Coeficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 40.95 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m²/c
Caudal que circula por la tubería: 183.33 l/min

Resultado:

Area de sección transversal de la tubo: 0.0019635 m²
Velocidad del fluido: 1.5561497326203 m/s
Número de Reynolds: 77807.486631016
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.01933188946824

La Pérdida de presión en la tubería: 38340.782308821 Pa

La Pérdida de carga en una tubería: 1.9541683133956 m

Imagen 11: Resultados del software de cálculo de pérdidas de carga para el tramo que va de la lavadora 2 al depósito 1.

La longitud de la tubería recta, en este caso 40,95 metros, se ha calculado en Excel (como muestra la [Tabla 8](#)) multiplicando el factor adimensional de cada elemento por el diámetro de la tubería donde se encuentra cada accesorio por el número de accesorios del tramo y sumándose a las longitudes de las tuberías rectas. Por ejemplo, en el caso de los codos de este tramo de 50 mm de diámetro:

$$L_{eq.codos} = 30 \cdot 4 \cdot 50 = 6000 \text{ mm}$$

A continuación, se incluye en la [Tabla 8](#) el resumen con los datos, los elementos y los cálculos previamente explicados del circuito en el que se ve involucrado la bomba de impulsión B1.



Resumen	B1
Codos	4
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m ³ /h)	11
Diámetro impulsión (mm)	50
Longitud tuberías (cm)	3205
Longitud equiv. codos (mm)	6000
Longitud equiv. valvulas (mm)	2900
Longitud equiv. total (cm)	4095
Pérdidas de carga (m)	1,9542
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	7,5542

Tabla 8: Resumen del tramo lavadora 2 – depósito 1, incluyendo las pérdidas de carga, la altura de impulsión y la altura manométrica.

En resumen, la bomba B1 que se elija deberá ser capaz de proporcionar un caudal de 11 m³/h y salvar una altura manométrica de 7,6 m.

Tramo: Lavadora 3 – Depósito 1

Para este tramo, según los datos de la [Tabla 3](#), de las equivalencias de la [Tabla 7](#) y del software de cálculo de pérdidas de carga, se obtienen los siguientes resultados:



Datos iniciales:

Diámetro: 32 mm
 Coeficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
 Longitud de la tubería: 42.08 m
 Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m²/c
 Caudal que circula por la tubería: 33.33 l/min

Resultado:

Area de sección transversal de la tubo: 0.0008042496 m²
 Velocidad del fluido: 0.69070596988796 m/s
 Número de Reynolds: 22102.591036415
 Régimen turbulento
 Factor de fricción de Darcy: 0.026165749364028

La Pérdida de presión en la tubería: 16415.168659526 Pa

La Pérdida de carga en una tubería: 0.83665487561295 m

Imagen 12: Resultados del software de cálculo de pérdidas de carga para el tramo que va de la lavadora 3 al depósito 1.

La longitud de la tubería recta, en este caso 42,08 metros, se ha calculado siguiendo el mismo método que antes en Excel (Tabla 9). A continuación, se incluye el resumen con los datos, los elementos y los cálculos del circuito en el que se encuentra situada la bomba B2.

Resumen	B2
Codos	4
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m ³ /h)	2
Diámetro impulsión (mm)	32
Longitud tuberías (cm)	3638
Longitud equiv. codos (mm)	3840
Longitud equiv. valvulas (mm)	1856
Longitud equiv. total (cm)	4207,6
Pérdidas de carga (m)	0,8367
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	6,4367

Tabla 9: Resumen del tramo lavadora 3 – depósito 1, incluyendo las pérdidas de carga, la altura de impulsión y la altura manométrica.



De modo que, la bomba B2 que se elija deberá ser capaz de proporcionar un caudal de 2 m³/h y salvar una altura manométrica de 6,5 m.

Tramo: Depósito 1 – Depósito 2

Para este tramo, según los datos de la [Tabla 4](#), de las equivalencias de la [Tabla 7](#) y del software de cálculo de pérdidas de carga, se obtienen los siguientes resultados:

Datos iniciales:

Diámetro: 63 mm
Coeficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 69.8 m
Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m²/c
Caudal que circula por la tubería: 216.67 l/min

Resultado:

Area de sección transversal de la tubo: 0.0031172526 m²
Velocidad del fluido: 1.1584453138853 m/s
Número de Reynolds: 72982.054774772
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.019537695060595

La Pérdida de presión en la tubería: 29049.540977369 Pa

La Pérdida de carga en una tubería: 1.4806086125061 m

Imagen 13: Resultados del software de cálculo de pérdidas de carga para el tramo depósito 1 – depósito 2.

La longitud de la tubería recta, en este caso 69,8 metros, se ha calculado siguiendo el mismo método que antes en Excel. A continuación, se incluye en la [Tabla 10](#) el resumen con los datos, los elementos y los cálculos del circuito en el que se encuentra la bomba B3.



Resumen	B3
Codos	22
Válvulas	6
Antirretornos	3
Caudal (m ³ /h)	13
Diámetro impulsión (mm)	63
Longitud tuberías (cm)	1575
Longitud equiv. codos (mm)	41580
Longitud equiv. valvulas (mm)	12474
Longitud equiv. total (cm)	6980,4
Pérdidas de carga (m)	1,4806
Altura de impulsión (cm)	240
Altura manométrica (m)	3,8806

Tabla 10: Resumen del tramo depósito 1 – depósito 2, incluyendo las pérdidas de carga, la altura de impulsión y la altura manométrica.

Resumiendo, la bomba B3 que se elija deberá ser capaz de proporcionar un caudal de 13 m³/h y salvar una altura manométrica de 3,9 m.

Tramo: Depósito 2 – Lavadora 3

Para este tramo, según los datos de la [Tabla 5](#), de las equivalencias de la [Tabla 7](#) y del software de cálculo de pérdidas de carga, se obtienen los siguientes resultados:



Datos iniciales:

Diámetro: 32 mm
 Coeficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
 Longitud de la tubería: 26.09 m
 Viscosidad cinemática del fluido: 0.000001 m²/c
 Caudal que circula por la tubería: 33.33 l/min

Resultado:

Area de sección transversal de la tubo: 0.0008042496 m²
 Velocidad del fluido: 0.69070596988796 m/s
 Número de Reynolds: 22102.591036415
 Régimen turbulento
 Factor de fricción de Darcy: 0.026165749364028

La Pérdida de presión en la tubería: 10177.560606631 Pa

La Pérdida de carga en una tubería: 0.51873397587314 m

Imagen 14: Resultados del software de cálculo de pérdidas de carga para el tramo depósito 2 – lavadora 1.

La longitud de la tubería recta, en este caso 26,09 metros, se ha calculado siguiendo el mismo método que antes en Excel. En la [Tabla 11](#) se puede apreciar el resumen con los datos, los elementos y los cálculos del tramo del circuito en el que se colocará la bomba B4.

Resumen	B4
Codos	3
Válvulas	2
Antirretornos	1
Caudal (m ³ /h)	2
Diámetro impulsión (mm)	32
Longitud tuberías (cm)	2135
Longitud equiv. codos (mm)	2880
Longitud equiv. valvulas (mm)	1856
Longitud equiv. total (cm)	2608,6
Pérdidas de carga (m)	0,5187
Altura de impulsión (cm)	560
Altura manométrica (m)	6,1187

Tabla 11: Resumen del tramo depósito 2 – lavadora 1, incluyendo las pérdidas de carga, la altura de impulsión y la altura manométrica.



Por consiguiente, la bomba B4 que se elija deberá ser capaz de proporcionar un caudal de $2 \text{ m}^3/\text{h}$ y salvar una altura manométrica de 6,2 m.

Tramo: Depósito 2 – Lavadora 2

Para este tramo, según los datos de la [Tabla 5](#), de las equivalencias de la [Tabla 7](#) y del software de cálculo de pérdidas de carga, se obtienen los siguientes resultados:

Datos iniciales:

Diámetro: 50 mm
Coeficiente de rugosidad absoluta: 0.004 mm
Longitud de la tubería: 49.36 m
Viscosidad cinemática del fluido: $0.000001 \text{ m}^2/\text{c}$
Caudal que circula por la tubería: 183.33 l/min

Resultado:

Area de sección transversal de la tubo: 0.0019635 m^2
Velocidad del fluido: 1.5561497326203 m/s
Número de Reynolds: 77807.486631016
Régimen turbulento
Factor de fricción de Darcy: 0.01933188946824

La Pérdida de presión en la tubería: 46214.920995443 Pa

La Pérdida de carga en una tubería: 2.3555005604201 m

Imagen 15: Resultados del software de cálculo de pérdidas de carga para el tramo depósito 2 – lavadora 2.

La longitud de la tubería recta, en este caso 49,36 metros, se ha calculado siguiendo el mismo método que antes en Excel. En la [Tabla 12](#) que se adjunta a continuación, se incluye el resumen con los elementos, los datos y los cálculos previamente explicados del tramo en el que se encontrará situada la bomba B5.



Resumen	B5
Codos	11
Válvulas	5
Antirretornos	1
Caudal (m ³ /h)	11
Diámetro impulsión (mm)	50
Longitud tuberías (cm)	2996
Longitud equiv. codos (mm)	16500
Longitud equiv. valvulas (mm)	2900
Longitud equiv. total (cm)	4936
Pérdidas de carga (m)	2,3555
Altura de impulsión (cm)	550
Altura manométrica (m)	7,8555

Tabla 12: Resumen del tramo depósito 2 – lavadora 2, incluyendo las pérdidas de carga, la altura de impulsión y la altura manométrica.

De modo que, la bomba B5 que se elija deberá ser capaz de proporcionar un caudal de 11 m³/h y salvar una altura manométrica de 7,9 m.

Resumiendo, se puede confirmar que, para el montaje de esta nave en concreto, la hipótesis de *Geodesic* de usar bombas estándar capaces de superar unos 10 metros de altura manométrica, independientemente del caudal a aportar, era válida.

2.2.5. Selección de bombas de impulsión

A continuación, se va a realizar la fase de selección de las bombas necesarias para cumplir con estos requisitos.

Por tener recogidos los resultados de las necesidades de las bombas de impulsión, se incluyen en la siguiente [Tabla](#):

	B1	B2	B3	B4	B5
Caudal (m³/h)	11	2	13	2	11
Altura manométrica (m)	7,5542	6,4367	3,8806	6,1187	7,8555

Tabla 13: Resumen de las características necesarias de las bombas del sistema.

Entrando en la página oficial de ESPA, y yendo al apartado de [recirculación y filtración > bombas para piscinas](#), se llega al catálogo de bombas de impulsión.

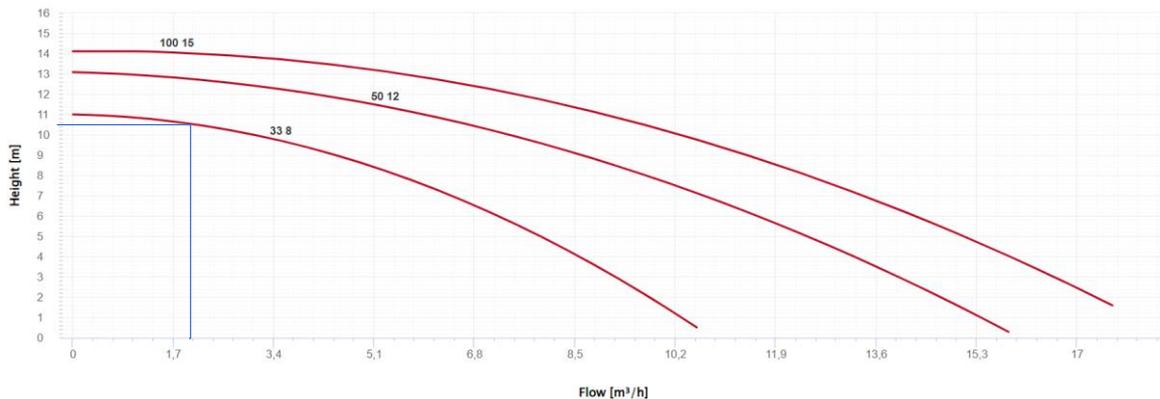
Tras estudiar un poco las curvas características de las bombas disponibles se ha decidido lo siguiente:



Bombas 2 y 4

Tienen que aportar un caudal de 2 m³/h y vencer una altura máxima de 6,44 m, por lo que se va a recurrir a la bomba **SILEN I 33 8**, que, en este caso para el caudal necesario, supera una altura manométrica muy por encima de la necesaria.

A continuación, se incluye la gráfica de las curvas características de las bombas SILEN I disponibles, entre las que se encuentra la 33 8.



Gráfica 1: Curvas características de las bombas SILEN I disponibles, mostrando caudal de impulsión (m³/h) frente a altura manométrica (m).

Debajo, se encuentra la [Tabla](#) con los valores nominales eléctricos de las bombas SILEN I, incluyendo intensidad (en Amperios), potencia demandada (P1 en kW) y potencia hidráulica (P2 en kW):

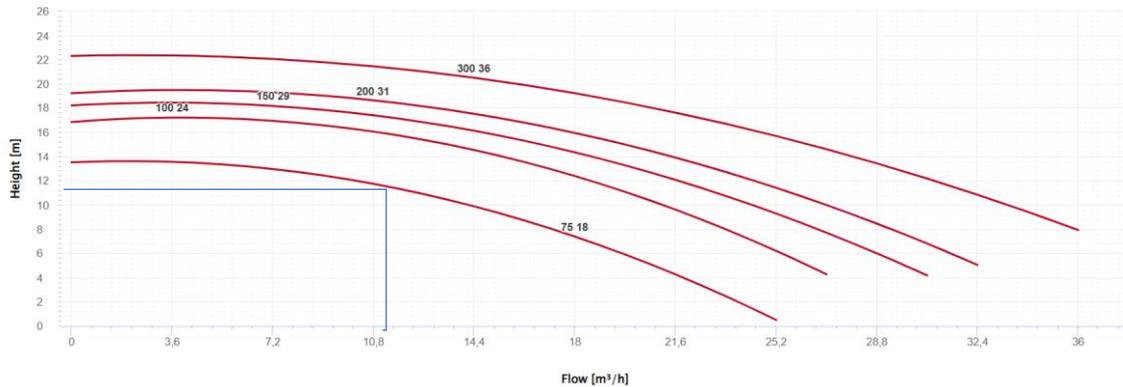
Single-phase models	Intensity [A]	Input power P1 [kW]	Motor power P2	
			[kW]	[HP]
50 Hz	1~ 230V	1~		
SILEN I 33 8M	2,00	0,45	0,25	0,34
SILEN I 50 12M	2,90	0,65	0,37	0,50
SILEN I 100 15M	3,80	0,85	0,75	1,01

Tabla 14: Datos eléctricos de las bombas SILEN I.

Bombas 1 y 5

Tienen que provisionar un caudal de 11 m³/h y salvar una altura máxima de 7,9 m, de modo que se ha escogido la bomba **SILEN S2 75 18**. Que, al igual que en el caso anterior, tiene margen de altura manométrica disponible frente al caudal nominal.

A continuación, se incluye la gráfica de las curvas características de las bombas SILEN S2 disponibles, entre otras la 75 18.



Gráfica 2: Curvas características de las bombas SILEN S2 disponibles, mostrando caudal de impulsión (m^3/h) frente a altura manométrica (m).

Debajo, se encuentra la [Tabla](#) con los valores nominales eléctricos de las bombas SILEN S2, incluyendo intensidad (en Amperios), potencia demandada (P1 en kW) y potencia hidráulica (P2 en kW):

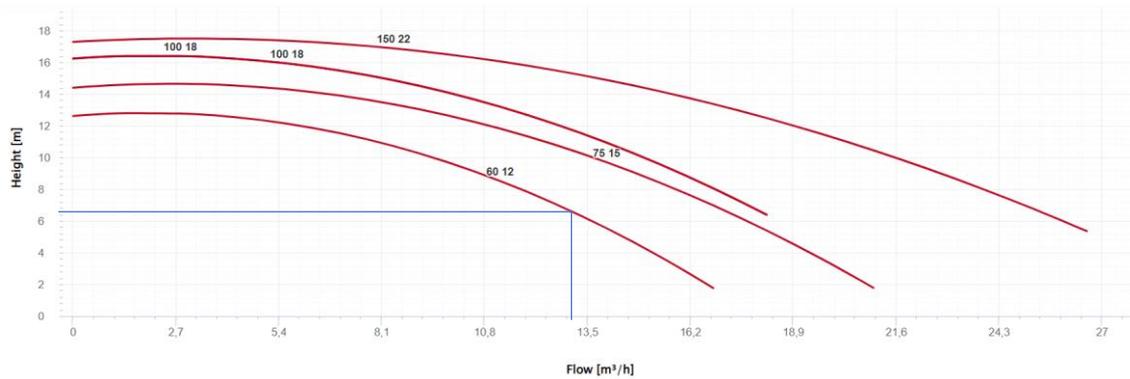
Single-phase models	Three-phase models	Intensity [A]		Input power P1 [kW]		Motor power P2	
		1~ 230V	3~ 230/400V	1~	3~	[kW]	[HP]
SILEN S2 75 18M	SILEN S2 75 18	4,40	3,30/1,90	1,00	1,00	0,55	0,74
SILEN S2 100 24M	SILEN S2 100 24	7,00	4,80/2,80	1,50	1,60	0,90	1,21
SILEN S2 150 29M	SILEN S2 150 29	8,50	5,30/3,10	1,90	1,90	1,10	1,48
SILEN S2 200 31M	SILEN S2 200 31	9,70	6,50/3,80	2,20	2,20	1,50	2,01
SILEN S2 300 36M	SILEN S2 300 36	12,50	8,60/5,00	2,80	2,60	2,20	2,95

Tabla 15: Datos eléctricos de las bombas SILEN S2.

Bomba 3

Y, por último, esta bomba necesita aportar un caudal de $13 m^3/h$ y salvar una altura manométrica máxima de 3,9 m. En este caso, se va a escoger la **SILEN S 60 12**.

A continuación, se adjunta la gráfica con las curvas características de las bombas SILEN S disponibles, entre la que se aprecia la 60 12.



Gráfica 3: Curvas características de las bombas SILEN S disponibles, mostrando caudal de impulsión (m^3/h) frente a altura manométrica (m).

Debajo, se encuentra la [Tabla](#) con los valores nominales eléctricos de las bombas SILEN I, incluyendo intensidad (en Amperios), potencia demandada (P1 en kW) y potencia hidráulica (P2 en kW):

Single-phase models	Three-phase models	Intensity [A]		Input power P1 [kW]		Motor power P2	
		1~ 230V	3~ 230/400V	1~	3~	[kW]	[HP]
SILEN S 60 12M	SILEN S 60 12	3,70	2,60/1,50	0,80	0,90	0,44	0,59
SILEN S 75 15M	SILEN S 75 15	5,50	3,80/2,20	1,20	1,30	0,55	0,74
	SILEN S 100 18		3,80/2,20		1,20	0,75	1,01
SILEN S 100 18M		6,00		1,30		0,75	1,01
SILEN S 150 22M	SILEN S 150 22	7,10	5,10/2,90	1,60	1,60	1,10	1,48

Tabla 16: Datos eléctricos de las bombas SILEN S.

Dado que se tiene un punto de libertad a la hora de elegir el tipo de conexionado de las bombas, ya que la elección del cableado estaría abierta, se ha decidido conectarlas en la medida de lo posible de manera trifásica, ya que es la que se usa en las fábricas. La bomba SILEN I solo tiene la opción de conexionado monofásico, de modo que se ha mantenido así.

De modo que, finalmente se han escogido las siguientes bombas, incluyendo la cantidad y el tipo de conexionado:

	Cantidad	Conexión
SILEN I 33 8	2	Monofásica
SILEN S 60 12	1	Trifásica
SILEN S2 75 18	2	Trifásica

Tabla 17: Modelo, cantidad y tipo de conexionado de las bombas del sistema.



2.2.6. Elección del resto de elementos del sistema

Tras realizar el diseño, el dimensionado de las tuberías, el cálculo de las longitudes equivalentes y alturas manométricas, y la selección de las bombas de impulsión del sistema, en este apartado, se va a hacer un listado final incluyendo, tanto los elementos ya dimensionados, como los “nuevos” elementos que aún no habían sido tenidos en cuenta en el diseño hasta ahora, pero que hay que añadir de todos modos para que el sistema funcione correctamente, como pueden los sensores de nivel de agua, los barómetros, la reductora, el caudalímetro, las bancadas de los depósitos o los propios depósitos.

Aunque no se muestren en el [Esquema](#) los sensores de nivel son imprescindibles, ya que con ellos se puede saber si el volumen de agua en los depósitos y en las lavadoras es el correcto o no, y tomar medidas en el caso de que no sean correctos.

El caudalímetro regula el caudal de agua de aporte para que sea suficiente en todo momento. Y la reductora de presión se encuentra en el camino del agua de aporte al filtro de perlita para que cuando sea necesaria, entre en el equipo a una presión lo suficientemente baja para que no se dañen las velas del filtro por sobrepresión.

Comenzando por las tuberías, si se suman las longitudes de mismo diámetro de cada uno de los tramos, se obtiene la siguiente [Tabla 18](#) que muestra la cantidad total de tubería de cada diámetro necesaria para el montaje. Como las longitudes de compra son estándar (medidas en metros), se han aproximado las longitudes en cuestión a la distancia en metros inmediatamente superior:

Tubería	Cantidad (m)	Pedido (m)
20 mm	2,75	3,00
32 mm	68,53	69,00
50 mm	52,41	53,00
63 mm	33,80	34,00
100 mm	0,80	1,00

Tabla 18: Pedidos necesarios en metros de cada tubería según el diámetro.

Por otro lado, se ha elaborado un listado del resto de elementos necesarios en el sistema (que no sean tuberías), y con esto quedaría cerrada la sección de desarrollo del diseño de la instalación. Se incluye a continuación en la siguiente [Tabla](#):



Elemento	Cantidad (uds)
Equipo GEO-FDP	1
Estructura soporte equipo GEO-FDP	1
Filtro de perlita	1
Lámpara de luz ultravioleta	1
Depósito (3 m ³)	2
Bancadas depósitos	1
Bomba SILEN I	2
Bomba SILEN S	1
Bomba SILEN S2	2
Válvula de compuerta manual	16
Válvula de compuerta motorizada - d63	4
Válvula de compuerta motorizada - d32	1
Válvula de 3 vías motorizada	1
Antirretorno	8
Codo 90	40
Tee	14
Reductora diámetro 63-80 mm	2
Manómetro	4
Boya de pera	4
Caudalímetro	1
Reductora de presión	1

Tabla 19: Resto de elementos necesarios en el sistema de Línea Verde.



3. Estudio económico

3.1. Estimación del presupuesto de la instalación

Viendo en las [Tablas 18](#) y [19](#) los elementos necesarios para realizar de forma completa la instalación del sistema en la línea de lavado de la fábrica de *Línea Verde*, en este apartado se realizará una estimación del presupuesto completo del equipo. Hay algunos de los elementos de los cuales *Geodesic* nos ha proporcionado información de su presupuesto, y hay otros para los cuales, se ha buscado en internet y en catálogos de fabricantes de accesorios los precios necesarios.

Empezando por las tuberías, conociendo las longitudes que se necesitaban, se ha elaborado la siguiente [Tabla](#) con sus precios unitarios y precios totales:

Tubería	Pedido (m)	Precio unitario (€/m)	Precio total (€)
20 mm	3,00	0,74	2,22 €
32 mm	69,00	1,58	109,02 €
50 mm	53,00	2,35	124,55 €
63 mm	34,00	3,6	122,40 €
100 mm	1,00	8,86	8,86 €
Precio total tuberías			367,05 €

Tabla 20: Cálculo del presupuesto total necesario para las tuberías.

Y siguiendo por el resto de los elementos (incluyendo en la última fila el precio total de las tuberías), se incluye la [Tabla 21](#) con el resumen del presupuesto total de instalación, al que habría que sumarle el coste de transporte de materiales y el coste de mano de obra necesario para el montaje, que son desconocidos todavía.



Elemento	Cantidad (uds)	Precio unitario (€/ud.)	Precio total (€)
Equipo GEO-FDP	1	16.833,42 €	16.833,42 €
Estructura soporte equipo GEO-FDP	1	690,64 €	690,64 €
Filtro de perlita	1	5.750,00 €	5.750,00 €
Lámpara de luz ultravioleta	1	1.174,76 €	1.174,76 €
Depósito (3 m ³)	2	950,59 €	1.901,18 €
Bancadas depósitos	1	1.575,00 €	1.575,00 €
Bomba SILEN I	2	243,00 €	486,00 €
Bomba SILEN S	1	315,00 €	315,00 €
Bomba SILEN S2	2	438,00 €	876,00 €
Válvula de compuerta manual	16	27,78 €	444,44 €
Válvula de compuerta motorizada - d63	4	181,00 €	724,00 €
Válvula de compuerta motorizada - d32	1	165,00 €	165,00 €
Válvula de 3 vías motorizada	1	297,00 €	297,00 €
Antirretorno	8	11,03 €	88,26 €
Codo 90	40	1,01 €	40,28 €
Tee	14	1,06 €	14,87 €
Reductora diámetro 63-80 mm	2	1,37 €	2,74 €
Manómetro	4	35,25 €	141,00 €
Boya de pera	4	28,18 €	112,72 €
Caudalímetro	1	119,00 €	119,00 €
Reductora de presión	1	137,37 €	137,37 €
Tuberías	N/A	N/A	367,05 €
Precio total			32.255,72 €

Tabla 21: Desglose del presupuesto final para la instalación.

Como se aprecia en la tabla, excluyendo los costes de transporte e instalación, el **precio total del sistema para la línea de lavado sería de 32.255,72 €.**

3.2. Objetivos de ahorro

Vegetales Línea Verde cuenta ya con la solución del acuerdo de colaboración entre *Greentech* y *Geodesic* en sus equipos de refrigeración, y como se ha visto con este proyecto lo que pretenden es aplicar la técnica de electroporación y oxidación avanzada, combinada con un filtrado con perlita y una desinfección por ultravioleta, a gran escala en su planta de Tudela para lavar y desinfectar vegetales que posteriormente envasan y proveen a grandes cadenas de comercialización y distribución como pueden ser Lidl o Mercadona.

Con el precedente de su instalación en los equipos de refrigeración, la planta de Tudela lleva seis meses sin aplicar agentes químicos desinfectantes, además de haber reducido en un 60% el consumo de agua en estos quipos de refrigeración.

Según afirma el CEO de Greentech, Javier López Palacios, en un artículo para el Diario de Navarra: “Estamos muy satisfechos. Vegetales Línea Verde hizo un acto de fe en



nosotros. Somos una empresa joven, con apenas dos años de vida, el sistema es irruptivo y lo importante era que un cliente nos diera la opción de demostrar que la solución tecnológica y nuestro trabajo cumplen los objetivos”⁷.

En el artículo, Javier explica cómo en estos sistemas de refrigeración por agua se combate la legionela a través de productos químicos tales como antiincrustantes, biodispersantes o biocidas, que son los causantes a su vez de que haya que purgar y renovar el agua de manera constante cada cierto tiempo. Como dice Javier: “es como si hubiera un grifo abierto para meter agua y otro para tirarla”.

En Tudela, gracias al sistema de electroporación en los equipos de refrigeración, se ha conseguido prescindir de manera completa de los agentes químicos y ahorrar, como hemos dicho, un 60% del agua que se usaba anteriormente, ya que, al no haber productos de desinfección el agua mantiene mejor su equilibrio, y, por lo tanto, no es necesaria la purga de tanta cantidad de agua.

Con este nuevo proyecto de instalación en la línea de lavado de canónigos, el objetivo de *Geodesic* es que *Línea Verde*, además de ser poseedora de un sistema más novedoso y sostenible por su no utilización de agentes químicos, consiga un ahorro del 30% de sus gastos de operación y mantenimiento, entre los que se incluye intentar conseguir un ahorro del 80% del agua empleada. Según afirma Javier: “El consumo de agua en las líneas de producción es muchísimo mayor al de los equipos de frío. La fábrica puede emplear unos 300.000 litros de agua al día. La reducción de la huella hídrica, el ahorro de agua ahí va a ser enorme”.

⁷ Fuente: <https://www.diariodenavarra.es/noticias/negocios/dn-management/empresas-navarras/2022/01/29/empresa-vegetales-linea-verde-tudela-pionera-agua-productos-quimicos-515515-3380.html>



4. Resumen de ventajas e inconvenientes

Tras el desarrollo de la memoria, el diseño de la instalación y el estudio de costes, en esta sección se va a resumir, de la manera más clara y concisa posible, las ventajas que se han ido viendo durante el desarrollo del trabajo de la instalación del equipo en la línea de lavado. Además, se verán también las posibles desventajas y los puntos a mejorar para conseguir pulir el circuito de reutilización de agua.

En cuanto a las ventajas principales se encuentran:

- Ahorros económicos importantes derivados de la eliminación total de productos químicos para desinfección.
- La disminución de los riesgos laborales en la fábrica, también debido a la no manipulación de químicos en el interior de esta.
- La minimización de la generación de subproductos del cloro, como pueden ser los trihalometanos o los cloratos, que son perjudiciales para los alimentos y, por tanto, para la salud humana.
- La reducción de la huella de carbono, debido de nuevo a la no utilización de productos químicos.
- El ahorro en concepto de tasas por el vertido al medio ambiente de aguas con presencia residual de agentes químicos.
- Ahorro en el coste de horas de mantenimiento al encontrarse la instalación permanentemente monitorizada y controlada por *Geodesic*.
- Control exhaustivo de la instalación gracias al CB-OPCON.
- Ahorro de grandes cantidades de agua, y el impacto que ello tiene en el cuidado del medio ambiente.
- Posibilidad de en un futuro continuar con el desarrollo en otras industrias, como podría ser la industria metalúrgica.

Por otro lado, existen los siguientes inconvenientes:

- Por el momento, no se ha logrado que la “arenilla” de la perlita aguante demasiado tiempo sin colmatarse, por lo que es necesaria su reposición diaria. Una posible solución sería la automatización del proceso de reposición de la perlita.
- Elevado gasto de inversión inicial. Frente a este inconveniente, *Geodesic* lo que plantea a sus clientes es una prueba inicial de 6 meses en los que observar los resultados, y a partir de entonces, negociar el contrato por la utilización del sistema.



5. Conclusiones

Gracias al trabajo, se ha podido profundizar en uno de los proyectos de *Geodesic*, y pese a que el balance del resumen de las ventajas y los inconvenientes es claramente positivo a favor de las ventajas, para finalizar, se ha querido sostener el sentido de la ejecución de este proyecto; ya que, al fin y al cabo, no tendría sentido llevarlo a cabo si el agua para el lavado o los alimentos no cumpliesen con los estándares de desinfección necesarios.

Para ello, *Geodesic* ha llevado a cabo una serie de ensayos con la CNTA (Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria) para determinar si la técnica de higienización que combina la electroporación y la oxidación avanzada con la radiación UV es realmente una forma de sustituir al agente químico normalmente empleado.

El detalle de los resultados del ensayo se recoge en el [Anexo VI](#). A modo de resumen, el informe de la CNTA concluye que “el tratamiento del agua de lavado con los equipos de *Geodesic*, sin aporte de biocida ni ningún otro producto oxidante ni renovación de agua, ha resultado ser efectivo en la reducción microbiana del producto de IV gama (lechuga) sin aportar cloratos al producto por encima de los parámetros establecidos por la legislación vigente.”



6. Bibliografía

Tecnología para la desinfección y conservación del agua, al servicio de la salud y el bienestar de las personas: <http://Geodesic-i.com/>

Importancia del agua en la industria alimentaria. Usos y calidades:

<https://www.traza.net/2021/09/09/importancia-del-agua-en-la-industria-alimentaria/#:~:text=El%20agua%20para%20la%20industria,o%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20hielo>

La industria de alimentos y bebidas deberá mejorar su uso de agua:

<https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/la-industria-de-alimentos-y-bebidas-debera-mejorar-su-uso-de-agua/>

Uso del agua en la industria alimentaria: <https://csaconsultores.com/uso-del-agua-la-industria-alimentaria/>

VEGETALES LINEA VERDE NAVARRA S.A.: <https://vegetaleslineaverde.com/>

La empresa Vegetales Línea Verde de Tudela, pionera en usar agua sin productos químicos: <https://www.diariodenavarra.es/noticias/negocios/dn-management/empresas-navarras/2022/01/29/empresa-vegetales-linea-verde-tudela-pionera-agua-productos-quimicos-515515-3380.html>

Calculadora de caudal en una tubería: <https://www.calcuvio.com/caudal-tuberia>

Calculadora: Dimensionamiento de Tubería para Agua por Velocidad: <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/water-pipe-sizing-velocity.html>

Calculo perdidas de carga en tuberías: <https://www.hydraulic-calculation.com/es/article.php?ID=2>

Cómo elegir la bomba hidráulica más adecuada: <https://www.saltoki.com/blog/como-elegir-bomba-hidraulica>

ESPA: <https://www.espa.com/uk/>

Una Metodología (Adicional) Para el Cálculo de Pérdidas Localizadas: La Longitud Equivalente: <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/una-metodologia-adicional-para-el-calculo-de-perdidas-localizadas-la-longitud-equivalente/>

Parámetros de las bombas centrífugas: <https://pumpsbombas.com/parametros-de-las-bombas-centrifugas/>

Tuberías: <https://mundoriego.es/comprar/tuberias/tuberia-pvc/page/3/>

Objetivos de desarrollo sostenible:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>



PATENTE: “Sistema de desinfección de agua por electroporación”

Longitudes equivalentes para distintos accesorios [2009]:

<https://operaciones1.files.wordpress.com/2009/05/material-parcial.pdf>

Tarifa de precios Netvitc [2018]: [https://fontia.es/wp-](https://fontia.es/wp-content/uploads/2020/02/Hidroten_Tarifa-23_compressed.pdf)

[content/uploads/2020/02/Hidroten_Tarifa-23_compressed.pdf](https://fontia.es/wp-content/uploads/2020/02/Hidroten_Tarifa-23_compressed.pdf)



7. Anexos

7.1. Relación con Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son 17 objetivos aprobados por la ONU en 2015 en la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible. Fueron implementados con la intención de poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas que lo habitan gocen de paz y prosperidad para el año 2030. La agenda cuenta con 17 objetivos, integrados entre ellos, ya que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y medioambiental. Además de esta integración horizontal entre todos los objetivos, para alcanzarlos es necesaria la colaboración de distintas partes: creatividad, conocimientos, tecnología y recursos financieros de toda la sociedad son todos necesarios para conseguir los objetivos en cada contexto.

A continuación, se va a intentar hacer una alineación entre este trabajo y los ODS que más se relacionan con él y de qué manera. De entre todos, los más alineados son: el número **6: agua limpia y saneamiento**; el número **9: industria, innovación e infraestructuras**; el número **12: producción y consumo responsables**; y en menor medida el número **3: salud y bienestar**.

Con relación al sexto ODS, agua limpia y saneamiento. Según datos destacables del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), más del 40% de la población mundial está afectada por problemas relacionados con la escasez de agua, cifra que va en aumento constantemente; el 80% de las aguas residuales provenientes de la actividad humana son vertidas al medioambiente sin ningún tipo de tratamiento; el 70% del agua natural extraída va destinada al consumo para el regadío. Entre otros, estos datos hablan de la importancia que tiene el agua en todos los aspectos de la vida humana y si no revertimos esta situación, se estima que para el año 2050 al menos una de cada cuatro personas tendrá problemas derivados de la escasez de agua. Una de las grandes apuestas para revertir esta situación es el desarrollo de sistemas que ayuden al ahorro y a la reutilización de agua; aquí es donde juega un papel muy importante la tecnología de *Geodesic*, que tiene entre otras ventajas, alta capacidad de reutilización de agua de riego y ahorro de productos químicos a la hora de desinfectar agua.



En cuanto al noveno ODS, la construcción de infraestructuras resilientes, la promoción de la industrialización sostenible y el fomento de la innovación desempeñan un papel fundamental a la hora de permitir un uso eficiente de los recursos, como puede ser el agua. La innovación y el progreso tecnológico son imprescindibles a la hora de descubrir soluciones verdaderamente eficientes para los desafíos medioambientales a los que hacemos frente en la actualidad. Es cierto que a nivel mundial se está haciendo un gran esfuerzo en este ámbito, con inversiones en investigación y desarrollo que representan un porcentaje del PIB que va aumentando progresivamente; sin embargo, hay un gran margen de mejora sobre todo en regiones en desarrollo. Como uno de los ejemplos de innovación e industrialización sostenible, podemos encontrar *Geodesic*, empresa pionera que ha desarrollado la tecnología más avanzada del mercado para la desinfección y conservación del agua como recurso natural más importante y que en mayor peligro está del mundo.

A continuación, el objetivo número 12, recalca la importancia de la producción y el consumo responsables. Este ODS tiene como finalidad hacer más y mejor con menos, y desvincular el crecimiento económico de la destrucción del medioambiente aumentando la eficiencia de los recursos y promoviendo estilos de vida sostenibles. Según datos destacables de la PNUD relacionados con el agua, el ser humano solo cuenta para sus necesidades con el 0,5% del total de agua del planeta (solo el 3% es fresca y el 2,5% está congelada), más de 1000 millones de personas actualmente no tienen acceso a agua potable y el uso excesivo provoca una escasez temprana. Como recurso natural máspreciado para el ser humano, debemos aprender a gestionar el agua de manera inteligente y eficiente; gracias al sistema desarrollado por *Geodesic*, en algunos de los ámbitos que mayor consumo de agua suponen, estamos más cerca de lograr un consumo responsable. Sin embargo, aún estamos muy lejos de lograrlo, y el ser humano debe seguir invirtiendo para ir acercándonos al objetivo final.

Por último, en menor medida, aprecio un alineamiento con el tercer objetivo: salud y bienestar, que trata de garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades. En el mundo existen muchas enfermedades relacionadas con el consumo de agua en mal estado, esto podría verse mejorado en gran medida con la ayuda de



sistemas de desinfección y de tratamiento de agua para su posterior vertido al medioambiente. Hoy en día, gracias a la tecnología de *Geodesic* se logran buenos índices de desinfección y reutilización de grandes volúmenes de agua en toda España.

Por concluir, la propuesta de *Geodesic* podría seguir relacionándose con muchos otros ODS, ya que representa una gran innovación en el ámbito general del agua, que, al tratarse del recurso natural más importante para el hombre, afecta directamente a innumerables situaciones relacionadas con la calidad de vida humana.

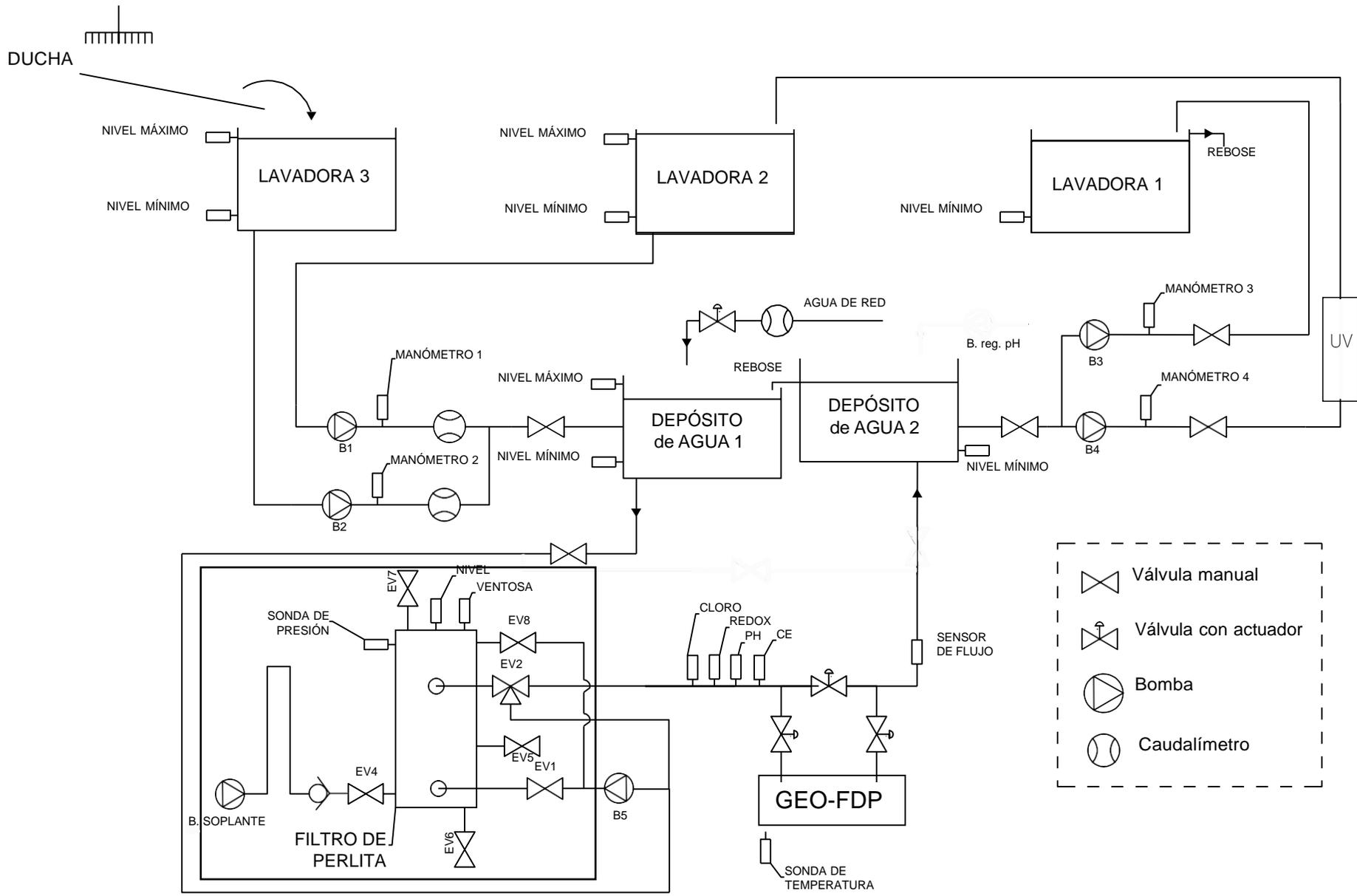


7.2. Material de apoyo

<i>Anexo I. Esquema idea diseño</i>	<i>1</i>
<i>Anexo II. Plano 2D de la nave de Línea Verde.....</i>	<i>3</i>
<i>Anexo III. Información sobre las dimensiones de los equipos principales.....</i>	<i>6</i>
<i>Anexo IV. Ficha técnica del filtro de perlita.....</i>	<i>9</i>
<i>Anexo V. Ficha técnica de la lámpara de luz ultravioleta.....</i>	<i>23</i>
<i>Anexo VI. Informe de la CNTA.....</i>	<i>56</i>

Anexo I.

Esquema idea diseño



Válvula manual
 Válvula con actuador
 Bomba
 Caudalímetro



TÍTULO PLANO: ELECTROPORACIÓN GEO-FDP - AGUA DE LAVADO
 TÍTULO PROYECTO: Esquemas hidráulicos GEO-FPD - INDUSTRIA ALIMENTARIA

EMPRESA: GEODESIC INNOVATIONS
 CLIENTE: VEGETALES LÍNEA VERDE

AUTOR/A: Inés Castillo Santamaría
 FECHA: 24/11/2021

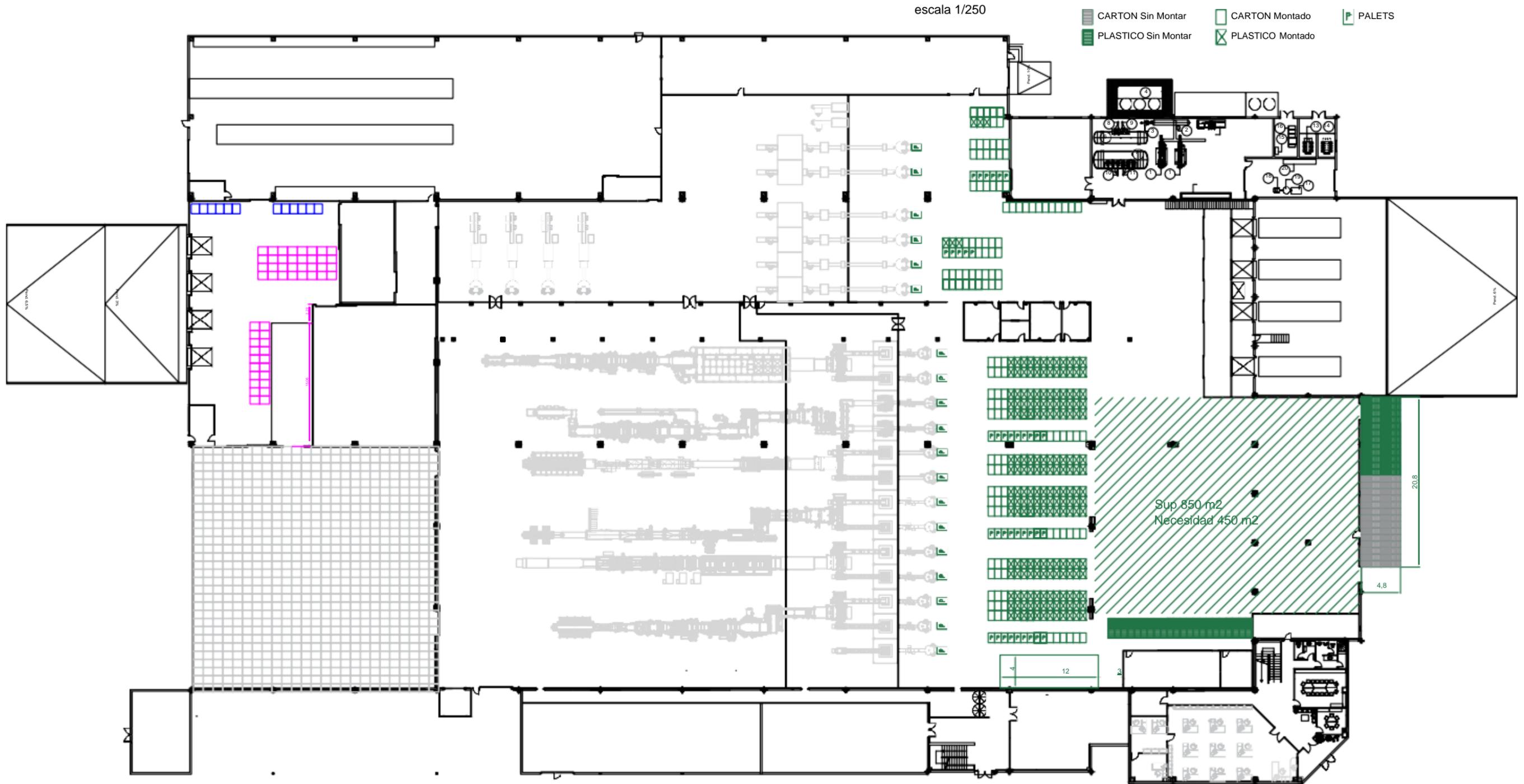
ESCALA: NO PROCEDE
 HOJA: 1/1

Anexo II.

Plano 2D de la nave de *Línea Verde*

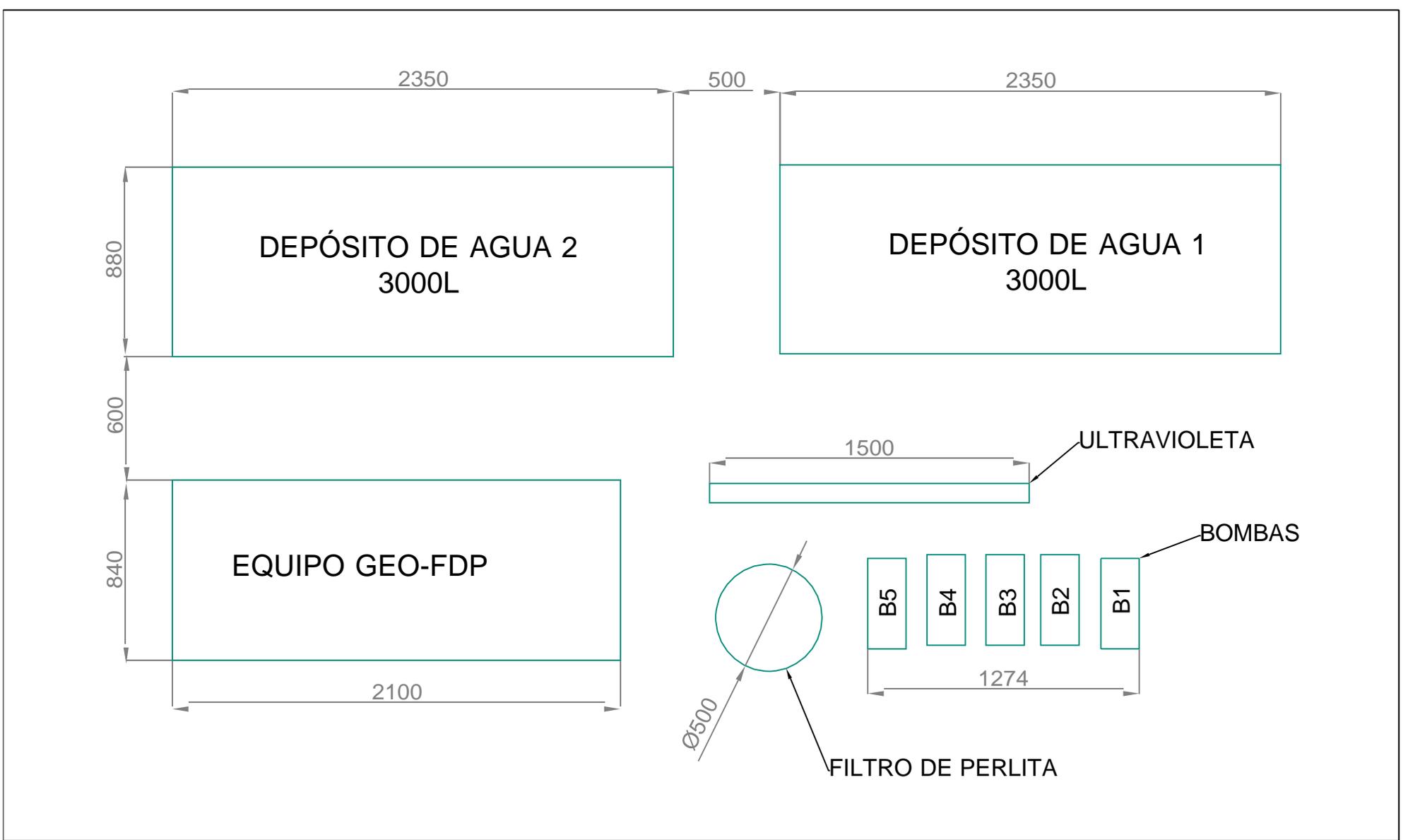
Propuesta Planta VLV

escala 1/500



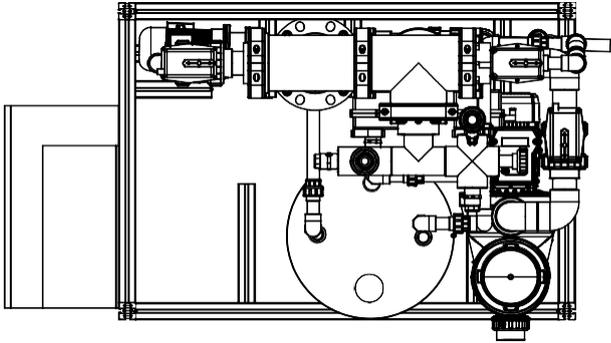
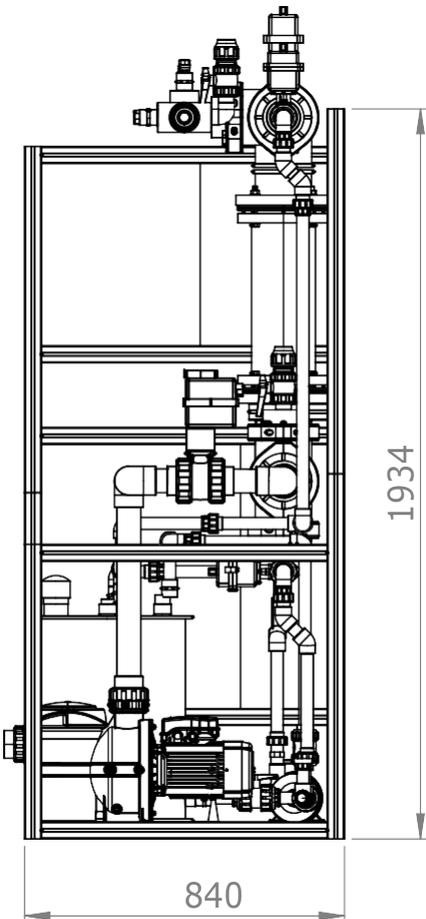
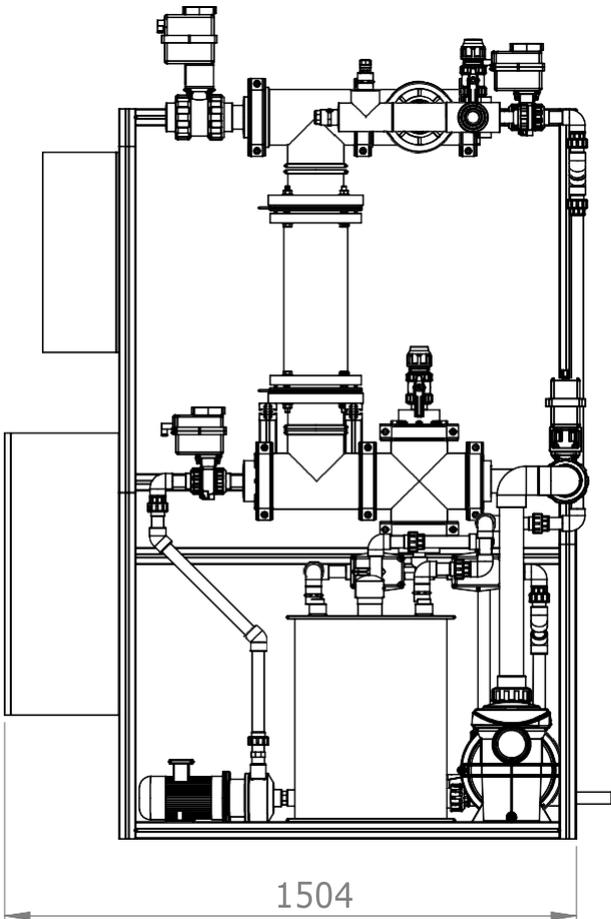
Anexo III.

Información sobre las dimensiones de los equipos principales



	TÍTULO PLANO: ELECTROPORACIÓN GEO-FDP - Vista en planta acotada	EMPRESA: GEODESIC INNOVATIONS	AUTOR/A: Inés Castillo Santamaría	ESCALA: 1:25
	TÍTULO PROYECTO: Esquemas hidráulicos GEO-FPD - INDUSTRIA ALIMENTARIA	CLIENTE: VEGETALES LÍNEA VERDE	FECHA: 26/04/2022	HOJA: 1/1

Equipo C01_ST: Vistas y ubicación de los tramos



Anexo IV.

Ficha técnica del filtro de perlita

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

EUOPERL 450

Versión 4.0

Fecha de impresión 11.12.2018

Fecha de revisión/válida desde 21.11.2018

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto

Nombre comercial : EUOPERL 450
Nombre de la sustancia : Perlita expandida
No. CAS : 93763-70-3

1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso de la sustancia/mezcla : Filtración, Industria química en general

Usos desaconsejados : Actualmente no tenemos usos desaconsejados identificados

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía : BRENNTAG Química, S.A.U.
Políg. Ind. La Isla
C/ Torre de los Herberos 10
ES 41703 DOS HERMANAS (Sevilla)
Teléfono : +34 954 919 400
Telefax : +34 954 919 443
E-mail de contacto : responsable.msds@brenntag.es
Persona : Dep. de seguridad producto
responsable/emisora

1.4. Teléfono de emergencia

Teléfono de emergencia : Emergencias por intoxicación y emergencias de transporte:
Teléfono: +34 902 104 104
Servicio disponible las 24 horas

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación de acuerdo al Reglamento (CE) Nº 1272/2008

El producto no está clasificado como peligroso de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

EUOPERL 450

Efectos adversos más importantes

- Salud humana : Ver sección 11 para información toxicológica.
- Peligros físicos y químicos : Ver sección 9/10 para información físico-química.
- Efectos potenciales para el medio ambiente : Ver sección 12 para información relativa al medio ambiente.

2.2. Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo al Reglamento (CE) Nº 1272/2008

El producto no está clasificado como peligroso de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

2.3. Otros peligros

Ver sección 12.5 para los resultados de la evaluación PBT y vPvB.
El producto no necesita ser etiquetado de acuerdo con las directivas de la Comunidad Europea ó las respectivas leyes nacionales.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1. Sustancias

Componente no peligroso

Nombre químico	Número de identificación	Cantidad (%)
Perlita expandida	No. CAS : 93763-70-3	<= 100

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1. Descripción de los primeros auxilios

- Recomendaciones generales : Quítese inmediatamente la ropa contaminada.
- Si es inhalado : Trasladarse a un espacio abierto. Beber agua para limpiar la garganta y sonar la nariz para evacuar el polvo.
- En caso de contacto con la piel : Lávese inmediatamente con jabón y agua abundante.
- En caso de contacto con los ojos : Enjuagar cuidadosamente con abundante agua, también debajo de los párpados. Si persiste la irritación de los ojos,

EUOPERL 450

	consultar a un especialista.
Por ingestión	: Lavar la boca con agua y después beber agua abundante. Consulte al médico.
4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados	
Síntomas	: Ver la Sección 11 para obtener información más detallada sobre los efectos de salud y síntomas.
Efectos	: Ver la Sección 11 para obtener información más detallada sobre los efectos de salud y síntomas.
4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente	
Tratamiento	: Tratar sintomáticamente. Sin información suplementaria disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**5.1. Medios de extinción**

Medios de extinción apropiados	: Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores. El producto no arde por si mismo.
Medios de extinción no apropiados	: No hay información disponible.

5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Peligros específicos en la lucha contra incendios	: La combustión incompleta puede producir productos tóxicos de la pirólisis.
---	--

5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios	: En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo. Llevar equipo de protección individual. Elegir el equipo protector según la magnitud del incendio.
Consejos adicionales	: Sin información suplementaria disponible.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Precauciones personales	: Utilícese equipo de protección individual. Mantener alejadas a las personas de la zona de fuga y en sentido opuesto al viento. Suministrar ventilación adecuada. Evite la formación de polvo. Aspirar el polvo derramado con un equipo provisto de un filtro Hepa.
-------------------------	--

EUROPERL 450

6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

Precauciones relativas al medio ambiente : No verter en aguas superficiales o en el sistema de alcantarillado.

6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

Métodos y material de contención y de limpieza : Asegúrese una ventilación apropiada. Utilícese equipo mecánico de manipulación. Recoger con un supresor de polvo, como agua. Evite la formación de polvo. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

Otros datos :

6.4. Referencia a otras secciones

Equipo de protección individual, ver sección 8.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1. Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura : Evite la formación de polvo. Proveer una extracción apropiada y recogida de polvo en la maquinaria.

Medidas de higiene : Quítese inmediatamente la ropa contaminada. No respirar el polvo o la niebla de pulverización. No fumar, no comer ni beber durante el trabajo. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes : No se requieren condiciones especiales de almacenamiento. Almacénese perfectamente cerrado en un lugar seco y fresco.

Información complementaria sobre las condiciones de almacenamiento : Reacondicionar los sacos rotos inmediatamente.

7.3. Usos específicos finales

Usos específicos : No hay información disponible.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1. Parámetros de control

Otros valores límites de exposición profesional

Información : No contiene sustancias con valores límites de exposición

EUOPERL 450

(adicional) profesional.

Componente: Perlita expandida **No. CAS 93763-70-3****Otros valores límites de exposición profesional**

España. OEL, Media ponderada en el tiempo (TWA);, Parte (fracción) respirable.
3 mg/m³

Valor referido a materia particulada libre de asbestos y < 1 % de sílice cristalina.

España. OEL, Media ponderada en el tiempo (TWA);, Parte (fracción) inhalable.
10 mg/m³

Valor referido a materia particulada libre de asbestos y < 1 % de sílice cristalina.

8.2. Controles de la exposición**Controles técnicos apropiados**

Consultar las medidas de protección en las listas de las secciones 7 y 8.

Protección personal*Protección respiratoria*

Consejos : Utilizar una mascarilla respiratoria homologada tipo 3 según norma EN 149.

Protección de las manos

Consejos : Úsese guantes adecuados.
Elegir el material del guante según el tiempo de penetración, la velocidad de difusión y la degradación.
El material del guante deberá ser impermeable y resistente al producto / a la sustancia / al preparado.
La elección del guante adecuado no dependerá únicamente del material sino también de su calidad, habiendo diferencias entre fabricantes.
Deben tenerse en cuenta los tiempos de resistencia a la penetración dados por el fabricante de los guantes de seguridad.

Protección de los ojos

Consejos : Gafas protectoras con cubiertas laterales

Protección de la piel y del cuerpo

Consejos : Utilizar indumentaria protectora adecuada.

Medidas de protección

Consejos : Limpiar el polvo mediante succión, ni barrer ni utilizar aire comprimido.

Controles de exposición medioambiental

EUOPERL 450

Recomendaciones generales : No verter en aguas superficiales o en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	: polvo
Color	: blanco
Olor	: inodoro
Umbral olfativo	: sin datos disponibles
pH	: sin datos disponibles
Punto de congelación	: sin datos disponibles
Punto de ebullición	: sin datos disponibles
Punto de inflamación	: No aplicable
Tasa de evaporación	: sin datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	: sin datos disponibles
Límite superior de explosividad	: sin datos disponibles
Límites inferior de explosividad	: sin datos disponibles
Presión de vapor	: sin datos disponibles
Densidad relativa del vapor	: sin datos disponibles
Densidad relativa	: sin datos disponibles
Solubilidad en agua	: insoluble
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	: sin datos disponibles
Temperatura de auto-inflamación	: sin datos disponibles
Descomposición térmica	: sin datos disponibles
Viscosidad, dinámica	: sin datos disponibles
Explosividad	: sin datos disponibles
Propiedades comburentes	: sin datos disponibles

9.2. Otra información

EUOPERL 450

Sin información suplementaria disponible.

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad**10.1. Reactividad**

Consejos : No hay información disponible.

10.2. Estabilidad químicaConsejos : No se descompone si se almacena y aplica como se indica.
Sin información suplementaria disponible.**10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas**

Reacciones peligrosas : No hay información disponible.

10.4. Condiciones que deben evitarse

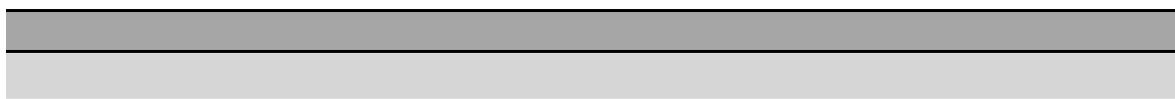
Condiciones que deben evitarse : Ninguna dentro de los usos previstos. Estable en condiciones normales.

10.5. Materiales incompatibles

Materias que deben evitarse : Ácido fluorhídrico

10.6. Productos de descomposición peligrosos

Productos de descomposición peligrosos : Fluoruro de hidrógeno (HF) gaseoso.

SECCIÓN 11. Información toxicológica**11.1. Información sobre los efectos toxicológicos****Oral**

	Sin peligros a mencionar especialmente.
--	---

Inhalación

	El polvo puede irritar el sistema respiratorio.
--	---

Irritación**Piel**

	Resultado : La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
--	---

EUOPERL 450**Ojos**

|| Resultado : El contacto con los ojos puede provocar irritación.

Componente: Perlita expandida No. CAS 93763-70-3

Toxicidad aguda**Oral**

|| DL50 : 12900 mg/kg (Ratón)

Inhalación

|| sin datos disponibles

Cutáneo

|| sin datos disponibles

Irritación**Piel**

|| Resultado : El contacto prolongado con la piel puede producir irritación de la piel y/o dermatitis.

Ojos

|| Resultado : No irrita los ojos

Sensibilización

|| Resultado : sin datos disponibles

Toxicidad específica de órganos**Exposición única**

|| Observaciones : sin datos disponibles

Exposición repetida

|| Observaciones : sin datos disponibles

SECCIÓN 12. Información ecológica**12.1. Toxicidad**

EUOPERL 450

Componente:	Perlita expandida	No. CAS 93763-70-3
--------------------	--------------------------	---------------------------

Toxicidad aguda		
------------------------	--	--

Pez		
------------	--	--

|| : sin datos disponibles

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos		
---	--	--

|| : sin datos disponibles

alga		
-------------	--	--

|| : sin datos disponibles

12.2. Persistencia y degradabilidad

Datos para el producto		
-------------------------------	--	--

Persistencia y degradabilidad		
--------------------------------------	--	--

Biodegradabilidad		
--------------------------	--	--

|| Resultado : No biodegradable.

Componente:	Perlita expandida	No. CAS 93763-70-3
--------------------	--------------------------	---------------------------

Persistencia y degradabilidad		
--------------------------------------	--	--

Biodegradabilidad		
--------------------------	--	--

|| Resultado : No es biodegradable.

12.3. Potencial de bioacumulación

Datos para el producto		
-------------------------------	--	--

Bioacumulación		
-----------------------	--	--

|| Resultado : No se espera bioacumulación.

Componente:	Perlita expandida	No. CAS 93763-70-3
--------------------	--------------------------	---------------------------

Bioacumulación		
-----------------------	--	--

|| Resultado : No debe bioacumularse.

EUOPERL 450**12.4. Movilidad en el suelo****12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB**

Resultado : Esta sustancia no se considera que sea muy persistente ni muy bioacumulativa (vPvB)., Esta sustancia no se considera que sea persistente, bioacumulable ni tóxica (PBT).

12.6. Otros efectos adversos

Resultado : Evitar toda contaminación en gran escala de suelo y agua. No se debe permitir que el producto penetre en los desagües, tuberías, o la tierra (suelos).

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación**13.1. Métodos para el tratamiento de residuos**

Producto : La eliminación con los desechos normales no está permitida. Una eliminación especial es exigida de acuerdo con las reglamentaciones locales. No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Eliminar como un desecho especial de acuerdo con las regulaciones locales y nacionales.

Envases contaminados : De conformidad con las regulaciones locales y nacionales. Eliminar como producto no usado.

Número de Catálogo Europeo de Desechos : La asignación del código según la Lista Europea de Residuos se realizará en función del uso que se haga del producto.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Mercancía no peligrosa para ADR, RID, IMDG e IATA.

14.1. Número ONU

No aplicable.

EUROPERL 450

14.2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

No aplicable.

14.3. Clase(s) de peligro para el transporte

No aplicable.

14.4. Grupo de embalaje

No aplicable.

14.5. Peligros para el medio ambiente

No aplicable.

14.6. Precauciones particulares para los usuarios

No aplicable.

14.7. Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC

IMDG : No aplicable.

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Estatuto de notificación

Perlita expandida:

Lista Reguladora	Notificación	Número de notificación
AICS	SI	
DSL	SI	
INV (CN)	SI	
KECI (KR)	SI	KE-05-0978
PICCS (PH)	SI	
IECSC	SI	

15.2. Evaluación de la seguridad química

sin datos disponibles

SECCIÓN 16. Otra información

Abreviaturas y acrónimos

EUOPERL 450

NOAEC

concentración sin efecto adverso observado NOAEL

nivel sin efecto adverso observado NOEC

concentración sin efecto observado NOEL

nivel sin efecto observado OCDE

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos LEP

valor límite de exposición profesional PBT

persistente, bioacumulable y tóxico N° autor. REACH

Número de autorización REACH REACH AuthAppC. No.

Número de consulta de solicitud de autorización REACH PNEC

concentración prevista sin efecto STOT

toxicidad específica para determinados órganos SVHC

sustancia extremadamente preocupante UVCB

sustancia de composición desconocida o variable, productos de reacción compleja y materiales biológicos mPmB

muy persistente y muy bioacumulable

FBC factor de bioconcentración

DBO demanda bioquímica de oxígeno

CAS Chemical Abstracts Service

CLP clasificación, etiquetado y envasado

CMR carcinógeno, mutágeno o tóxico para la reproducción

DQO demanda química de oxígeno

DNEL nivel sin efecto derivado

EINECS Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas

ELINCS Lista europea de sustancias químicas notificadas

SGA Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos

EUOPERL 450

CL50	concentración letal media
LOAEC	concentración más baja con efecto adverso observado
LOAEL	nivel más bajo con efecto adverso observado
LOEL	nivel con efecto mínimo observado
NLP	ex-polímero
Otros datos	
Las principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos.	: Información de proveedor y datos de la "Base de datos de sustancias registradas" de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) fueron empleados para elaborar esta ficha de datos de seguridad.
Métodos usados para la clasificación	: La clasificación para la salud humana, peligros físicos y químicos y peligros medioambientales se derivan de una combinación de métodos de cálculo y de datos de análisis si están disponibles.
Indicaciones para formación	: Los trabajadores tienen que ser formados regularmente en la manipulación segura de los productos, en base a la información proporcionada en la hoja de datos de seguridad y en las condiciones locales del lugar de trabajo. Deben cumplirse las normativas nacionales de formación de los trabajadores en manipulación de materias peligrosas.
Otra información	: La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad, es la más correcta de que disponemos a la fecha de su publicación. La información suministrada, está concebida solamente como una guía para la seguridad en el manejo, uso, procesado, almacenamiento, transporte, eliminación y descarga, y no debe ser considerada como una garantía o especificación de calidad. La información se refiere únicamente al material especificado, y no puede ser válida para dicho material, usado en combinación con otros materiales o en cualquier proceso, a menos que sea indicado en el texto. Restringido a usos profesionales. Atención - Evítese la exposición - Recábense instrucciones especiales antes del uso.

|| Indica la sección actualizada.

Anexo V.

Ficha técnica de la lámpara de luz ultravioleta

Assembly and operating instructions

UV-Systems included:

MR1-75 SS

MR1-75 PP

MR1-75 PE

MR1-220 SS

MR1-220 PP

MR1-220 PE

MR1-200 SS TOC

Please carefully read this manual before attempting to install UV system. Keep this manual in a safe place for future reference.

The operator shall be liable for any damage caused by installation or operating errors!
Technical changes reserved.

ULTRAAQUA
WWW.ULTRAAQUA.COM



Copyright

All rights reserved. The rights for this manual are owned by ULTRAAQUA, and are protected by copyright laws and international treaty provisions. You may not remove the copyright notice from any copy of the written materials.

No part of this manual may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, or otherwise, without the prior written permission of ULTRAAQUA. You may make one archival copy of this manual, if you reproduce the copyright notice.

Publication number: MR Manual DELTA Version: 2016-10

Note:

Although every effort has been made to ensure that this manual provides up-to-date information, please note that ULTRAAQUA UV-specifications are subject to change without notice. ULTRAAQUA shall not be liable for the accuracy of any information provided by third party technical support personnel, or any damage caused, either directly or indirectly, by acts taken or omissions made by you because of such technical support.

© Copyright ULTRAAQUA 2016.

Ultraaqua A/S
Tarmvej 7
DK-9220 Aalborg
Denmark

Email: ultraaqua@ultraaqua.com
Website: www.ultraaqua.com

1. Safety information



IMPORTANT!

This UV-system is equipped with an extremely powerful UV-lamp. It will also be harmful to your health. Do not expose eyes or skin to direct radiation.

Never look directly into the light source.



IMPORTANT!

To avoid fire, electric shock and personal injury do not expose electric parts to rain or moist

In case of forced cooling by cabinet fan, saline aerosols in surrounding air will destroy control unit components and void warranty

Always observe the safety regulations applicable in your country to reduce the risk of fire, electric shock and personal injury.

- Warning: Protect against electric shock.
- Read all safety instructions before attempting to operate this product.
- The unit must be connected to a grounded main outlet.
- Unplug the product before servicing and when cleaning.
- Place the unit on a strong, stable surface.
- Do not install the unit within an area subject to traffic. The power cables are sensitive and might be damaged.
- Do not dismantle the electronic box. Dismantling the box or modifying the connections inside the box may result in electric shock or burn.
- Call for service if needed.
- Ultraviolet light can be very harmful to your health. Do not expose your eyes or skin to direct radiation for longer periods of time. Never look directly into the light source.
- Only operate the UV lamp when it is fully fitted and installed.
- Place UV-warning label on the outer surface of the reactor top. Make sure it is clearly visible.
- The UV-unit must be emptied for water when installing the quartz sleeves. Otherwise the water pressure will force the tubes upwards.
- Before servicing, turn off the power supply to the UV.
- Before servicing eliminate hydraulic pressure by switching off pumps, closing relevant valves and finally open drain valve on reactor. Otherwise water pressure may force the quartz sleeves upwards during dismantling.
- Do not exceed specified rated water pressure.
- The electronic box should be held locked and only opened by qualified personnel.
- The UV-unit must be turned off if the water flow is stopped for more than five minutes to avoid unintended overheating.
- The power supply for the unit should be protected by PFI
- Ambient temperatures and surrounding air quality should be considered, please read "Mounting Control Box".
- The operator is liable for damage caused by installation and operating errors!
- The system may only be used in accordance with the technical data and specifications outlined in the operating instructions!
- Any other use or modification of the system is prohibited.
- The system may only be operated by trained and authorized personnel!
- It is essential that the information in the operating instructions relating to the unit's service life is observed!
- The system is intended solely for the treatment of water.
- In the event of an emergency disconnect from the mains power supply.



IMPORTANT!

Accumulation of solids or air in reactor chamber will reduce efficiency!



IMPORTANT!

All closed reactors must be installed in such a way that air can't accumulate. Install with continuous air bleeding.



IMPORTANT!

To protect against overheating this UV-unit is installed with automatic lamp switch-off mechanism for water flows less than 100 L/hour.

TEST BEFORE START OF OPERATION!

Contents

1.	Safety information	3
2.	Introduction	7
2.1.	Initial checking of the system	7
3.	Function	8
3.1.	Disinfection principle	8
3.2.	UV dose.....	8
3.3.	Information in the event of an emergency.....	8
4.	Installation of reactor	9
4.1.	Installation location.....	9
4.2.	Reactor installation.....	9
4.3.	Reactor temperature control (MR1-220SS, MR1-220PP).....	10
4.4.	Quartz sleeves and UV-lamps	11
4.5.	Quartz sleeve, new systems	12
4.6.	Quartz sleeve, used systems	12
4.7.	UV-lamps.....	12
5.	Installing control cabinet	12
5.1.	Alarm and running signal output	13
5.2.	Input for external control	13
6.	Control box.....	14
6.1.	Start up.....	14
6.2.	Display colors	15
6.3.	Panel keys.....	16
6.4.	Control box settings	17
7.	Optional UV sensor.....	20
7.1.	UV-sensor replacement or retrofitting with UV-sensor (stainless steel and PTFE type UV-sensors). 20	
7.2.	Sensor failures and calibration.....	21
8.	Maintenance	21
8.1.	Daily	22
8.2.	Every Three Months	22
8.3.	Every Year.....	22
9.	Faults	23
9.1.	Lamp faults.....	23
9.2.	Removal of glass and broken lamps from a closed reactor	23
9.3.	Reactor and control box temperature problems.....	24
9.4.	Control box faults	24
9.5.	Condensation	24
10.	Faults	25
10.1.	Control box alarm messages with alarm output (alarm relay)	25
10.2.	Control panel messages - no output	26
10.3.	Poor disinfection performance	26
10.4.	Reactor faults	26
10.5.	Lamp faults.....	26
10.6.	Quartz sleeve faults.....	27
10.7.	UV sensor faults	27
10.8.	Control box faults	27
11.	EU Declaration of Conformity	28
12.	Wiring diagram	29
12.1.	External output - potential free relay	30
13.	Installation check list	31

2. Introduction

We thank you for choosing the world's most efficient UV-system. Design and dimensioning have been based upon numerous tests, screening of every relevant scientific publication and lots of experiences from several hundred ULTRAAQUA UV-systems installed worldwide.

This manual explains the precautions, specifications, installation and operation of your ULTRAAQUA UV equipment. Please read through this manual, as it will help you get the most out of your new ULTRAAQUA UV.

2.1. Initial checking of the system

Unpack your ULTRAAQUA UV-system. Make sure all components are free from damages. Take pictures and contact your distributor immediately if damages are observed.

Please use the installation check list (last page in this manual) when installing the system.

3. Function

3.1. Disinfection principle

This UV system utilizes the short wavelength of UV that is harmful to microorganisms. It is effective in destroying the nucleic acids in these organisms so that their DNA is disrupted by the UV radiation. This removes their reproductive capabilities and kills them. As long as permissible flow rates are not exceeded this system creates a deadly effect on micro-organisms such as pathogens, viruses and molds that are found in aqueous environments.

Larger particles, such as flocs of bacteria, must be disintegrated or removed by direct filtration before UV radiation.

If in doubt, please contact your distributor regarding required pre-filtration and recommended max flow rate for your application.

All ULTRAAQUA systems are supplied fully wired and factory tested before shipping. Installation is simple, but if questions arise, please do not hesitate to contact ULTRAAQUA (www.ultraaqua.com) or your distributor. The water to be treated flows through the reactor chamber past the UV lamps. The UV radiation inactivates the microorganisms.

The low pressure high output UV lamps generate a very high level of UV radiation, which is particularly effective for the treatment of water. The UV lamp is located in a lamp protection sleeve made of high-grade quartz.

The reactor is hydraulically optimized to get an even distribution of irradiation to the flow of water.

3.2. UV dose

If water transmittance, UVT, and water flow rate is as specified in the design and sizing phase and if proper maintenance is performed, UV-dose will be as calculated.

However, an optional UV intensity sensor will help monitoring UV-system performance.

The UV-sensor continuously monitors lamp output. It is positioned in the reactor wall. Monitored irradiance is therefore strongly influenced by water transmittance.

- Please note that following ignition, the UV lamps need a few minutes until they reach operating temperature!

All main alarms will cause the system to go into alarm state.

The UV lamp is continuously monitored to ensure that it operate optimally. If the UV lamp fails, the system will go into fault mode.

3.3. Information in the event of an emergency

In the event of an emergency disconnect from the mains power supply.

4. Installation of reactor

4.1. Installation location

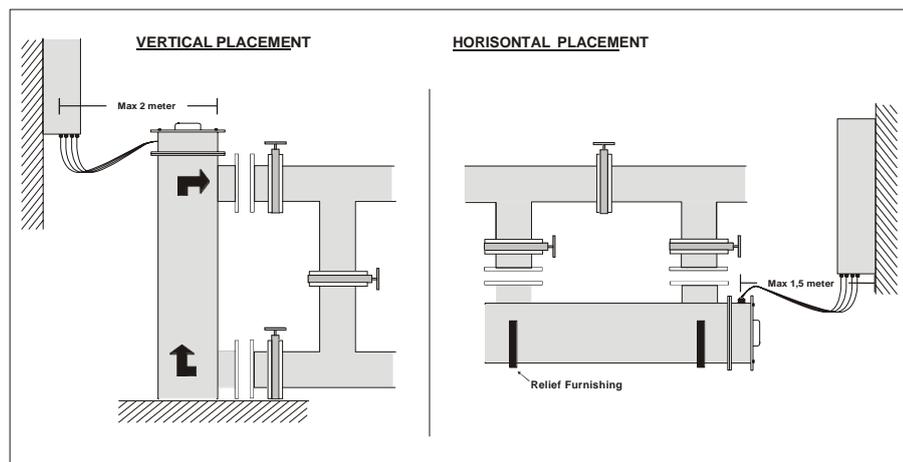
Make sure that:

- There is space for service work. Make sure it is possible to remove and re-install UV-lamps and quartz sleeves.
- Air can't accumulate in closed reactors
- The installation location is dry and frost-free
- The protection of the UV system from chemicals, dyes and vapour is guaranteed
- The ambient temperature and the radiation temperature in the direct vicinity of the system may not exceed 40 °C
- Control box is protected against exposure to direct sunlight and rain.

4.2. Reactor installation

It is recommended to install the unit horizontally with inlet/outlet connections pointing upwards. This is to avoid accumulation of air in the reactor. Always check that air does not accumulate as a result of up- or downstream piping layout.

At vertical installation, choose upper connection for outlet.



In vertical installation reactors always requires continuous air bleeding. If possible, water from air bleeding can be guided back to an open reservoir upstream pump.

In horizontal installations, if inlets/outlets are pointing downwards, drainage valve can be used for continuous air bleeding. New drainage valve mounted in connecting pipe is then required. If inlet/outlets are pointing upwards in the horizontal installation, air bleeding is not necessary unless examination of downstream pipeline reveals that air may accumulate in UV-reactor.

Make sure that:

- Reactor chamber can be emptied for service work
- UV-lamp and quartz-sleeve can be replaced.
- Necessary precautions are taken in the event of flooding due to quartz sleeve breakage.

Reactor chamber must be properly supported to avoid possible vibration during operation.

Use UV-resistant materials for up and down stream piping. If PVC is used, it is highly likely that the PVC will discolour and may become brittle in the area of the connection.

Provide valves upstream and downstream of the radiation chamber to shut off the reactor for maintenance work and consider installing valves upstream and downstream of the reactor to allow for microbiological sampling.

The supplied self-adhesive warning labels should be attached to the radiation chamber so that they are clearly visible.

Stainless steel reactors must be grounded properly. Mount earth grounding cable on the reactor using provided M6 bolt and anti-reverse washer (only steel reactors).

It is strongly recommended that the UV-system is pressure tested before UV-lamps are installed and that temperature protection has been tested.

UV-reactors are supplied with pre-installed quartz sleeves. Sleeves are closed with a red plug. Do not remove this plug before the UV-lamp is installed and cable plug is in place. Even in environments with relatively low humidity, there is a risk of condensation in quartz sleeves. This must be avoided since accumulation of condensed water in the quartz sleeve will reduce UV-lamp efficiency and shorten lamp life time.



Note!

Make sure that air or dirt do not accumulate on the optional UV-sensor. This will strongly affect sensor readings. It is advisable not to install the reactor in such a way that the UV-sensor will be in vertical position, neither upwards nor downwards.

4.3. Reactor temperature control (MR1-220SS, MR1-220PP)

The temperature sensor must be mounted in the reactor top plate. Remember, to tighten sensor connections firmly.

To avoid heat damage, the unit will automatically shut down down if temperature exceeds recommended limit (factory setting is 35 °C). Automatic start-up will begin, when the temperature has fallen app. 5 °C (only if automatic restart after alarm has been enabled in the setup menu, see control chapter).

Please note that vital parts or the complete reactor will be destroyed if the UV-system is operated with an air-filled reactor. As soon as max reactor temperature is exceeded (35°C), an alarm signal is displayed, and the system turns off automatically. If auto startup after alarm has been enabled, the system will automatically start up after reactor temperature has decreased to 30°C.

It is advisable to set temperature pre- and main alarm levels as low as possible to reduce problems related to high temperature events.

It is very important that the temperature sensor cable gland is firmly tightened to make sure that the sensor is positioned in the bottom of the temperature measuring well.



Temperature sensor, SS reactors.



Temperature sensor, PP reactors.

4.4. Quartz sleeves and UV-lamps



IMPORTANT!

Always depressurize reactor before commencing service work. There is a risk of serious injuries. Quartz sleeve or pieces of broken quartz sleeve can be blown out of the reactor.

IMPORTANT!

Always use cut-protection gloves when handling quartz sleeves.

IMPORTANT!

Quartz sleeve hand grip nut must be re-tightened after 2-4 weeks of operation!

IMPORTANT!

To protect the bottom of the quartz sleeve, supplied 24 mm silicon ball must be inserted before UV-lamp. For TOC models, supplied metal spring and washer must be inserted before UV-lamp.

IMPORTANT!

UV radiation is very harmful to the eyes and skin. There is a risk of serious injuries. Only operate the UV lamp when hand grip nut cable plug is in position.

4.5. Quartz sleeve, new systems

UV-reactors are supplied with pre-installed quartz sleeves. Please check that quartz sleeves are in good condition and that the hand grip nut is firmly tightened. Check also that there is a black silicon ball in each quartz sleeve. This is to protect the quartz dome when the UV-lamp is inserted.

4.6. Quartz sleeve, used systems

Remove ½" plug and use a torch light. Gently insert the quartz sleeve through the top hole and into the bottom steer. A light downward pressure is required.

IMPORTANT!

The sleeve must be inserted into the bottom steer. It will easily break if not correctly installed!

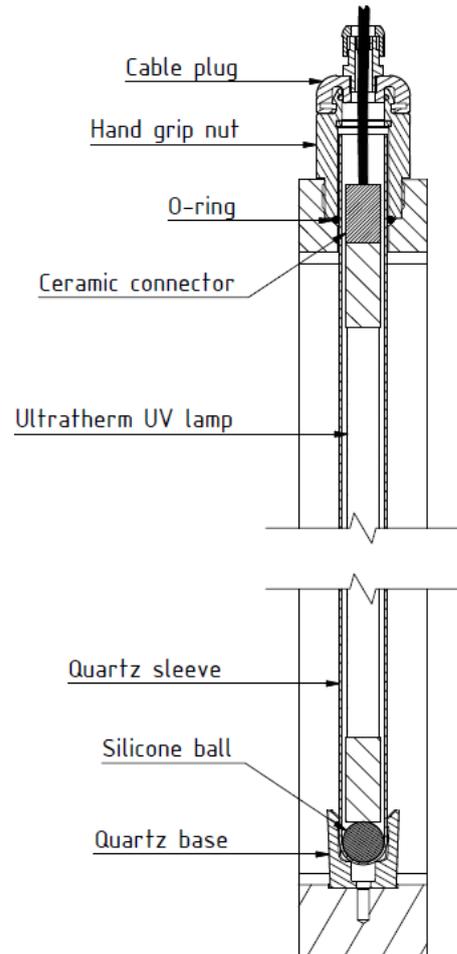
Grease quartz sleeve O-ring with a small amount of pure silicon grease. Tighten the nut firmly by hand only.

4.7. UV-lamps

Make sure the silicon ball is in place in the quartz sleeve before inserting the UV-lamp. Insert without touching the UV-lamp with your bare hands. Use paper or gloves. Before the lamp is fully inserted, connect the cable to the lamp. Make sure the cable gland is tightened firmly.

If necessary, the lamp is best cleaned with a cloth soaked in methylated spirit.

When reinstalling the UV-lamp it is important to make sure that the lamp wires (connecting far end with connection end) are positioned so that they don't block UV-light in the direction of the UV-sensor (optional).



5. Installing control cabinet

An authorized electrical engineer must carry out the electrical installation. Follow generally applicable guidelines and local installation regulations. Only carry out installation work on the UV system if it is disconnected from the mains power supply.

The control box should be fitted to the wall or a suitable frame in such a way that UV lamp, temperature sensor and the optional UV sensor can be connected using the respective cables. The cables can be shortened, but may not be lengthened. Please, contact your distributor if longer cables are needed.

The box needs grounding for safety reasons and stable operation.

The box must be mounted at a dry and cool (max 40°C) place with good ventilation. The box must not be exposed to direct sunlight. It is very important to make sure that the box cooling air inlet and exhaust is free.

Always connect the protective earth conductor to the radiation chamber (steel reactors, only).

Never touch any metal part inside the control box, even if the unit is switched off.

Never operate the control box with open housing or without the housing.

Inside the control box energy storage devices may carry dangerous voltages even if the ballast is already switched off. Wait at least 10 minutes after disconnecting the unit from line voltage before starting any service actions.



IMPORTANT!

To avoid fire, electric shock and personal injury do not expose electric parts to rain or moist

Saline aerosols in surrounding air will destroy control unit components and void warranty

5.1. Alarm and running signal output

For external information on system performance two potential free switch over relays should be used (3-pin plug connector inside).

Relay 1 (terminals 17-18-19) will switch over when reactor temperature exceeds set temperature alarm level. Relay mapping can be changed in the setup.

Relay 2 (terminals 20-21-22) will switch over when lamp is running properly and there is no alarms. It will switch back in alarm state or when the lamp is switched off. Possible alarms are:

- High reactor temperature
- High control cabinet temperature
- Lamp fault
- Control box fault
- Low UV intensity (UV sensor is optional)

Resistive load for the relays are: 50-500 mA at 5-60VDC / 24-120VAC

5.2. Input for external control

The UV-lamp will re-ignite when control box is re-powered if UV-lamp was running when power was removed. Therefore, simply controlling power can remotely control lamp ignition.

NOTE!

It is important to avoid too many lamp ignitions as these reduce lamp life time. Please also consider that the lamps need app. 3 min to reach full output.

6. Control box

6.1. Start up

Check the following:

- UV-lamp has been plugged.
- Temperature sensor is connected and in place in the reactor.
- Grounding cable has been mounted on reactor (steel reactors, only)
- Water is flowing and that no water leakage can be observed at the quartz sleeve O-ring.
- Air bleeding of reactor has been installed
- Quartz sleeve is dry inside before start-up. Condensate may develop inside a sleeve when lamp has been turned off for a longer period.



Metal control box

As soon as the unit is connected to mains, the firmware version and the configuration ID are shown for a few moments. Depending on the menu settings the unit will start lamp operation or go to standby mode.

Lamp operation is started by pressing the **ON/OFF** button.

If the unit is in proper operation, "system status OK" is shown on green display.

The status screen then shows the state of important system parameters (temperature, lamp hours, but this may differ depending on the systems configuration). If more data is available, the menu screen can be scrolled via **UP/DOWN**. The first line remains fixed for permanent status information.



Fiberglass reinforced PC control box

6.2. Display colors

When the UV-lamp has been ignited, display will turn steady green if all electrical parameters and temperatures are within acceptable intervals. The control box therefore continuously analyses operational data in order to determine if the UV-system performs correct.

Refer to below table for information on display colors.

Color	Text message
Green lighted	Correct operation "system status OK"
Red lighted	System in standby (lamp off)
Yellow lighted	<p>"System startup" - start up delay is counted down</p> <p>"Restart now?" - manual restart after ballast overheating shutdown can now be performed</p> <p>"Restart no.: *" - system was automatically restarted after overheating shutdown</p> <p>"Replace lamp!" - lamp life time is exceeded</p> <p>Please note! The display is yellow lighted in all menu screens.</p>
Blinking red/yellow	<p>"Lamp error" - lamp defective or disconnected</p> <p>"UV alarm" - UV below defined alarm threshold</p> <p>"Overheating" - system shutdown due to overheating</p>
Blinking green/yellow	<p>"UV pre alarm" - UV below defined pre-alarm threshold</p> <p>"Int./ext. temp. too high" - temperature above pre-alarm level</p> <p>"Lamp lifetime critical" - prepare lamp exchange</p>

6.3. Panel keys

Panel keys are described in

KEY	Function
ON/OFF	Status screen <i>and</i> menu screens: If system is in standby: start lamp operation (system on) If system is on: stop lamp operation (standby)
ENTER	In status screen: Go to <i>main menu</i> In menu screens: Enter selected menu item Changes/entries: Confirm
DOWN	In status screen: Scroll down In menu screens: Select menu item Changes/entries: Scroll through available options and lower numerical values
UP	In status screen: Scroll up In menu screens: Select menu item Changes/entries: Scroll through available options and raise numerical values
L	More items available, scroll downward with <i>DOWN</i>
K	More items available, scroll upside with <i>UP</i>
4	Marks a changeable menu item or parameter Confirm selection with <i>ENTER</i> or alter selection with <i>UP</i> or <i>DOWN</i>
j	Marks a fixed menu item Confirm selection with <i>ENTER</i> or move selection with <i>UP</i> or <i>DOWN</i>
R	Change values with <i>UP</i> or <i>DOWN</i>
	Confirm entry/changes with <i>ENTER</i>

6.4. Control box settings

Note! To change settings may void warranty and/or seriously affect disinfection efficiency. Contact distributor or Ultraaqua if in doubt.

Note! On entering the menu, error messaging is disabled. All signal inputs and outputs, UV monitor as well as optional relay contacts keep their last state while the menu screens are displayed. However, the lamp can be switched via ON/OFF button regardless of the shown menu screen.

Press *ENTER* on the status screen to access system configuration and further system functions.

Depending on the access authorization, the system configuration can be shown only ("show config") or changed ("edit config"). The access to the system configuration should be protected via lock code (factory default: 0001). Please change the default lock code setting to prevent unauthorized entry to system parameters. Please note that changing settings may void warranty and/or seriously affect disinfection efficiency.

Exit	Back to status screen
Show config	List all system parameters
Edit config	Processing of system parameters Access protected by lock code (<i>The default lock code is "0001"</i>) (lock code can be changed via appropriate submenu)
DVGW(OENORM) check	Please note: The UV-sensor is not according to DVGW or ÖNORM standards unless specifically ordered. DVGW/OENORM-check • adjustment check and if required correction of the UV sensor calibration value This function is only available in combination with digital sensors according DVGW or ÖNorm. On starting this function the system freezes - it is holding the present state and UV alarm / pre-alarm via relay is deactivated. So the system sensor can be interchanged with the testers reference sensor. Differences can be compensated via correction factor. • This function is access-protected via lock code.

Select "edit config" for start editing. Enter your lock code by pressing **UP/DOWN** to raise/lower value. (factory default: 0001; keep buttons pressed for faster changes; confirm with **ENTER**)

Please note that some menu items are only available depending on system configuration or system status.

The configuration screen will be switched to the status screen after 60s without keystroke.

Exit	Leave menu / submenu
Lock code change	<p>Change lock code (default: 0001)</p> <p><i>If the password is lost, the control box can be reset to default settings by disconnecting unit from mains and when re-connecting by keeping the ENTER-key pressed; follow the given instructions.</i></p> <p><i>Note: Only operating hours and switch-on cycle counts do remain, all other settings will be lost.)</i></p>
Languages	<p>Select language</p> <p>Available: English, German, French and Spanish</p>
Contrast	Adjustment of the display according to the ambience light
Hour counter	<p>"Lamp-h: reset": Show current lamp burning-hour counter reading - reset counter reading, e.g. after lamp exchange</p> <p>"Lamp-h: critical": Pre-warning notice for lamp maintenance - Counter reading for the message "lamp lifetime critical" = 14000h</p> <p>"Lamp-h: replace": Warning notice for lamp maintenance -Counter reading for the message "Replace lamp" = 16000h</p> <p>"Status display" : The status screen can monitor alternatively the ongoing lamp hours</p> <p>"Lamp-h" (=default) or the remaining lamp hours "remain-h",) (the remaining hours refer to the "lamp-h: replace" counter reading</p> <p><i>"System-h" indicate the total operation time of the control box This counter can't be reset</i></p>
Switch-on cycles	Show / reset the ON/OFF-cycles of the lamp
System start	<p>"Start-up delay": Activate and set the delay from lamp start to operation mode (default: deactivated, 10s) - this function restrains monitoring and error messages (except lamp/ballast errors) during lamp warm up period</p> <p>"Lamp start": Select the operation mode on connecting unit to mains - "start manually" unit is in standby if connected to mains (start lamp via ON/OFF - key)</p> <p>"Recall state" (=default) unit recaptures the previous operation state if reconnected to mains (i.e. either standby or lamp operation)</p> <p>"Start automatically": Lamp starts automatically if connected to mains</p>
Lamp pre-heat time	"Preheat time": Must be 12 s.
UV intensity monitoring (OPTION)	<p>UV sensor selection: Activate/deactivate UV monitor - select sensor type: = Digital or none</p> <p>Measurement unit: Available: %, W/m² or mW/cm²</p> <p>Sensor settings for digital sensor: Set number, sensor-ID and 100%-reference value.</p>

	<p><i>The 100%-reference value is needed as reference for alarm thresholds and current output.</i></p> <p>UV alarm thresholds: Activate/deactivate "UV pre-alarm" or "UV alarm" Set alarm thresholds for "UV pre-alarm" and "UV alarm" Select measurement unit alternatively as absolute value (W/m² or mW/cm²; only for digital sensors) or relative value (%)</p>
<p>Control box and reactor temperature monitoring</p>	<p>Internal temp. monitor: Monitoring of the internal temperature of the control box.</p> <p>Do not change any settings!</p> <p>Activate/deactivate automatic restart after overheating shutdown (default: activated)</p> <p>External temperature = reactor temperature Never deactivate this function!</p> <p>Set pre-warning 5 °C higher than highest water temperature Set warning 10 °C higher than highest water temperature</p> <p>Set cooling down interval for next allowed system start (default: 2K)</p> <p>Activate/deactivate automatic restart after overheating shutdown (default: deactivated, strongly recommended!)</p> <p>Offset correction for the external temperature sensor (up to +/-10K)</p> <p><i>If the temperature rises above the internal/external warning temperature thresholds the display shows "int./ext. temp. too high" and blinks green/yellow. Lamp switches off and UV monitoring is stopped if the shutdown temperature is exceeded. Manual or automatic restart is not allowed until the temperature is fallen to the shown value ("cool to: xxx°C").</i></p>
<p>Relay mapping</p>	<p>Shows available relays and their functional assignment (see wiring for function)</p>

7. Optional UV sensor

The UV sensor may only be operated with components that have been approved for use by the manufacturer (UV lamp, quartz sleeve, etc.). Optimal disinfection can otherwise not be guaranteed.

Maintenance of the UV sensor system includes cleaning of the sensor head as required. Determine necessary cleaning interval based on experience. First inspection should be done after app. one month. Always clean quartz sleeves when cleaning sensor.

Gently disconnect sensor by unscrewing using a spanner on sensor metal body only. Clean the sensor window by use of a soft cloth.

Check sensor cable connection is completely tightened after sensor re-installation.

It takes some time until stable operation is reached. To prevent error messages during this lamp warm up phase, an additional delay time ("system start"->"start-up delay") can be set. The delay time setting is applied to system monitoring and sensor error indication only. (Fatal errors, e.g. lamp failures, are indicated immediately). The display shows the remaining delay time.

If delay time setting is too short, the lamp will still be in run up phase while UV monitoring is started. Therefore, the UV alarm will occur on the display. Recommended delay time is 150 s.

NOTE: Always install the UV-lamp so that lamp wires are on opposite side of lamp compared to UV-sensor.

7.1. UV-sensor replacement or retrofitting with UV-sensor (stainless steel and PTFE type UV-sensors).

Switch off UV-system controller. Empty reactor. Remove old sensor or if retrofit remove ¼" reactor body plug. Mount sensor before attaching sensor cable to the UV-sensor. Attach cable and tighten completely by hand. Do not use any tools. Switch on controller and Press "ENTER" to enter setup menu.

Choose "EDIT CONFIG"

Press "UP" -> lock code input is 0001

Press "ENTER"

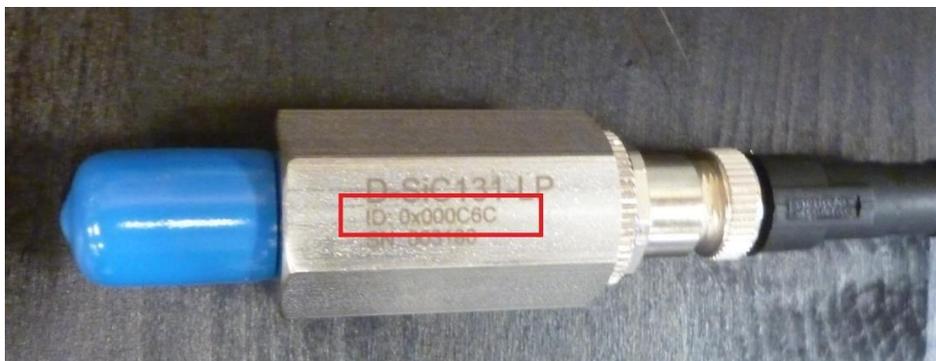
Choose "UV monitoring"

Choose "UV Sensor selection"

"Measurement Unit" should be set to "%"

Choose "Sensor Settings"

Choose "Sensor ID" using "UP"/"DOWN" keys set ID according to your sensor ID label (photo). Every sensor has a unique ID.



Press "ENTER"

Choose "100% Reference val." This value should be set so that display value is app. 110% for a new lamp treating clean water. Standard setting is 50 W/m².

Choose "EXIT"

Choose "UV Alarm threshold"

Choose "UV Pre Alarm". Choose "Active, Press "ENTER". Enter pre-alarm level. 70% is standard.

Choose "UV Alarm". Choose "Active, Press "ENTER". Enter alarm level. 50% is standard.

NB: Select "Inactive" to disable sensor alarms.
Choose "EXIT" three times to exit setup menu.

Ignite UV-lamp by pressing ON/OFF

Use "Relay Mapping" in setup menu if relay switch should be related to UV-sensor alarm.

7.2. Sensor failures and calibration

Sensor must be replaced bi-annually. Under normal operating conditions sensor drift is below 10% per year.

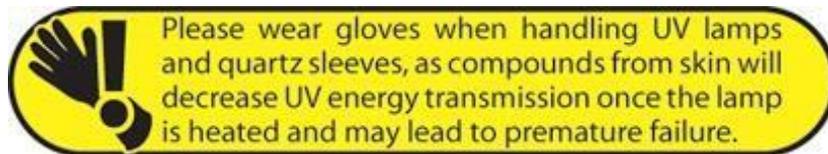
8. Maintenance

Disconnect the system from the mains power supply or switch off the main switch prior to commencing maintenance work on the system.

Always depressurize reactor before commencing service work. There is a risk of serious injuries. Quartz sleeve or pieces of broken quartz sleeve can be blown out of the reactor.

IMPORTANT!

Quartz sleeve hand grip nut must be re-tightened after app. 2-4 weeks of operation!



Warning UV rays!
Protect both eyes and skin



**High voltages are present on
lamp connectors and cables!**



8.1. Daily

Check lamp hour-counter and remember to renew UV-lamp according to below table. Reset hour counter if lamp is replaced.

75W UV-lamp life time is 8000H
220W UV-lamp life time is 16000H
220W TOC UV-lamp life time is 10000H

ULTRAAQUA quartz-sleeves have unlimited life time if clean and not scratched. However, in order to ensure optimal UV-performance it is recommended to replace sleeves every 25000 H.

Check that reactor air bleeding is effective if accumulation of air in the reactor is possible.

8.2. Every Three Months

After the first three months of operation the quartz sleeve should be checked and cleaned if necessary. From the observed condition of the quartz sleeve estimate appropriate cleaning intervals. In most cases a 12 months interval is sufficient. Quartz sleeve can be cleaned using the supplied Woeste® sponge or in a weak citric acid solution.

Whenever checking quartz sleeve remember to check the condition of the O-ring and change if necessary.

Check that no water (condensate) has accumulated in the quartz sleeve.

Check box fan and fan filter.

Check all cable glands on UV-lamp cables to assure watertight connections.

8.3. Every Year

Remember to replace the UV-lamp in time and to reset hour counter. Always replace O-rings when replacing UV-lamps and quartz sleeves.

Check functionality of temperature sensor and thermal protection of reactor unit. This can be done by dismantling the sensor and heat it up manually.

Check box and panel seal for water tightness.

Check reactor unit for accumulation of solids or air.

Clean stainless steel reactor and wiped it with protective oil.

Optional UV-sensor must be replaced biannually. Re-calibration can be done at ULTRAAQUA. Contact your distributor.

Please note:

Never leave quartz sleeve or UV-sensor ports open to the surroundings. During maintenance operations, make sure that the quartz sleeve is open shortest possible time. Plug it, if possible. Check that condensation has not developed during the maintenance operations. Dry air may be helpful if condensation is difficult to avoid.

9. Faults

The panel colour will change to red in case of an alarm.

UV-lamp and control box defects are extremely rare. Contact your distributor if consecutive failures are observed. The following alarms can be seen:

- Reactor temperature
- Control box fault
- Lamp fault

9.1. Lamp faults

The unit will stop ballast operation if lamp or ballast failures occur. The first line in the display is showing error messages alternating.

Disconnect the system from the mains power supply prior to commencing maintenance work on the system.



UV-lamp defects are extremely rare. Remember to look for cable and connector faults. However, if problem persist replace UV-lamp.

Insert the UV-lamp into the quartz sleeve without touching it with your bare hands. Use paper or gloves. Grease blue O-ring on the cable plug (silicon grease) before re-positioning. Check all cable glands.

Remember to reset hour counter after replacing UV-lamp (settings).

9.2. Removal of glass and broken lamps from a closed reactor

The quartz sleeve must be inserted into the bottom steer. It will easily break if not correctly installed!

UV lamps contain small quantities of mercury. Mercury is harmful to people and the environment. For this reason, it is imperative to wear protective gear (gloves and breathing apparatus, etc.) in the event of lamp breakage. Dispose of broken UV lamps in accordance with the applicable local guidelines and directives.

Wear protective gear (gloves and safety goggles, etc.) when removing glass and broken lamps to avoid cuts.

Disassemble UV-reactor and remove all broken glass through inlet/outlets.

Thoroughly spray out the interior of the reactor with water.

Before re-installation of reactor examine all UV-lamp and UV lamp cable plugs for water. Replace if necessary.

9.3. Reactor and control box temperature problems

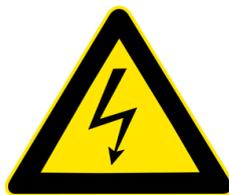
If the internal temperature exceeds 75°C, the lamp operation will be stopped to prevent the damage of the electronic components. The UV monitor will be deactivated. The error message indicates "lamp off due to overheating electronic ballast". To ensure applicable operation temperatures please check ambient temperature, technical data and characteristics of supply voltage and lamp. When the internal control box temperature is below 65°C, the unit can be restarted.

Automatic restarts after overheating will be counted. The first line of the status screen indicates the execution and the number of automatic restarts. Based on the restart counter it is possible to draw conclusions concerning temperature problems. The restart indication will be confirmed with the next keystroke; the restart counter will be reset and the status screen will be lighted green again.

Functions and messages of the external temperature monitor are like that of the control box. While the internal temperature monitor settings are fixed, the external temperature monitor can be activated/deactivated via menu, the alarming/ warning as well as the cooling-down range can be modified.

9.4. Control box faults

Disconnect the system from the mains power supply prior to commencing maintenance work on the system.



High voltages are present internally and on the input and output connectors and cables.

The electronic control box may only be installed and operated by qualified technically trained people

Control box failure will occur if:

- Intake air temperature too high or too low. Control box low limit 0°C, high limit 40°C
- Internal heat sink temperature too high. Possible problem: Blocked control box air outlet
- Input voltage too high or too low. Control box voltage limits are 230V+/- 10%.
- Control box fan defect.
- Internal error

9.5. Condensation

Even in environments with relatively low humidity, there is a risk of condensation in quartz sleeves and UV-sensor ports.

This must be avoided.

Accumulation of condensed water in the quartz sleeve will reduce UV-lamp efficiency and shorten lamp life time.

Accumulation of condensed water in the UV-sensor port will reduce sensor accuracy or destroy it completely.

Important precautions:

Never leave quartz sleeve or UV-sensor ports open to the surroundings.

During maintenance operations, make sure that sensor ports and quartz sleeves are open shortest possible time. Plugs should be considered. Check that condensation has not developed during maintenance operations.



Dry air may be helpful if condensation can't be avoided during a maintenance operation.

Condensation inside control cabinets should also be avoided as electronic components may be destroyed. Consider to store control cabinets in dry surroundings if not in use for prolonged periods. Control cabinets can also be installed with heaters to avoid condensation.

10. Faults

10.1. Control box alarm messages with alarm output (alarm relay)

Alarm: LAMP FAULT
Description: Lamp has faulted. Driver has tried to ignite lamp more than 7 times.
Action: Check lamp. Lamp faults are very rare. Check also lamp cables. Replace with new lamp.

Alarm: CONTROL BOX X: INTERNAL FAULT
Description: Control box has faulted
Action: Check control box fan.
Control box defective. Replace control box.

Alarm: ALARM: REACTOR EXTERNAL TEMPERATURE
Description: Reactor temperature has exceeded alarm temperature level
Action: Check alarm setting. Increase slightly if necessary. Evaluate pre-alarm level.
Check that there is no accumulation of air in reactor
Check water flow.
Check temperature sensor.

Alarm: PRE-ALARM LEVEL UV INTENSITY
Description: Intensity below pre-alarm level
Action: Check water UVT.
Check quartz sleeves and sensor window and evaluate cleaning frequency
Check lamp lifetime.

Alarm: ALARM LEVEL UV INTENSITY
Description: Intensity below alarm level
Action: Check water UVT.
Check quartz sleeve and sensor window and evaluate cleaning frequency
Check lamp lifetime.



10.2. Control panel messages - no output

Message: REPLACE LAMP SOON
Description: Lifetime will soon be exceeded
Action: Check lamp stock or order new.

Message: PRE-ALARM: REACTOR TEMPERATURE
Description: Reactor temperature has exceeded pre-alarm temperature level
Action: Check pre-alarm setting. Increase slightly if necessary. Evaluate alarm level.
Check that there is no accumulation of air in reactor
Check water flow.
Check temperature sensor.

10.3. Poor disinfection performance

Fault: Water flow rate is higher than expected
Action: Check flow meters, transmitters etc.

Fault: Air has accumulated in the reactor
Action: Establish continuous air bleeding

Fault: Solids has accumulated in the reactor
Action: Establish proper pre-filtration

Fault: Water UVT is lower than expected
Action: Contact ULTRAAQUA representative

Fault: UV lamp has not been replaced as specified
Action: Replace UV-lamp

Fault: Large particles are present in the water
Action: Establish proper pre-filtration. UV-systems are only effective upon separate microorganisms in suspension or in very small agglomerates.

10.4. Reactor faults

Fault: Reactor is leaking
Action: Check O-ring and thread packaging material
Check system pressure do not exceed max specification.

Fault: Reactor heats up
Action: Check that no air has accumulated in reactor
Check that water temperature does not exceed settings
Check water flow rate
Check functionality of temperature sensor

10.5. Lamp faults

Fault: Lamp will not ignite
Action: Replace lamp with a new lamp or another working lamp to assure that the suspected is defective. Premature lamp faults are caused by:
Too many daily ignitions
Water is present in the quartz sleeve
Fingerprints on lamp glass

10.6. Quartz sleeve faults

Fault: Broken quartz sleeve

Action: Make sure the sleeve is inserted into the bottom steer. It will easily break if not correctly installed!

Check that there is a silicon ball in the bottom of the sleeve. Extremely important for vertically installed reactors.

Check that there are no big objects in the reactor (stones, bolts etc.)

Check that there are no sudden pressure peaks (water hammer) due to fast closing valves.

Check that the reactor body is firmly supported and don't vibrate.

Check that the O-ring type is correct

10.7. UV sensor faults

Fault: Low or no output

Action: Check that cabling is OK

Clean the sensor head and inspect for damages

Make sure air bubbles does not develop on sensor head

Clean quartz sleeve

Check that lamp wires do not shield in the direction of the sensor

Measure water UVT (water samples can be send to Ultraaqua laboratory)

Make sure sensor is replaced regularly (every 2-4 years)

Note: Moisture, condensed water in sensor electronics will reduce sensor sensitivity and shortens life time.

10.8. Control box faults

Fault: Control cabinet internal temperature too high. Air temperature in the control box may be high.

Action: Check ambient temperature

Heat dissipation through back side can be improved with spacers between backside and wall

11. EU Declaration of Conformity

EU Declaration of Conformity

We, hereby declare that: **ULTRAAQUA**
Tarmvej 7
9220 Aalborg Ø
Denmark

On the basis of its functional and design in the version marketed by us, the product specified in the following complies with the relevant, fundamental safety and health stipulations laid down by EC regulations. Any specifications to the product not approved by us will invalidate this declaration.

Product description: UV disinfection system

Product type: **UVC**

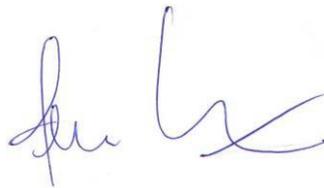
Serial number: Please refer to the type plate on the system

Relevant EC Reg.: EU - Low voltage directive (2006/95/EC)
EU – EMC Directive (2004/108/EC)
EU Pressure Equipment Directive (97/23/EC)

Harmonised standards: DS/EN 60204-1, DS/EN 60335-1, EN 60529
EN 610000-3-2, EN 610000-6-1/-2/-3/-4

Harmonized national standards and other technical specifications applied, in particular:

Technical documents have been
Complied by:



The undersigned: Jens Skjølstrup, Manager, M.Sc., Env.Eng.

12.1. External output - potential free relay



WARNING:
 Mains voltage on projective low voltage
 Possible consequence: Fatal or very serious injuries.

Inside the control box energy storage devices may carry dangerous voltages even if the ballast is already switched off. Wait at least 10 minutes after disconnecting the unit from line voltage before starting any service actions.

Never touch any metal part inside the control box, even if the unit is switched off.

Never operate the control box with open housing or without the housing.

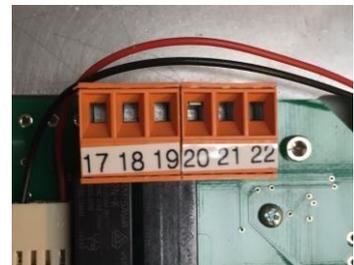
For external information on system performance two potential free switch over relays are in the control box.

- The relay with 17-18-19 terminals will switch over in case of reactor temperature alarm.
- The relay with 20-21-22 terminals will switch over when lamp is running and system state is ok.

Resistive load for potential free relay (3-pin plug connector inside) : 50-500 mA at 5-60VDC / 24-120VAC

Contacts:

- | | |
|----|---|
| 17 | active contact [17↵18]: – External temp is OK |
| 18 | change over contact |
| 19 | rest contact [18↵19]: External temp is too high |
| 20 | active contact [20↵21]: system OK - all parameters are within the specified range |
| 21 | change over contact |
| 22 | rest contact [21↵22]: system issue: lamp error, UV alarm, temperature alarm/shutdown, system offline / standby / start up |



13. Installation check list

Please read manual before installation

Actions	✓
Check all components for damages related to freight. Take pictures and contact distributor immediately if damages are observed	
There is space for service operations on reactor, quartz sleeve and lamp	
Actions have been taken to avoid accumulation of air in the reactor	
Quartz seal have been tested before lamp is installed	
Lamp cable, sensor cable(s), ground cable (SS reactors only) can reach reactor	
Surrounding air is dry and completely free from saline aerosols. Not necessary for GRP cabinets.	
Temperature sensor has been installed in reactor top and functionality of temperature control system has been tested	
Power to UV-system will be disconnected if flow is stopped	
Ambient air does not exceed 40°C	
Stainless steel reactors: Both reactor and box is properly grounded	
Connecting pipes have been properly supported	
UV warning labels are clearly visible	
Optional sensor: Sensor ID match sensor ID setting in setup	



Installation checklist

Please read manual before installation

Actions	✓
Check all components for damages related to freight. Take pictures and contact distributor immediately if damages are observed	
There is space for service operations on reactor, quartz sleeve and lamp	
Actions have been taken to avoid accumulation of air in the reactor	
Quartz seal have been tested before lamp is installed	
Surrounding air is dry and completely free from saline aerosols. Not necessary for GRP cabinets.	
Lamp cable, sensor cable(s), ground cable (SS reactors only) can reach reactor	
Temperature sensor has been installed in reactor frame top and functionality of temperature control system has been tested	
Power to UV-system will be disconnected if flow is stopped	
Ambient air does not exceed 40°C	
Stainless steel reactors: Both reactor and box is properly grounded	
Connecting pipes have been properly supported	
UV warning labels are clearly visible	
Optional sensor: Sensor ID match sensor ID setting in setup	

ULTRAQUA
WATER RESOURCES TECHNOLOGY

Anexo VI.
Informe de la CNTA

INFORME DE RESULTADOS

Proyecto: PE20210191.01 CLEANWASH4

Código del informe PE20210191.01_E2_rev01

Cliente

Empresa: GEODESIC INNOVATION S.L.

Dirección: Calle de la Cruz del Sur, 30 local 3C 28007 Madrid

Att: Ignacio Alonso

Título del informe:

Fecha de emisión: 09/06/2021

Realizado por: Eva Petri

Revisado por: Eva Petri

Aprobado por: Inés Echeverría



Fdo. Inés Echeverría Goñi

Directora de Área I+D+i

Este documento no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación, por escrito, de CNTA y del cliente.

Índice:

1. Antecedentes.....	3
2. Objetivo.....	3
3. Metodología.....	3
3.1. Material vegetal.....	3
3.2. Descripción del equipo higienizante empleado	3
3.3. Diseño experimental.....	4
3.4. Análisis realizados.....	4
3.4.1. Agua de lavado.....	4
3.4.2. Lechuga	5
4. Resultados.....	5
5. Conclusiones	6
6. Bibliografía.....	6

1. Antecedentes

Desde junio de 2020, GEODESIC INNOVATIONS viene realizando, con el apoyo técnico de CNTA, una serie de ensayos para validar la tecnología de “electroporación” en el tratamiento del agua de lavado de productos de IV gama, con el fin de sustituir al producto químico habitualmente empleado en la industria alimentaria y conseguir un ahorro de agua.

En enero 2021, la empresa solicitó la realización de una nueva prueba, a mayor escala, que confirmase los resultados obtenidos y que permitiese obtener información acerca de la eficacia de la tecnología cuando la cantidad de lechuga a procesar aumenta.

A petición del cliente GEODESIC INNOVATION S.L., se emite el presente informe resumen de resultados.

2. Objetivo

El objeto de este ensayo es evaluar la tecnología de higienización, basada en la aplicación combinada de la radiación UV y la tecnología de electroporación y oxidación, en el lavado de 240 Kg de lechuga (en 40 cargas de 6 Kg cada una). La empresa pretende ampliar el número de lavados (cargas) a una cantidad representativa de kg de lechuga, con objeto de escalar los resultados ya que los ensayos anteriores se habían realizado a 4 y a 20 cargas.

3. Metodología

3.1. Material vegetal

El material vegetal empleado en los ensayos ha sido lechuga Iceberg (*Lactuca sativa* L.).

El acondicionamiento de las lechugas se realizó en las propias instalaciones de CNTA, donde fueron destrinchadas y cortadas de forma manual, aportándole al producto una carga microbiana que simularía la de la manipulación del producto en la industria alimentaria. Posteriormente, el material vegetal era procesado.

3.2. Descripción del equipo higienizante empleado

GEO-FDP de GEODESIC es un sistema de tratamiento de agua sin uso de productos químicos, que combina, de forma dinámica, técnicas electro-físicas y electroquímicas para la conservación de la misma. Las principales técnicas implicadas son las siguientes:

- Electroporación: Se trata de una técnica electrofísica que consigue provocar la ruptura de la membrana celular mediante alteración del potencial transmembrana forzado por la aplicación de campos eléctricos entre un ánodo y un cátodo.
- Oxidación avanzada: Procesos de oxidación anódica en los cuales se consigue la oxidación de materia orgánica
- Generación de oxidantes: Proceso de oxidación anódica por el cual se generan moléculas oxidantes (cloro libre, peróxido de hidrógeno o radicales hidroxilo).

El tratamiento del agua mediante los equipos GEO-FDP® de Geodesic®, se realiza de forma completamente automática, sin intervención humana en ninguna fase del proceso. Toda la operación se controla mediante la incorporación de sondas de Potencial Oxidación-Reducción (ORP), pH y conductividad.

3.3. Diseño experimental

El ensayo consistió en el lavado de un total de 240 Kg de lechuga, realizado en 40 cargas de 6 Kg cada una, en una proporción de 1 kg de lechuga por 5 litros de agua con un tiempo de lavado de 1 minuto. El agua de lavado se mantuvo en una concentración de 25 ppm de cloro libre, generado *in situ* sin adición de producto químico, ajustando el pH del agua a 6,5 (mediante adición de ácido cítrico) y con recirculación a través de un sistema de filtración, un Ultravioleta y el equipo GEOFDP de Geodesic. Destacar que no hubo renovación de agua a lo largo de todo el ensayo.

3.4. Análisis realizados

3.4.1. Agua de lavado

Medida realizada en el depósito, en 11 puntos de muestreo (inicial, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 y 40). Los análisis realizados fueron:

- Recuento de mesófilos aerobios: como indicador de la evolución microbiana. Se determinó utilizando el método automatizado del número más probable (NMP) TEMPO (bioMerieux). Las tarjetas de tiempo se incubaron 48h a 30°C ± 1°C. Las colonias microbianas se contaron y expresaron como log ufc/100 ml para agua de lavado
- Demanda química de oxígeno (DQO): determinado mediante método fotométrico estándar (Spectroquant PHARO 100, MERCK). Los resultados se expresarán en mg O₂/L.
- Cloritos y cloratos: se determinaron mediante cromatografía iónica, de acuerdo con métodos estándar. Los resultados se expresaron como µg/L.
- Compuestos orgánicos volátiles halogenados: se midió la formación de trihalometanos totales (TTHM), es decir, cloroformo (CF), bromoformo (BF), bromodiclorometano (BDCM) y dibromoclorometano (DBCM). Los trihalometanos se analizaron por GC-MS, tal y como se describe por López-Gálvez *et al.* (2010). Los resultados se expresaron como µg/L.

3.4.2. Lechuga

Medida realizada en los mismos puntos de muestreo (descargas) que el agua (inicial, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 y 40) en el caso del análisis microbiológico y en las descargas 10, 20, 30 y 40 en el caso de cloratos.

- Recuento de mesófilos aerobios: como indicador de la evolución microbiana. Método anteriormente descrito (apartado 3.3.1). En el caso de la lechuga, las colonias se expresaron como log ufc/g.
- Cloratos. La determinación se realizó mediante HPLC-MS/MS involucrando extracción simultánea con metanol (Método QuPPE). Los resultados se expresarán en mg/kg.

4. Resultados

Los principales resultados obtenidos en el presente ensayo se indican de forma resumida a continuación:

4.1 En el agua de lavado

- Mesófilos aerobios. El agua mantuvo, en todo momento, una carga microbiana menor que la del agua inicial del ensayo (rango de reducción microbiana obtenido: 0,30-2,52 log ufc/mL). Este hecho pone de manifiesto que, la concentración de compuestos antimicrobianos en el agua se mantiene a una concentración lo suficientemente alta como para que la carga microbiana, que pasa del vegetal al agua, se elimine. Por lo tanto, significa que el sistema de desinfección mantiene la concentración de agentes "activos" a la dosis adecuada para controlar la población de mesófilos.
- DQO. Después de 40 descargas el valor de la DQO es de 326 mg O₂/L superior al del agua de inicio (299 mg O₂/L), aumentando de forma lineal a razón de unos 32 mg O₂/L cada 4 descargas. Indicar que, visualmente, tras las 40 descargas, el aspecto del agua de proceso era totalmente transparente, incolora.
- Cloratos. El análisis del contenido en cloratos del agua reflejó un aumento de 7.550 µg/L en las 40 descargas, a un ritmo aproximado de 770 µg/L cada 4 descargas. Si comparamos estos resultados con el ensayo realizado con agua clorada, a 100 ppm de cloro, en las mismas condiciones (es decir, 4ª descarga), el contenido es significativamente inferior (5,0 veces menor) empleando la tecnología GEODESIC.
- Trihalometanos. La variación del total de THM en el agua a lo largo del ensayo oscilo entre los 400 y los 3.100 µg/L respecto al valor inicial. En todo caso, los valores son 2,3 veces inferiores a los obtenidos en el ensayo con agua clorada a 100 ppm de cloro cuando los comparamos a igualdad de numero de descargas (4 descargas).
- Cloritos. Debido a un problema de contaminación del equipo de trabajo, las muestras se tuvieron que diluir antes de su análisis, por lo que los resultados presentados solo se pueden indicar como <1000 (que es el límite de cuantificación). De todas formas, indicar al respecto que

no se observaron picos de cloritos en las diluciones realizadas. Los distintos ensayos muestran un bajo nivel de cloritos (<100 µg/L) en general (incluido el ensayo con agua clorada a 100 ppm, cuyo valor fue de 118 µg/L).

4.2 En lechuga

- **Mesófilos aerobios.** El lavado con agua tratada por GEODESIC consiguió reducir la carga microbiana de la lechuga en una media de 1,6 ciclos logarítmicos, por lo que se considera que el **lavado de lechuga es efectivo** (se encuentra dentro de los valores habituales, de reducción microbiana, comparándolo con el lavado con producto químico (Beuchat *et al.*, 2004; Gómez-López *et al.*, 2015; González *et al.*, 2004; Petri *et al.*, 2015).
- **Cloratos.** Todas las mediciones realizadas reflejaron un contenido en cloratos inferior al valor límite máximo de residuos (0,7 mg/kg) establecido en la legislación actual (Reglamento EC 396/2005) para el producto analizado.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el ensayo realizado en las instalaciones de CNTA, en colaboración con la empresa GEODESIC INNOVATIONS, muestran que el tratamiento del agua de lavado con los equipos de GEODESIC, sin aporte de biocida ni ningún otro producto oxidante ni renovación de agua, ha resultado ser efectivo en la reducción microbiana del producto de IV gama (lechuga) sin aportar cloratos al producto por encima de los parámetros establecidos por la legislación vigente.

6. Bibliografía

Beuchat, L. R., B. B. Adler, and M. M. Lang. 2004. Efficacy of chlorine and a peroxyacetic acid sanitizer in killing *Listeria monocytogenes* on iceberg and Romaine lettuce using simulated commercial processing conditions. *J. Food Prot.* 67:1238–1242.

Gómez-López, V. M., P. Ragaert, V. Jeyachandran, J. Debevere, and F. Devlieghere. 2008. Shelf-life of minimally processed lettuce and cabbage treated with gaseous chlorine dioxide and cysteine. *Int. J. Food Microbiol.* 121:74–83.

González, R. J., Y. Luo, S. Ruiz-Cruz, and J. L. McEvoy. 2004. Efficacy of sanitizers to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut carrot shreds under simulated process water conditions. *Food Prot.* 67:2375–2380.

López-Gálvez, F., A. Allende, P. Truchado, A. Martínez-Sánchez, J. A. Tudela, M. V. 700 Selma, and M. I. Gil. 2010. Suitability of aqueous chlorine dioxide versus sodium 701 hypochlorite as an effective

sanitizer for preserving quality of fresh-cut lettuce while avoiding by-product formation. *Postharvest Biol. Technol.* 55:53–60.

Petri, E., M. Rodríguez, and S. García de la Torre. 2015. Evaluation of combined disinfection methods for reducing *Escherichia coli* O157:H7 population on fresh-cut vegetables. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12:8678–8690.