



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

APLICACIÓN DE UN TRATAMIENTO DE
OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA
ELIMINACIÓN DE LA
METILISOTIAZOLINONA PRESENTE EN
AGUAS RESIDUALES

CARLA TORTOSA JORDÁ

Grado en Ingeniería Química

Tutora: Ana María Amat Payá

Tutora experimental: Paula García Negueroles

CONVOCATORIA: JULIO 2020

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 METILISOTIAZOLINONA (MIT).....	8
1.1.1 PRODUCTOS QUE CONTIENEN MIT.....	10
1.1.2 PROBLEMAS ASOCIADOS A LA MIT	10
1.1.3 NORMATIVA DE LA MIT.....	11
1.2 PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA.....	11
1.2.1 RADICAL HIDROXILO ($\cdot\text{OH}$)	13
2. OBJETIVO	14
3. TRATAMIENTOS APLICADOS.....	15
3.1 FOTÓLISIS	15
3.2 PROCESO FENTON.....	15
3.3 PROCESO FOTO-FENTON	16
4. EQUIPOS UTILIZADOS	17
4.1 SIMULADOR SOLAR SUN 2000 (ABET Technologies)	17
4.2 FLUORÍMETRO	18
4.3 CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS DE ALTA PRECISIÓN (HPLC).....	18
4.4 TOC DE LÍQUIDOS.....	19
5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	20
5.1 CÁLCULOS PREVIOS.....	20
5.1.1 CÁLCULO DISOLUCIÓN DE METILISOTIAZOLINONA.....	20
5.1.2 CÁLCULO DE H_2O_2 ESTEQUIOMÉTRICO A LA MIT.....	20

5.1.3 CÁLCULO DE Fe ³⁺	21
5.2 EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	21
5.2.1 FOTÓLISIS	22
5.2.2 FENTON	22
5.2.3 FOTO-FENTON	22
6. RESULTADOS OBTENIDOS	25
6.1 CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS DE ALTA PRECISIÓN (HPLC).....	25
6.2 FLUORIMETRIA	30
6.3 TOC DE LÍQUIDOS.....	31
7. ESCALADO.....	32
7.1 ESCALA DE LABORATORIO	32
7.2 ESCALA PILOTO	32
7.3 ESCALA INDUSTRIAL.....	33
7.4 CÁLCULOS DE ESCALADO	33
7.4.1 CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE MÓDULOS.....	37
7.5 PLANOS	38
8. ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO.....	42
8.1 COSTE DE INVERSIÓN	42
8.2 COSTE FIJOS	43
8.2.1 COSTE DEL PERSONAL	43
8.2.2 COSTE DE MANTENIMIENTO	44
8.2.3 COSTE DE AMORTIZACIÓN	45
8.3 COSTES VARIABLES.....	45
8.3.1 COSTE ENERGÉTICO.....	46
8.3.2 COSTE PRODUCTOS QUÍMICOS.....	46
8.4 COSTE DE OPERACIÓN	47

8.5 COSTE TOTAL	47
9. <i>CANON DE SANEAMIENTO</i>	49
9.1 TARIFAS DEL CANON 2020	49
9.2 CÁLCULO DEL CANON DE CONTROL DE VERTIDOS	50
9.2.1 CÁLCULO DEL CANON DE CONTROL DE VERTIDOS SIN TRATAMIENTO.....	51
9.2.2 CÁLCULO DEL CANON DE CONTROL DE VERTIDOS CON TRATAMIENTO.....	52
9.3 AHORRO ANUAL	52
10. <i>RENTABILIDAD</i>	53
11. <i>CONCLUSIONES</i>	54
12. <i>BIBLIOGRAFIA</i>	55
13. <i>ANEXO</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales tratamientos de las aguas residuales (Fuente: Arques et al.,2009)	8
Figura 2. Estructura molecular del MIT. (Fuente: PubChem)	9
Figura 3. Pictogramas de seguridad presentes en la MIT	11
Figura 4. Simulador Solar Sun 2000(ABET Technologies)	17
Figura 5. Espectro de emisión del SimuladorSolar Sun 2000	17
Figura 6. Fluorímetro Quanta Master PTI	18
Figura 7. Cromatógrafo de líquidos de alta precisión	18
Figura 8.TOC de líquidos de la casa Shimadzu el modelo TOC-VCSH.	19
Figura 9. Degradación de la MIT mediante fotólisis a pH 2,8	25
Figura 10. Porcentaje de MIT en la disolución mediante fotólisis 2,8	26
Figura 11. Degradación de la MIT mediante Fenton a pH 2,8	26
Figura 12. Porcentaje de MIT en la disolución tras Fenton 2,8	27
Figura 13. Degradación de la MIT mediante foto-Fenton a pH 2,8	27
Figura 14.Degradación de la MIT mediante diferentes tratamientos a pH 2,8	28
Figura 15. Degradación de la MIT mediante foto-Fenton a pH 5	29
Figura 16. Cinéticas de reacción de los tratamientos foto-Fenton	29
Figura 17. Resultados fluorimetria para el tratamiento foto-Fenton a pH óptimo de 2,8	30
Figura 18. Mapa radiación solar media anual en la Península. (Fuente: ADRASE)	33
Figura 19.Mapa precipitación media anual en la Península. (Fuente: Instituto Geográfico Nacional)	34
Figura 20. Distancia entre módulos (Fuente: Autor Desconocido)	37
Figura 21. Bornes de conexión del radiómetro (Fuente: manual de la planta de fotocátalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001)	38
Figura 22. Esquema hidráulico (Fuente: manual de la planta de fotocátalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001)	39
Figura 23. Planta de fotocátalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001. Un módulo visto desde arriba (Planta)	40
Figura 24. Distribución en planta de 5 módulos SOLARDETOX ACADUS-2001	41
Figura 25. Representación de los costes fijos y variables de una empresa en función de la producción	45
Figura 26. Pareto de costes	48

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Reglamento (UE) nº 2016/1198 para la MIT.</i>	11
<i>Tabla 2. Potenciales de oxidación de diferentes especies (Fuente: Baird C.C.)</i>	12
<i>Tabla 3. Resumen de las cantidades necesarias para el análisis de muestra</i>	23
<i>Tabla 4. Resumen experimentos realizados</i>	24
<i>Tabla 5. Comparación de las constantes cinéticas de velocidad para los diferentes tratamientos foto-Fenton</i>	30
<i>Tabla 6. Características técnicas de la planta fotocatalisis solar SOLARDETOX (25L)</i>	35
<i>Tabla 7. Resumen datos escalado industrial</i>	36
<i>Tabla 8. Datos del cálculo del gasto de inversión para la planta industrial</i>	43
<i>Tabla 9. Datos del coste para un técnico de laboratorio anual</i>	44
<i>Tabla 10. Datos para el coste mantenimiento anual de la planta industrial</i>	44
<i>Tabla 11. Datos coste de amortización de la planta industrial</i>	45
<i>Tabla 12. Resumen del coste de la planta anuales y totales en 20 años</i>	48
<i>Tabla 13. Tarifa canon 2020 para uso industrial (Fuente:EPSAR)</i>	49
<i>Tabla 14. Equivalencia entre consumo de agua y calibre del contador. (Fuente: EPSAR)</i>	50
<i>Tabla 15. Clasificación de los vertidos según la actividad industrial (Fuente: BOE)</i>	51
<i>Tabla 16. Clasificación de la calidad ambiental del medio receptor (Fuente: BOE)</i>	52

RESUMEN

La metilisotiazolinona es un conservante empleado en una gran variedad de industrias, desde la conservación de productos cosméticos, como productos de limpieza o pinturas. En el siguiente proyecto va a estudiarse la degradación de la metilisotiazolinona mediante diferentes procesos de oxidación avanzada (Fenton y foto-Fenton). Además, se observará cuales son las condiciones óptimas de trabajo, variando la cantidad de H₂O₂ empleado y el pH. La degradación del contaminante será seguida mediante diversas técnicas analíticas como la cromatografía de líquidos de alta precisión (HPLC) o el TOC de líquidos. Una vez determinado el mejor proceso para el tratamiento, se realizará un escalado para poder comprobar su viabilidad a escala industrial.

Palabras clave: Metilisotiazolinona, foto-Fenton, Fenton, Procesos de oxidación avanzada

ABSTRACT

Methylisothiazolinone is a preservative used in a wide variety of industries, from the preservation of cosmetic products, such as cleaning products or paints. The following project will study the degradation of methylisothiazolinone through different advanced oxidation processes (Fenton and photo-Fenton). In addition, the optimal working conditions will be observed, varying the amount of H₂O₂ used and the pH. The degradation of the contaminant will be followed by various analytical techniques such as high precision liquid chromatography (HPLC) or liquid TOC. Once most suitable process has been determined, an escalation will be carried out to verify its viability on an industrial scale.

Keywords: Methylisothiazolinone, photo-Fenton, Fenton, Advanced oxidation processes

1. INTRODUCCIÓN

El agua es recurso natural imprescindible para la vida. Es necesario disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente ya que se trata de un factor muy importante para el crecimiento humano y el desarrollo de las civilizaciones.

A pesar de que el agua sea la sustancia más abundante de la corteza terrestre, únicamente el 3% del agua es apta para el consumo y para usos industriales. Dentro de este porcentaje, $\frac{3}{4}$ partes se encuentran en forma de hielo o nieve. Por tanto, es necesario realizar un correcto uso del agua que hay disponible y tratar las aguas residuales de forma correcta para que ésta no queden inutilizadas.

A nivel mundial, la agricultura es la actividad que mayor porcentaje de agua consume, aproximadamente un 66 %, seguido por la industria que consume un 24 %. (Arques et al.,2009)

Las aguas residuales normalmente son tratadas por las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). Estas plantas suelen estar formadas por un tratamiento primario, un tratamiento secundario y en algunas ocasiones, incluso un tratamiento terciario. Dependiendo de la composición del agua, hay ocasiones que estos tratamientos son suficientes, pero cuando no lo son, se deben aplicar otros tipos de tratamientos complementarios.

Los tratamientos primarios eliminan sólidos en suspensión, materia coloidal, aceites y grasas, metales o ácidos y bases. Es decir, elimina sustancias que pueden ser separadas por deposición o por situarse en la superficie. Suele ser muy habitual ajustar el valor de pH del agua residual en esta etapa para que no interfiera en el resto de los tratamientos. Los tratamientos secundarios son aquellos tratamientos capaces de eliminar la materia orgánica biodegradable existente en el agua residual. Este tratamiento también es conocido como tratamiento biológico ya que para la aplicación del tratamiento secundario se emplean microorganismos. El tratamiento terciario es aquel capaz de eliminar sales disueltas, microcontaminantes o materia orgánica no biodegradable, es decir, toda la materia que no ha sido posible eliminar en los tratamientos previos.

A continuación, se muestra un esquema genérico (Figura 1) de los tratamientos convencionales y las sustancias que pueden ser eliminadas en cada uno de los tratamientos.



Figura 1. Principales tratamientos de las aguas residuales (Fuente: Arques et al.,2009)

El presente trabajo se centra en la descontaminación de aguas residuales procedentes de la industria cosmética, en concreto la eliminación de un conservante, la metilisotiazolinona.

Los conservantes se han convertido en aditivos indispensables para la industria, ya que protegen a los consumidores del deterioro microbiano. El constante uso en los cosméticos y en los productos de cuidado personal ha contribuido a que los conservantes sean vertidos al medio acuático. Estos contaminantes, pueden ser comparados con otros nuevos contaminantes emergentes que han ido apareciendo con el trascurso de los años, como los antibióticos, pero se tiene menor información sobre su impacto y, por tanto, se necesita la aplicación de medidas para mantener protegido tanto el medio ambiente como la salud humana. (A.Petre, 2015)

Además, hay que tener en cuenta que el vertido de estos conservantes a las EDAR podría provocar un trastorno en la actividad biológica del tratamiento secundario.

1.1 METILISOTIAZOLINONA (MIT)

La metilisotiazolinona (MIT), cuyo nombre químico es 2-metil-4-isotiazolin-3-ona, es un compuesto orgánico heterocíclico cuya fórmula empírica es C_4H_5NOS . Se trata de un conservante utilizado en la industria cosmética y en productos de cuidado personal en

concentraciones de hasta un 0,01 % (100 ppm). Es un líquido incoloro completamente soluble en agua y muy soluble en acetonitrilo, metanol y hexano, también cabe destacar su ligera solubilidad en xileno. Tiene un alto poder antimicrobiano que controla la aparición de bacterias y hongos. La MIT se encuentra clasificada como una sustancia tóxica, corrosiva, irritante y perjudicial para el medioambiente, tal y como se muestra en la hoja de seguridad del compuesto disponible en el ANEXO.

Algunos de los principales sectores en los que se utiliza son:

- Industria cosmética:

Se emplea para la conservación de más de 2000 productos cosméticos. El MIT se utiliza por ejemplo en aerosoles para el cabello. El empleo de dichos aerosoles puede provocar efectos perjudiciales en el sistema respiratorio. Estos efectos dependerán del tamaño de partícula, la concentración y el tiempo de exposición. Cuanto menor sea la partícula, mayor facilidad tendrá de ser introducida en el sistema respiratorio. También se emplea en cosméticos que se aplican directamente en el cuerpo. Diversos estudios han demostrado que puede llegar a ser la principal causante de la dermatitis y alergias. La presencia de MIT en los productos cosméticos debe estar indicada en el listado de ingredientes del producto. (Burnett et al., 2010).

- Productos de limpieza:

Es utilizado como conservante de productos de limpieza como líquidos de lavavajillas, suavizantes, abrillantadores y limpiadores en general gracias a su poder como agente antimicrobiano.

- Productos industriales:

Este conservante es empleado en pinturas, tintes, pegamentos, lacas, aceites, entre otros muchos productos de uso industrial. En la actualidad no existe ninguna concentración máxima permitida para los productos industriales, por tanto, es importante evitar una larga exposición a las personas que puedan presentar alergia.

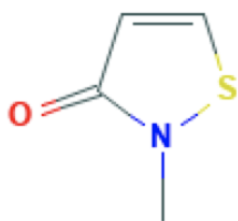


Figura 2. Estructura molecular del MIT. (Fuente: PubChem)

1.1.1 PRODUCTOS QUE CONTIENEN MIT

A continuación, se muestra una lista de los productos más comunes que emplean la metilisotiazolinona como conservantes:

- Toallitas desmaquillantes
- Cosméticos
- Productos capilares
- Jabones
- Protectores solares
- Limpiadores domésticos
- Pinturas
- Lacas
- Productos anti-moho en cuero y tejidos

1.1.2 PROBLEMAS ASOCIADOS A LA MIT

Uno de los principales problemas que genera el uso de conservantes en las industrias se ve reflejado en las EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales). El vertido de aguas residuales con concentraciones de conservantes hace que la actividad biológica del fango activo se vea afectada; y como consecuencia, el proceso biológico de depuración. La industria cosmética es uno de los sectores que genera una gran cantidad de aguas residuales con altas concentraciones de conservantes. La MIT es uno de los conservantes que presenta una alta toxicidad sobre las especies presentes en los fangos activos, sobre todo al mezclarse con otras sustancias presentes en el agua residual.

El aumento del uso de la MIT ha generado casos de alergias como la dermatitis. Estos casos han ido incrementando en los últimos años debido al uso de los conservantes en productos que entran directamente en contacto con la piel como los jabones o las cremas. Por este motivo el uso de la MIT en productos que no sean de aclarado ha ido disminuyendo hasta su prohibición.

Otro de los problemas generados es el uso en aerosoles, ya que la inhalación de estas sustancias hace que entre en contacto con el aparato respiratorio, llegando a causar problemas respiratorios. Además de llegar al aparato respiratorio, las partículas son esparcidas por el aire, llegando a interactuar con él y siendo otra vía de contacto por inhalación.

Por tanto, la MIT es un compuesto tóxico y nocivo para la salud humana por inhalación, ingestión y contacto con la piel; tiene propiedades negativas relacionadas con el medio ambiente y además tiene una alta distribución en el ambiente. En el ANEXO, se encuentra la hoja de

seguridad de la MIT, en la cual se encuentran con mayor detalle los problemas asociados a dicho compuesto.

A continuación, en la Figura 3, se muestran algunos de los pictogramas correspondientes a la MIT.



Figura 3. Pictogramas de seguridad presentes en la MIT

1.1.3 NORMATIVA DE LA MIT

Debido a los problemas tanto en la salud humana como los que produce al medioambiente, el uso de la MIT se encuentra regulado por el Reglamento (UE) nº 2016/1198 de la comisión de 22 de julio de 2016. Dicho reglamento establece una serie de consideraciones para tener a cuenta, las cuales se resumen a continuación:

- 1) La concentración máxima de metilisotiazolinona autorizada como conservante en productos cosméticos es de 0,01 % peso/peso (100 ppm).
- 2) El Comité Científico de Seguridad de los Consumidores (CCSC) indicó que la concentración de 100 ppm en los productos cosméticos sin aclarado no es segura para los consumidores.
- 3) La MIT debe prohibirse en los productos sin aclarado.

Tabla 1. Reglamento (UE) nº 2016/1198 para la MIT.

Nombre químico	Nombre común	Número CAS	Número CE	Concentración máxima
Metilisotiazolinona (2-metil-2H-isotiazol-3-ona)	Metilisotiazolinona	2682-20-4	220-239-6	100 ppm para productos con aclarado

1.2 PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA

Los procesos de oxidación avanzada, abreviados como AOPs, debido a sus siglas en inglés, procedentes de Advanced Oxidation Processes, son procesos fisicoquímicos que logran la oxidación de los contaminantes. Si se produce una oxidación completa se obtiene una

mineralización, es decir, se obtiene CO₂ y H₂O. Para el proceso es necesario un agente oxidante. Algunos de los agentes oxidantes más empleados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Potenciales de oxidación de diferentes especies (Fuente: Baird C.C.)

Especie	E ⁰ (V ,25°C)
Flúor	3,03
Radical hidroxilo	2,80
Oxígeno atómico	2,42
Ozono	2,07
Peróxido de hidrógeno	1,78
Permanganato	1,68
Dióxido de cloro	1,57
Cloro	1,36
Bromo	1,09
Yodo	0,54

En este caso el agente oxidante empleado son los radicales hidroxilos ($\cdot\text{OH}$).

Mediante la elevada reactividad de estas especies, se consigue la degradación de una gran cantidad de moléculas orgánicas e inorgánicas. De este modo, se consigue una disminución en la cantidad de DQO (Demanda Química de Oxígeno), TOC (Carbono Orgánico Total) y en la toxicidad de las aguas.

Esta técnica está considerada como una de las técnicas más eficientes en la descontaminación de aguas residuales para la eliminación de contaminantes, es por ello por lo que muchos tratamientos de aguas residuales se basan en la aplicación de procesos de oxidación avanzada.

Los AOPs se pueden clasificar en dos grupos diferentes, procesos fotoquímicos y procesos no fotoquímicos. Esta clasificación depende de si es necesario la utilización de radiación o no. (Baird C.C, 1999). A continuación, se muestran algunos de los procesos más empleados:

- Procesos fotoquímicos: Ultravioleta de vacío, foto-Fenton, fotocatálisis heterogénea, UV/H₂O₂.
- Procesos no fotoquímicos: Ozonización, oxidación electroquímica, procesos Fenton.

A pesar de la gran eficiencia de los AOPs, hay que tener en cuenta que el empleo de H₂O₂ y el uso de lámparas UV suponen un aumento en los costes, lo cual puede suponer un importante inconveniente. No obstante, el uso de la radiación solar para la degradación de los contaminantes hace que los AOPs sean de gran interés y que se estén comercializando cada vez más. (Baird C.C, 1999)

1.2.1 RADICAL HIDROXILO (\cdot OH)

El radical hidroxilo es uno de los oxidantes más fuerte que se conoce en la actualidad con un potencial ($E^0 = 2,8 V$) mayor a otros agentes oxidantes como el ozono (O₃) o el cloro. El único potencial superior es el del flúor, con un valor de 3,03 V. Una de las cosas que hay que tener en cuenta es que este potencial es en soluciones ácidas, ya que en soluciones neutras el valor del potencial estándar es menor ($E^0 = 1,9 V$).

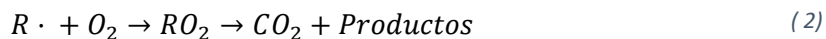
El radical posee un tiempo de vida muy breve, aproximadamente de nanosegundos, por tanto, debe generarse en el momento.

Algunas de las formas de obtención del radical son mediante agua, ozono o peróxido de hidrógeno. En este caso se obtiene mediante la adición de peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

Los radicales \cdot OH son los principales responsables de la oxidación de los compuestos orgánicos, tal y como se muestra en la ecuación (1):



Mediante la captación de oxígeno los radicales R \cdot , son capaces de formar peroxirradicales que son los precedentes para las reacciones de degradación, pudiendo llegarse a alcanzar la mineralización de la materia orgánica, tal y como muestra la ecuación (2).



El radical hidroxilo es capaz de adicionarse rápidamente a los dobles enlaces aromáticos, como es el caso del doble enlace aromático presente en la estructura molecular de la MIT.

2. OBJETIVO

El objetivo del siguiente proyecto es analizar el efecto de algunos procesos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas residuales, en concreto, los procesos Fenton y foto-Fenton. En el tratamiento se modifican variables operacionales para así poder determinar cuáles son las mejores condiciones para alcanzar la degradación del contaminante. Además, se aprenderá a aplicar diferentes metodologías analíticas que permitan un seguimiento de la degradación de los contaminantes a estudio; en este caso la metilisotiazolinona que puede estar presente en aguas residuales. Posteriormente, se realizara un escalado a nivel industrial y un análisis de los costes para estudiar la viabilidad del proceso.

3. TRATAMIENTOS APLICADOS

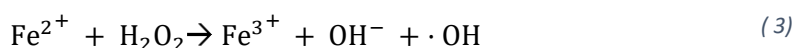
3.1 FOTÓLISIS

La fotólisis es un proceso por el cual se rompen los enlaces de una molécula mediante la absorción de energía electromagnética en el rango de luz UV-Visible. Existen dos tipos de fotólisis:

- Fotólisis directa: ocurre cuando el espectro de absorción de la molécula y el de emisión de la fuente se solapan. En este caso, el contaminante absorbe la luz, produciéndose así una reacción química desde su estado excitado.
- Fotólisis indirecta: este tipo de proceso ocurre cuando no hay solapamiento entre los espectros. Para que se rompan los enlaces del contaminante es necesaria la formación de especies reactivas que reaccionen con él. En algunas ocasiones es necesario el empleo de catalizadores (fotocatálisis).

3.2 PROCESO FENTON

El proceso Fenton consiste en un proceso de oxidación avanzada, el cual se basa en la generación de radicales $\cdot\text{OH}$. Éste radical posee un alto potencial de oxidación y es generado gracias a la combinación de peróxido de hidrógeno, un agente oxidante, y Fe^{2+} , un catalizador. En la ecuación (3) se puede observar como se generan los radicales $\cdot\text{OH}$.



Una vez se han formado los radicales hidroxilos, el hierro continúa reaccionando con ellos hasta su oxidación de Fe^{2+} a Fe^{3+} , y además los radicales $\cdot\text{OH}$, oxidan la materia orgánica presente en el medio, produciéndose las siguientes reacciones (4) y (5).



Esta materia orgánica producida ($\cdot\text{RH}$) es altamente reactiva, y puede seguir oxidándose todavía más al reaccionar con los radicales hidroxilos tal y como muestra la ecuación (6).



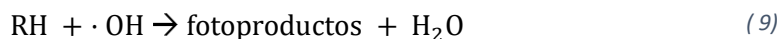
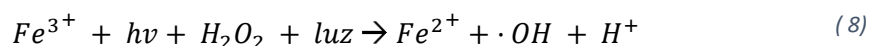
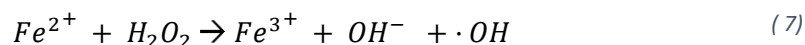
Si toda la materia orgánica fuera oxidada, el proceso Fenton produciría como productos finales únicamente CO_2 y H_2O , produciéndose una mineralización.

Hay que tener en cuenta que este proceso debería trabajar a un pH de 2,8 aproximadamente, su pH óptimo. Si el pH se encuentra en valores superiores, el Fe^{3+} es capaz de precipitar en forma de oxihidróxidos férricos y descomponer el H_2O_2 en O_2 y H_2O .

Una de las formas de mejorar el proceso consiste en la reducción del Fe^{3+} a Fe^{2+} . Para ello puede emplearse la radiación de luz UV o luz solar, proceso Foto-Fenton.

3.3 PROCESO FOTO-FENTON

Al igual que en el proceso Fenton, es necesaria la formación de radicales hidroxilos para que sea posible la oxidación avanzada y que, de ese modo, pueda ser degradada la materia orgánica presente; se trata de un proceso fotocatalítico. En este caso, se trata de una combinación de H_2O_2 , radiación UV y Fe^{2+} . La radiación mejora la formación de radicales hidroxilos respecto al proceso Fenton y, de esa forma, se ve favorecida la degradación de la materia orgánica.



Para aplicar proceso foto-Fenton en el laboratorio se emplea un simulador solar que proporciona la radiación UV-Vis. Al igual que en el proceso anterior, es necesario mantenerse en un pH óptimo, debido a que a pH superiores a 3, el hierro puede precipitar y perder su actividad catalítica.

4. EQUIPOS UTILIZADOS

4.1 SIMULADOR SOLAR SUN 2000 (ABET Technologies)

Se trata de un simulador con uniformidad de irradiación y con una radiación similar a la del sol. Está formado por una lámpara de arco de Xenón de 550 W de potencia. En el interior del equipo se puede encontrar un filtro de vidrio que corta cualquier radiación con un a longitud de onda inferior a los 300 nm. El equipo empleado es el que aparece en la Figura 4 y su espectro de emisión pertenece a la zona visible y al ultravioleta, tal y como muestra la Figura 5. Se ha empleado tanto para la realización del proceso de fotólisis como para el proceso foto-Fenton.



Figura 4. Simulador Solar Sun 2000(ABET Technologies)

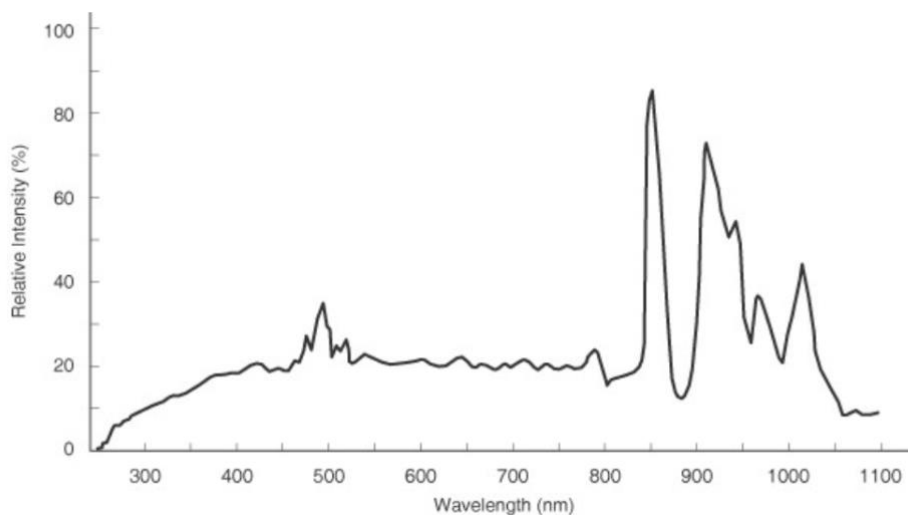


Figura 5. Espectro de emisión del SimuladorSolar Sun 2000

4.2 FLUORÍMETRO

El fluorímetro empleado es el Quanta Master PTI que tiene una lámpara de Xenón de 75 W. Dicho fluorímetro ha sido empleado para la obtención de las matrices de excitación y de emisión de cada una de las muestras. El equipo, además, tiene detectores que permiten el recuento de fotones individuales entre unas longitudes de onda de 200 y 900 nm.

Para el análisis de la MIT, se ha empleado un programa que el espectro de emisión lo obtiene entre unas longitudes de onda de 300 a 600 nm con incrementos de 5 nm y, el espectro de excitación es obtenido a longitudes de onda entre 250 y 550 nm con incrementos de 5nm. Además, para el análisis de la muestra se ha empleado una cubeta de cuarzo con las cuatro caras transparentes.



Figura 6. Fluorímetro Quanta Master PTI

4.3 CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS DE ALTA PRECISIÓN (HPLC)

El equipo empleado para el análisis de las muestras es un HPLC Perkin Elmer Autosystem XL equipado con un detector de diodos y un automuestreador. (Amat et al.,2015)



Figura 7. Cromatógrafo de líquidos de alta precisión

Se trata de una técnica que permite la separación y detección de compuestos químicos en una mezcla. Para ello, se emplea una fase móvil líquida que pasa a través de una columna. La columna en su interior contiene una fase estacionaria (sólido poroso). La disolución que queremos analizar y la fase móvil, pasan a través de la columna mediante un sistema de bombeo de alta presión. Las interacciones que ocurren en el interior de la columna permiten la separación de los compuestos químicos de la mezcla. Los compuestos quedan retenidos en la fase estacionaria dependiendo de: la naturaleza del compuesto, la composición de la fase estacionaria y la composición de la fase móvil. El tiempo que tarda el compuesto en pasar por la columna es conocido como tiempo de retención, y es característico para cada componente.

En el caso de la MIT se han establecido unas condiciones de tratamiento para poder observar el pico de absorción y de este modo poder seguir la degradación del contaminante. El eluyente empleado ha sido una mezcla isocrática de acetonitrilo (90 %) y ácido fórmico 0,01 N (10 %); la detección UV se ha fijado a una longitud de onda de 274 nm. (Amat et al.,2015)

4.4 TOC DE LÍQUIDOS

El TOC de líquidos es una técnica que permite obtener la cantidad de carbono orgánico total (TOC). El equipo empleado es de la casa Shimadzu el modelo TOC-VCSH.



Figura 8. TOC de líquidos de la casa Shimadzu el modelo TOC-VCSH.

Los resultados que obtenemos tras la medición son la cantidad de carbono total (TC), la cantidad de carbono inorgánico (IC), la cantidad de carbono orgánico total (TOC) y, además, obtenemos la cantidad de nitrógeno total (TN). Este equipo está basado en una oxidación catalítica mediante combustión a 680°C, siendo capaz de oxidar hasta los compuestos orgánicos más resistentes. Los resultados obtenidos nos permiten comprobar el grado de mineralización obtenido.

5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

5.1 CÁLCULOS PREVIOS

En el siguiente apartado se muestran todos los cálculos previos que se han realizado para poder plantear los experimentos:

5.1.1 CÁLCULO DISOLUCIÓN DE METILISOTIAZOLINONA

Se parte de una disolución con una concentración de 5 mg/L de metilisotiazolinona.

$$\% \text{ pureza MIT} = 98\% \quad (10)$$

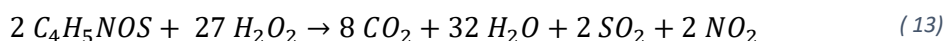
$$Mm (\text{MIT}) = 115,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad (11)$$

$$m (\text{MIT}_{\text{comercial}}) = \frac{5 \text{ mg} * 100}{98} = 5,102 \text{ mg} \quad (12)$$

Se prepara una disolución de un litro. Para ello se pesan $5,102 \text{ mg}$ de contaminante y se enrasa un matraz aforado de 1 L con agua destilada. A continuación, se deja la disolución en agitación hasta la realización de los experimentos.

5.1.2 CÁLCULO DE H_2O_2 ESTEQUIOMÉTRICO A LA MIT

La cantidad de H_2O_2 necesaria para los procesos de Fenton y foto-Fenton, se calcula en función estequiométrica al MIT según la siguiente reacción:



El ajuste estequimétrico de la reacción se ha realizado mediante una calculadora estequiométrica online, ChemicalAid.

En primer lugar, se han calculado el número de moles de contaminante que hay en la disolución.

$$n(\text{MIT}) = \frac{m}{Mm} = \frac{5,102 \text{ mg}}{115,1 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} = 0,0443 \text{ mmol MIT} \quad (14)$$

A continuación, se calcula el número de moles de H_2O_2 necesarios según la reacción estequiométrica.

$$n(H_2O_2) = 0,0443 \text{ mmoles MIT} \cdot \frac{27 \text{ mmoles } H_2O_2}{2 \text{ mmoles MIT}} = 0,598 \text{ mmoles } H_2O_2 \quad (15)$$

El H_2O_2 utilizado tiene una pureza de 33% w/w, es decir, 33 gramos en 100 mL. Se calcula la masa de H_2O_2 necesaria para así obtener el volumen.

$$Mm(H_2O_2) = 34,01 \frac{g}{mol} \quad (16)$$

$$m(H_2O_2) = n \cdot Mm = 0,598 \text{ mmoles} \cdot 34,01 \frac{mg}{mmol} = 20,34 \text{ mg} = 0,02 \text{ g } H_2O_2 \quad (17)$$

$$V(H_2O_2) = \frac{0,02 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}}{33 \text{ g}} = 0,0604 \text{ mL} = 60,4 \mu\text{L } H_2O_2 \quad (18)$$

5.1.3 CÁLCULO DE Fe^{3+}

En los procesos Fenton y foto-Fenton también es necesario el empleo de Fe^{3+} . En este caso la cantidad de catalizador empleada, basada en experiencias previas este trabajo, será de 5 mg/L.

Los cálculos se realizan en función del Cloruro de hierro (III) hexahidratado, por tanto, es necesario saber la cantidad de Fe^{3+} que hay en la mezcla.

$$Mm(FeCl_3 \cdot 6 H_2O) = 270,32 \frac{g}{mol} \quad (19)$$

$$\% Fe^{3+} = \frac{55,9 \cdot 100}{270,32} = 20,8 \% \quad (20)$$

Cada uno de los experimentos se realiza con un volumen de 250 mL, por tanto, la cantidad necesaria de Fe^{3+} será de 1,25 mg para cada uno de ellos. Se calcula la cantidad de Fe^{3+} comercial necesario.

$$m(Fe^{3+}_{comercial}) = \frac{1,25 \text{ mg}_{puro} \cdot 100\%}{20,8\%} = 6,01 \text{ mg } Fe^{3+}_{comercial} \quad (21)$$

5.2 EXPERIMENTOS REALIZADOS

En el siguiente apartado se muestran los experimentos llevados a cabo para observar la degradación de la metilisotiazolinona.

5.2.1 FOTÓLISIS

El primer experimento realizado es el de fotólisis. La realización de este experimento es necesaria para poder observar como la degradación de la MIT por si sola no tiene lugar y, por tanto, es necesaria la aplicación de técnicas de oxidación avanzada.

Se toman 250 mL de la disolución de partida y se somete a una hora de radiación, en el simulador solar. El experimento se realiza a un pH de 2,8. Se toma muestra a tiempo 0 y a los 60 minutos. Las muestras tomadas son 2 mL para el HPLC, 4 mL para el fluorímetro y 12 mL para el TOC de líquidos. Además, se mide el pH tanto inicial como el final.

5.2.2 FENTON

Para la realización del proceso Fenton, se toman 250 mL de la muestra de partida y se ajustan a un pH de 2,8. A continuación, se añade la cantidad de Fe^{3+} y de H_2O_2 calculadas anteriormente y se pone en la oscuridad. El experimento comienza una vez se ha añadido el H_2O_2 y se tomaran muestras a los tiempos 0, 2, 5, 10, 15, 30 y 60 minutos.

Las muestras recogidas serán 2 mL para el HPLC, 4 mL para el fluorímetro y 12 mL para el TOC de líquidos. Como en el caso anterior, se medirá el tanto el pH tanto a tiempo 0 como a los 60 minutos.

Para las muestras recogidas en el HPLC y en el fluorímetro, es necesario detener la reacción. En los viales de HPLC se introducen 0,3 mL de metanol y en los de fluorímetro 0,6 mL. Para el TOC de líquidos también hay que detener la reacción. En este caso se emplea una cucharada de sulfito sódico ya que no es posible emplear metanol porque alteraría el número de carbonos de la disolución y, por tanto, el resultado del TOC.

5.2.3 FOTO-FENTON

Para el proceso foto-Fenton se han realizado tres experimentos diferentes. El primero de ellos se realiza a un pH óptimo, el segundo a un pH 5 y el tercero de ellos se realiza a pH 5 añadiendo el doble de H_2O_2 que el calculado estequiométricamente. Se parte para cada uno de los experimentos de 250 mL de la disolución inicial, y se añade el Fe^{3+} y el H_2O_2 calculado. A continuación, se pone la disolución en el simulador solar, irradiando durante 60 minutos. Las muestras se toman a los siguientes tiempos 0, 2, 5, 10, 15, 30 y 60 minutos.

Al igual que en los casos anteriores, se toman 2 mL para el HPLC, 4 mL para el fluorímetro y 12 mL para el TOC de líquidos. También se mide el pH tanto inicial como al tiempo final. Para las muestras recogidas en el HPLC y en el fluorímetro, es necesario detener la reacción. En los

viales de HPLC se introducen 0,3 mL de metanol y en los de fluorímetro 0,6 mL. Para el TOC de líquidos también hay que detener la reacción, en este caso se emplea una cucharada de sulfito sódico.

En la Tabla 3, se muestra un resumen de las cantidades necesarias para realizar el análisis de muestras.

Tabla 3. Resumen de las cantidades necesarias para el análisis de muestra

	HPLC	TOC líquidos	FLUORÍMETRO
Muestra	2 mL	12 mL	4 mL
Inhibidor	0,3 mL metanol	Sulfito sódico	0,6 mL metanol

A continuación, se muestra en la Tabla 4 un resumen de todos los experimentos realizados.

Tabla 4. Resumen experimentos realizados

Nº Experimento	Proceso	pH	Tiempo toma de muestra (min)	HPLC	TOC líquidos	Fluorímetro	Fe3+	H2O2	Luz
1	Fotólisis	2,8	0	x	x	x			x
			60	x	x	x			x
2	Fenton	2,8	0	x	x	x	x	x	
			2	x	x	x	x	x	
			5	x	x	x	x	x	
			10	x	x	x	x	x	
			15	x	x	x	x	x	
			30	x	x	x	x	x	
			60	x	x	x	x	x	
3	Foto-Fenton	2,8	0	x	x	x	x	x	x
			2	x	x	x	x	x	x
			5	x	x	x	x	x	x
			10	x	x	x	x	x	x
			15	x	x	x	x	x	x
			30	x	x	x	x	x	x
			60	x	x	x	x	x	x
4	Foto-Fenton	5	0	x	x	x	x	x	x
			2	x	x	x	x	x	x
			5	x	x	x	x	x	x
			10	x	x	x	x	x	x
			15	x	x	x	x	x	x
			30	x	x	x	x	x	x
			60	x	x	x	x	x	x
5	Foto-Fenton	5	0	x	x	x	x	doble	x
			2	x	x	x	x	doble	x
			5	x	x	x	x	doble	x
			10	x	x	x	x	doble	x
			15	x	x	x	x	doble	x
			30	x	x	x	x	doble	x
			60	x	x	x	x	doble	x

6. RESULTADOS OBTENIDOS

6.1 CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS DE ALTA PRECISIÓN (HPLC)

El tratamiento de fotólisis consiste únicamente en la irradiación de luz UV. Para ello se toman 250 mL de la disolución 5 mg/L de MIT en un matraz aforado. Una vez tenemos el volumen deseado, se introduce en un vaso de precipitados y se coloca bajo del simulador durante una hora.

Una vez transcurrido el tiempo, se analizan los datos obtenidos y se representan. Para ello, se representa la C/C_0 (Concentración/Concentración inicial) frente al tiempo.

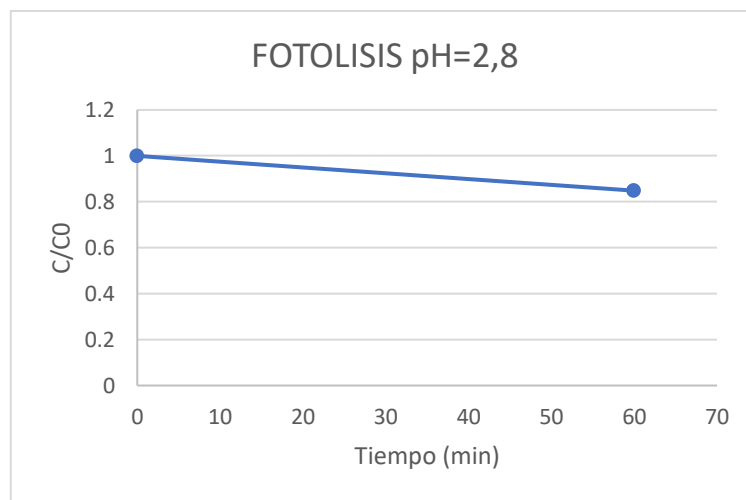


Figura 9. Degradación de la MIT mediante fotólisis a pH 2,8

Como podemos observar en la Figura 9, la degradación de la MIT mediante un tratamiento de fotólisis no es posible. Para comprobar que la concentración de la MIT sigue siendo elevada con el paso del tiempo, se ha representado el porcentaje de MIT en la disolución a tiempo inicial y a tiempo final, la representación la podemos observar en la Figura 10.

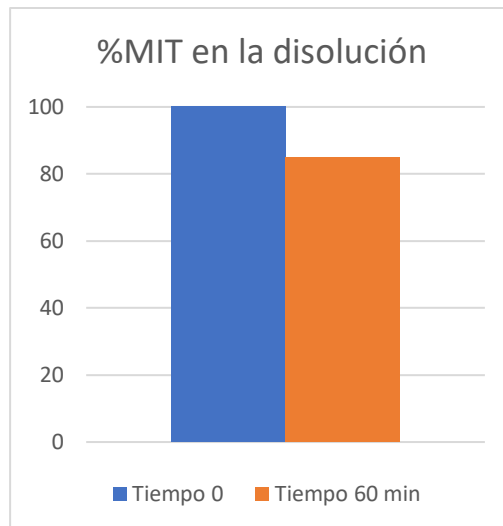


Figura 10. Porcentaje de MIT en la disolución mediante fotólisis 2,8

Tras observar que la MIT no es capaz de degradarse únicamente mediante la irradiación de luz UV, se realizan los tratamientos fotocatalíticos.

El siguiente tratamiento aplicado es el Fenton. Este tratamiento nos permitirá observar si la MIT es capaz de degradarse mediante la adición de H_2O_2 ($60,4 \mu L$) y Fe^{3+} ($6,01 mg$) sin irradiación UV. El tratamiento se realiza a un pH óptimo. Para ello se representa la C/C_0 frente al tiempo.

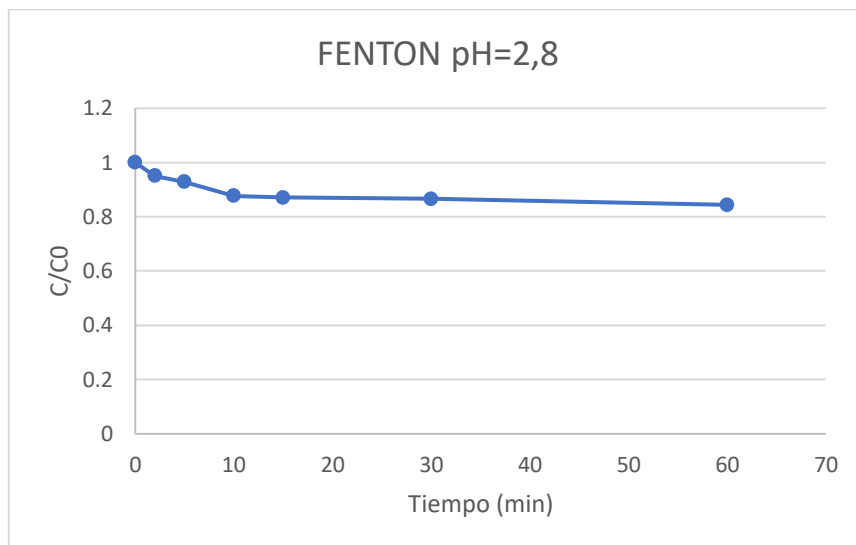


Figura 11. Degradación de la MIT mediante Fenton a pH 2,8

En la Figura 11 se puede observar como la degradación de la MIT mediante el tratamiento Fenton tampoco es posible. La concentración final de MIT en la disolución sigue siendo muy elevada (superior al 80%).

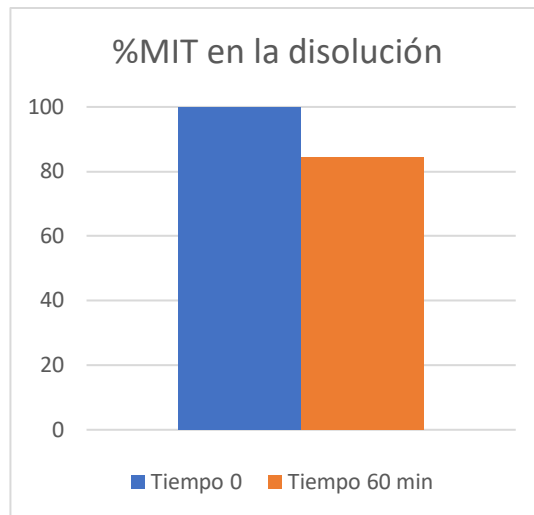


Figura 12. Porcentaje de MIT en la disolución tras Fenton 2,8

Tal y como ocurre con el tratamiento de fotólisis, en la Figura 12 se puede observar que el porcentaje de degradación de la MIT es de aproximadamente el 15 %. Este porcentaje nos indica que la MIT mediante Fenton no es capaz de degradarse en un tiempo de 60 minutos.

A continuación, realizamos el tratamiento foto-Fenton, irradiando con luz UV y añadiendo H_2O_2 ($60,4 \mu L$) y Fe^{3+} ($6,01 mg$). Una vez realizado el experimento y analizadas las muestras obtenidas, se representa C/C_0 frente al tiempo.

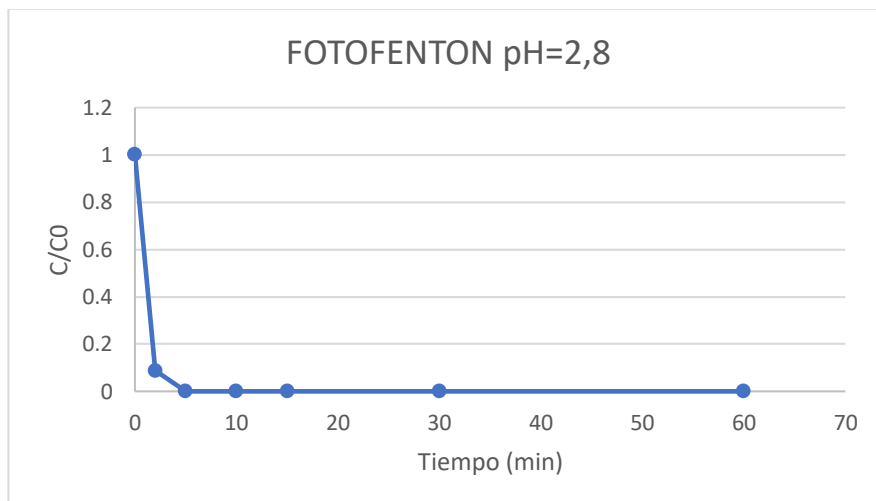


Figura 13. Degradación de la MIT mediante foto-Fenton a pH 2,8

En la representación de la Figura 13, se puede observar cómo tras la aplicación de un tratamiento foto-Fenton a pH óptimo, la MIT es capaz de degradarse por completo. Además, se observa como la cinética de degradación de la MIT es muy rápida, a los dos minutos de tratamiento ya ha sido degradada por completo.

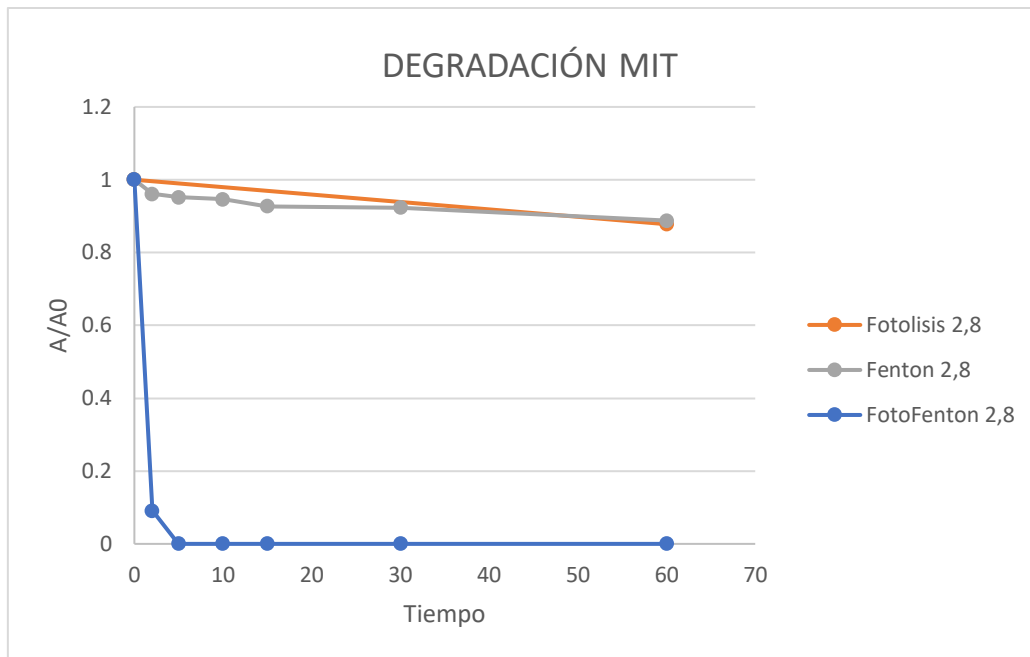


Figura 14. Degradación de la MIT mediante diferentes tratamientos a pH 2,8

Por último, en la Figura 14, se pueden observar los diferentes tratamientos realizados a un pH óptimo. Como se han ido observando en los gráficos anteriores, el único tratamiento que ha sido capaz de degradar la MIT por completo ha sido el tratamiento foto-Fenton a pH óptimo. Respecto a la fotólisis y al Fenton, se puede observar que, a pH óptimo, ambos son capaces de degradar únicamente un 15 % de la MIT.

Una vez comprobado que el foto-Fenton ha sido el único tratamiento capaz de degradar la MIT, se han modificado las condiciones de trabajo para dicho tratamiento y así poder comprobar que el pH 2,8 es el pH óptimo de trabajo.

La primera condición modificada ha sido cambiar el pH de 2,8 a pH 5. El tratamiento foto-Fenton, igual que el caso anterior, consiste en la irradiación de luz UV y la adición de H_2O_2 ($60,4 \mu\text{L}$) y Fe^{3+} . El experimento se realiza durante el mismo tiempo que el anterior (60 min) y una vez transcurrido se representan la C/C_0 frente al tiempo.

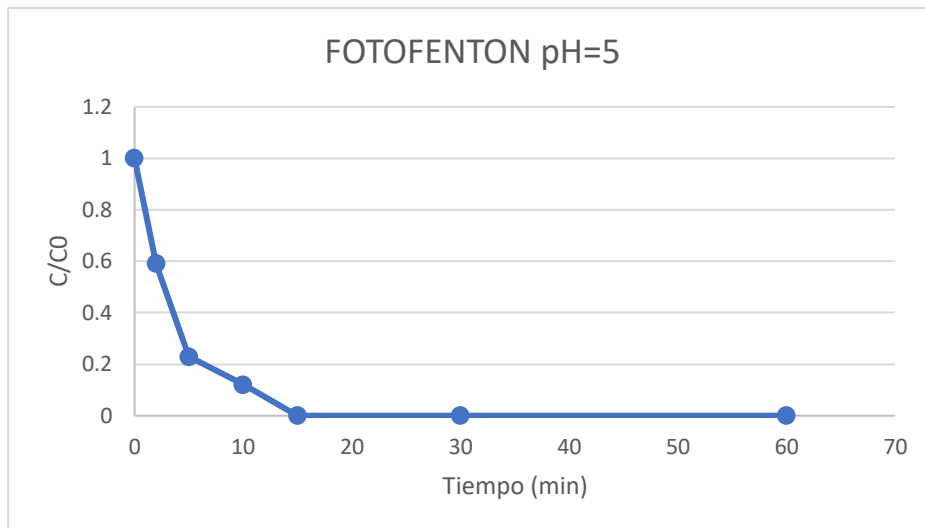


Figura 15. Degradación de la MIT mediante foto-Fenton a pH 5

En la Figura 15 se puede observar que a pH 5 la MIT continúa degradándose por completo, aunque que en este caso la velocidad de degradación es más lenta que a pH óptimo.

Una vez observados los tratamientos de foto-Fenton, se ha realizado una comparación de las velocidades de degradación. Para ello se representa $\ln(C/C_0)$ frente al tiempo, de la parte recta de la Figura 13 y Figura 15.

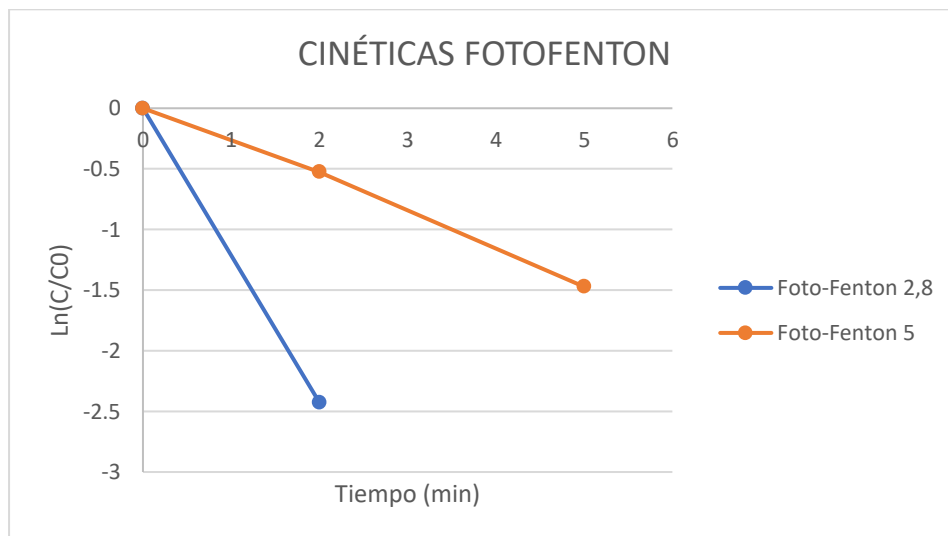


Figura 16. Cinéticas de reacción de los tratamientos foto-Fenton

Como se puede observar en la Figura 16, las pendientes de las rectas indican las constantes cinéticas de cada uno de los tratamientos. Cuanto mayor es la pendiente, mayor es la constante cinética y, por tanto, mayor velocidad de degradación de la MIT.

Tabla 5. Comparación de las constantes cinéticas de velocidad para los diferentes tratamientos foto-Fenton

TRATAMIENTO	pH	H ₂ O ₂ (μL)	Fe ³⁺ (mg)	k
Foto-Fenton	2,8	60,4	6,01	1,2133
Foto-Fenton	5	60,4	6,01	0,2961

Tras haber obtenido todos los resultados, podemos confirmar que la mayor velocidad de degradación corresponde al tratamiento foto-Fenton a un pH óptimo de 2,8.

6.2 FLUORIMETRIA

Tras el análisis de la cromatografía de líquidos y, una vez seleccionado el tratamiento más rápido, se ha empleado como técnica complementaria la fluorimetría.

Esta técnica ha sido empleada para observar como la MIT se ha degradado y para poder ver si se han generado sustancias intermedias.

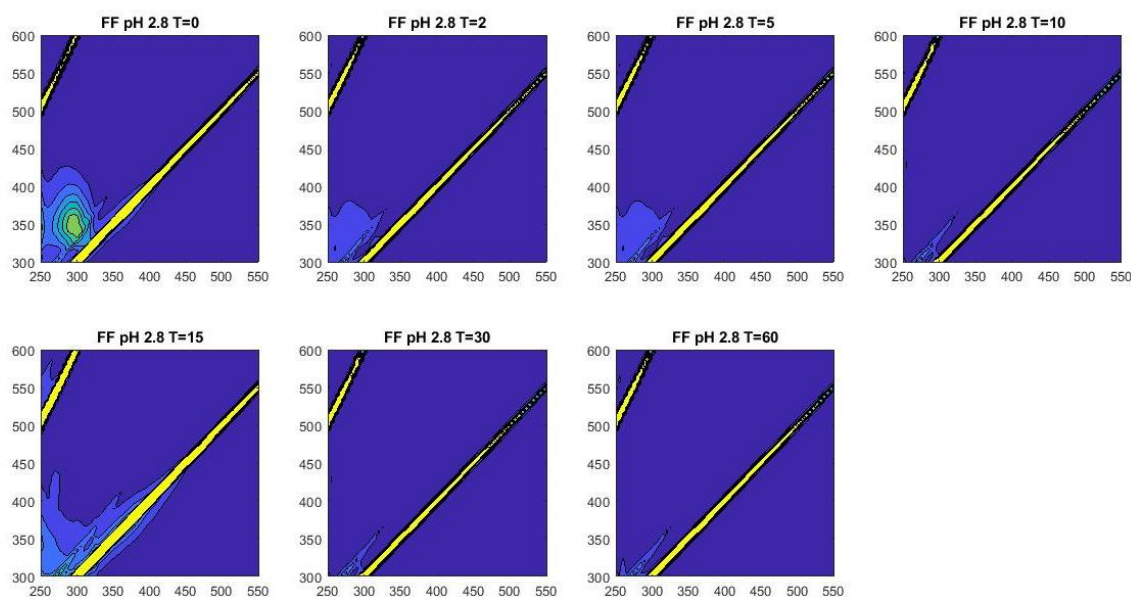


Figura 17. Resultados fluorimetría para el tratamiento foto-Fenton a pH óptimo de 2,8

Tal y como se muestra en la Figura 17, a tiempo inicial ($T = 0$), se observa una mancha, la cual indica la presencia del contaminante que, en este caso, muestra la fluorescencia en esta zona. A medida que avanza el tiempo, la mancha desaparece, por lo que la MIT se ha degradado. Uno de los tiempos que llama la atención es el tiempo 15 minutos ($T = 15$), ya que se observa como

la mancha vuelve a aparecer, aunque muy poco. Esto puede ser debido a la formación de un compuesto intermedio que emite fluorescencia.

6.3 TOC DE LÍQUIDOS

El TOC de líquidos se trata de una técnica que permite observar si el contaminante objeto de estudio ha sufrido una mineralización. En el caso que haya sufrido una mineralización, se observará como la cantidad de carbono disminuye, mientras que si se ha transformado en otros compuestos la cantidad de carbono permanecerá constante.

Para ello es necesario el análisis de una muestra inicial, a tiempo 0, y el análisis de la muestra final. Los resultados que nos proporciona el TOC son:

- TOC: Carbono orgánico total (ppm)
- TC: Carbono total (ppm)
- IC: Carbono inorgánico (ppm)
- TN: Nitrógeno total (ppm)

El resultado que tendremos en cuenta para observar la degradación de la MIT será el valor obtenido de carbono orgánico total (TOC).

El análisis de los resultados no ha podido llevarse a cabo debido al estado de alarma declarado el día 14 de marzo de 2020 hasta el 21 de junio de 2020 debido al COVID-19. Esta situación produjo el cierre de las universidades y con ello el acceso a los laboratorios, impidiendo así que se pudieran obtener los resultados correspondientes.

7. ESCALADO

En el siguiente apartado, se va a proceder al escalado de la planta piloto a una planta a nivel industrial.

Uno de los principales problemas a nivel industrial, surge a la hora de convertir una estructura de producción de laboratorio hasta una escala industrial de producción. Normalmente el proceso de escalado se lleva a cabo en 5 niveles: laboratorio, banco, piloto, semi-industrial e industrial. En este caso se ha llevado a cabo en tres niveles: laboratorio, piloto e industrial.

Algunos autores han definido el escalado como: “El proceso mediante el cual se logra la exitosa puesta en marcha y la operación económica de una unidad a escala comercial basándose, al menos en parte, en resultados de investigaciones realizada a una escala más pequeña.” (González-Castellanos, 2000)

7.1 ESCALA DE LABORATORIO

Se trata del primer nivel de investigación en el cual se determinan las condiciones óptimas de trabajo. Es decir, es el nivel en el cual se puede observar la influencia de diferentes variables macroscópicas como el pH o la temperatura. Además, de la influencia de los reactivos empleados (H_2O_2 y Fe^{3+}).

Otro de los objetivos de este primer nivel, es conocer la cinética de la reacción. En el caso de la degradación de la MIT, observar cuanto tiempo tardará en degradarse o si no es capaz de degradarse.

Una vez cumplidos estos objetivos, este nivel nos permite conocer las características de los nuevos productos formados. Si la degradación ha sido completa se produce una mineralización, es decir, una oxidación completa de la materia orgánica. Si no, habría que observar los intermedios formados y su contaminación. Para ello se realiza el método analítico de TOC de líquidos.

7.2 ESCALA PILOTO

El principal objetivo de la planta piloto es obtener la información necesaria para el diseño de la planta industrial.

La escala piloto nos permite comprobar el correcto funcionamiento del trabajo, pero a un nivel superior al de laboratorio. Además, permite corroborar las condiciones de trabajo establecidas previamente o ver si necesitan ser modificadas.

En este caso, la escala piloto se hubiera realizado en una planta piloto de 5 L y hubiera podido comprobar el correcto funcionamiento y, observar cual es el tiempo de degradación de la MIT en esas condiciones. Una de las cosas para tener en cuenta, es que debido al estado de alarma declarado en el del Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19, la escala piloto no pudo realizarse, por tanto, se suplió con búsqueda de información bibliográfica, siendo el rendimiento a escala industrial mayor que el que se ha obtenido.

7.3 ESCALA INDUSTRIAL

El nivel industrial se trata de una prueba que valida el correcto funcionamiento de los niveles anteriores. En muchas ocasiones, este nivel es muy importante ya que ayuda a ampliar información, sobre todo de los modelos matemáticos, y permite el perfeccionamiento de los equipos y la optimización del proceso.

7.4 CÁLCULOS DE ESCALADO

El primer paso necesario para realizar el cálculo de escalado es conocer las horas de sol útiles disponibles durante el día. Este factor depende de muchas condiciones como la época del año en la que nos encontremos o el clima. Por tanto, se ha realizado una búsqueda para poder determinar dicho valor.



Figura 18. Mapa radiación solar media anual en la Península. (Fuente: ADRASE)

En la Figura 18 se puede observar lo diferentes valores de radiación que hay en España, concretamente en la zona de la Península. Los mayores niveles de radiación se encuentran en la zona sur de la península, por tanto, ésta sería la mejor zona para poner la planta. En la imagen, observamos que la escala de color morado, son las zonas con mayor de radiación, seguidas por

las de tono rojizo y naranja. Por último, las zonas que menos radiación presentan son las de color amarillo, verde y azul sucesivamente.

A continuación, se ha buscado las precipitaciones medias anuales en España. Este mapa nos permitirá localizar la planta en una zona en la que haya pocas precipitaciones. Si el número de precipitaciones es elevado, se reducirá el número de horas útiles de sol y, por tanto, el funcionamiento de la planta no será el deseado.

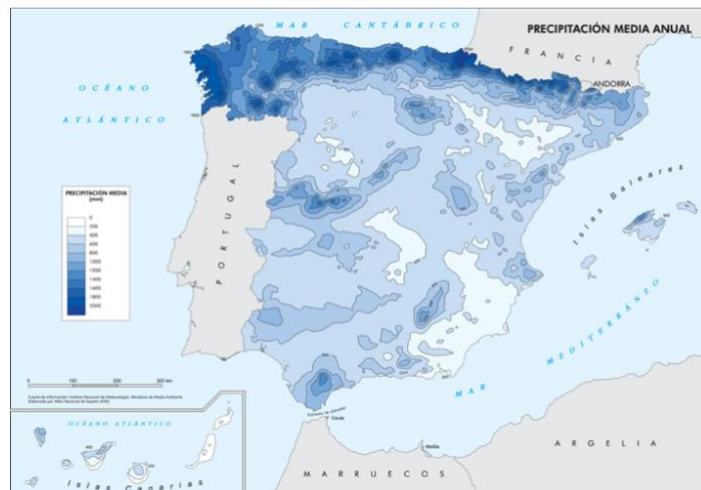


Figura 19. Mapa precipitación media anual en la Península. (Fuente: Instituto Geográfico Nacional)

Tal y como se puede observar en la Figura 19, la mejor zona para la instalación es la zona desde Almería hasta la parte norte de la provincia de Alicante. Las zonas marcadas con tonos de azul oscuro son las que mayores precipitaciones anuales presentan.

Una vez acotada la zona donde podría ubicarse la instalación, se ha buscado el número de horas de sol útiles. Se ha observado una media de horas de sol en cada una de las provincias seleccionadas. En Alicante hay una media de 2.951 horas anuales de sol, mientras que en Murcia y en Almería 3.188 horas anuales de sol. Se ha realizado la media para obtener las horas útiles de sol al día, y se ha obtenido un total de 8 horas de sol al día. Este número de horas no son útiles, ya que la radiación no tiene la misma intensidad durante todo el día. Por ello, se establece que el número de horas útiles de sol diarias es de 6 horas.

Otra de las cosas necesarias para tener en cuenta son las características de la planta piloto y las que tendrá la planta industria. En este caso, la planta piloto (5 L) y la planta industrial (módulos de 25 L) que se va a emplear tienen las mismas características. La planta a nivel industrial que se va a emplear es una planta de fotocátalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001. A continuación, se muestran las características de la planta:

Tabla 6. Características técnicas de la planta fotocatalisis solar SOLARDETOX (25L)

DIMENSIONES	ALTO (mm)	1300
	ANCHO (mm)	1750
	PROFUNDIDAD (mm)	1400
PESO APROXIMADO (Kg)	90	
ESPEJOS	Aluminio CPC	tipo
SUPERFICIE ÚTIL (m²)	2,15	
VOLUMEN DE TRABAJO RECOMENDADO (L)	25	

Además, se establece una cantidad de agua a tratar cada día. En este caso se ha escogido que la capacidad sea de 3000 L/día.

Se ha establecido que el tiempo necesario para la degradación de la MIT es de 15 minutos. Hay que tener en cuenta que la mejor forma para haber realizado el escalado es mediante la radiación acumulada. Este resultado se obtiene del experimento realizado en la plata piloto. Tal y como se ha indicado anteriormente, debido a la extraordinaria situación producida por el COVID-19, no ha sido posible la obtención de resultados. Si conocemos la radiación acumulada de la planta, y el volumen que es capaz de tratar cada módulo, obtenemos la radiación necesaria por módulo, es decir, obtenemos el resultado en J/L como resultado de dividir la radiación acumulada entre los 25 L de cada módulo. Una vez obtenida la radiación que necesita cada módulo, obtenemos la radiación necesaria total, multiplicando la radiación de cada módulo por el flujo que queremos tratar (L/h). El resultado obtenido en J/h lo pasamos a W y lo dividimos entre la radiación media recibida (18 W/m²) para obtener la superficie necesaria de la planta.

De otra forma a la anteriormente explicada, si sabemos que son necesarios 15 minutos y disponemos de un total de 6 horas útiles, se obtiene que se pueden tratar un total de 24 lotes de agua contaminada al día. Conociendo que cada módulo es capaz de tratar 25 L y que hay un total de 24 lotes, se trataran 600 L/día.

Para poder calcular el área irradiada necesaria, se aplica el principio de similitud o semejanza:

$$m' = k \cdot m \quad (22)$$

Donde:

- m' : Valor de la variable a escala industrial
- k : Factor de escalado
- m : Valor de la variable a escala piloto

Sabiendo que la variable industrial es de 3000 L/día y la variable de la de escala piloto es de 600 L/día.

$$3000 \frac{L}{día} = k \cdot 600 \frac{L}{día} \quad (23)$$

$$k = 5$$

Una vez conocida la constante de escalado, sabiendo que la superficie útil es de 2,15 m² para la planta de 25 L, la superficie útil necesaria a nivel industrial será de 10,75 m². Esto quiere decir que serán necesarias un total de 5 módulos de 25 L conectadas para cumplir con el objetivo de 3000 L/día.

Para la planta será necesario la instalación de varias bombas, en este caso con tres bombas sería suficiente. La bomba empleada es la PAN WORLD, en concreto el modelo NH-250PS-3E con un motor de 250 W. Además, sabemos que el caudal es de 120 L/min y la velocidad nominal es de 2700 rpm. (Doménech Calbo, 2018). Cuando la válvula está abierta por completo trabaja con un número de Reynolds superior a 4.000, es decir, trabaja en régimen turbulento, lo cual es necesario para asegurar la homogeneidad en el interior del tubo.

A continuación, se puede observar un resumen del escalado industrial:

Tabla 7. Resumen datos escalado industrial

Volumen diario tratado (L/día)	3000
Horas de sol útiles (h)	6
Número de lotes	24
Volumen tratado por lote (L)	600
Superficie útil (m²)	10,75
Número de módulos por lote	5
Tiempo de tratamiento por lote (min)	15
Bombas necesarias	3

7.4.1 CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE MÓDULOS

En cuanto a cada uno de los módulos instalados, estos se encontrarían inclinados mirando hacia el Sur, y con una inclinación igual a la latitud del sitio donde se encuentren instalados. La latitud en España es de 39° aproximadamente. Si no fuera posible realizar la instalación con dicha inclinación, tendría que realizarse con el valor más próximo posible, normalmente 45° .

Es necesario que entre las filas exista una distancia de seguridad, ya que, si no entre ellas podrían hacerse sombra y, por tanto, el tratamiento aplicado no sería correcto. Para calcular dicha distancia, se ha buscado la condición más desfavorable, que se trata del día 21 de diciembre, donde el Sol tiene una declinación de $-23,45^{\circ}$, es decir, se encuentra en su punto más bajo. El ángulo correspondiente se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\alpha = 90^{\circ} - 39^{\circ} - 23,45^{\circ} = 27,55^{\circ} \quad (24)$$

Donde, 39° corresponde con el valor de la latitud.

Mediante aplicaciones fórmulas trigonométricas, se puede obtener la fórmula para el cálculo de la distancia entre módulos, según la imagen:

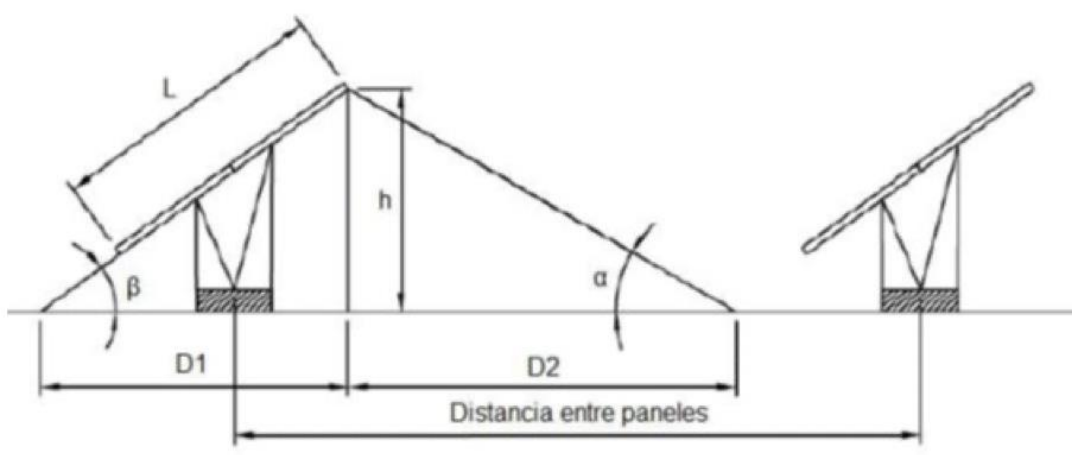


Figura 20. Distancia entre módulos (Fuente: Autor Desconocido)

Una vez obtenido el valor del ángulo, se puede calcular la distancia entre módulos mediante la ecuación (25)

$$D = L \cdot \cos\beta + L \cdot \frac{\text{sen}\beta}{\text{tana}} \quad (25)$$

Donde:

- L : Longitud de los módulos

- β : ángulo de inclinación de los módulos (latitud)
- α : ángulo formado con el Sol en la posición más desfavorable

Por tanto, se obtiene que la distancia de seguridad entre las filas debe de ser de 2,58 m.

7.5 PLANOS

En el siguiente apartado se muestran los planos del esquema hidráulico de un módulo de 25L, además un esquema de los bornes de conexión del radiómetro. Ambos, han sido extraídos del manual de la planta de fotocátalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001. Los planos se muestran en la Figura 22 y la Figura 21 respectivamente. Además, se muestra un ejemplo de distribución en planta de los 5 módulos (Figura 24) y un esquema de un módulo desde arriba, planta (Figura 23).

Tal y como se observa en la distribución en planta, podemos ver como los módulos de la misma fila, los tubos se encuentran acoplados unos a otros, sin necesidad de mantener una distancia de seguridad, para minimizar el número de tubos. En cuando a las diferentes filas, es necesario que entre ellos exista la distancia de seguridad previamente calculada, de este modo, se evitará que se hagan sombra entre ellos.

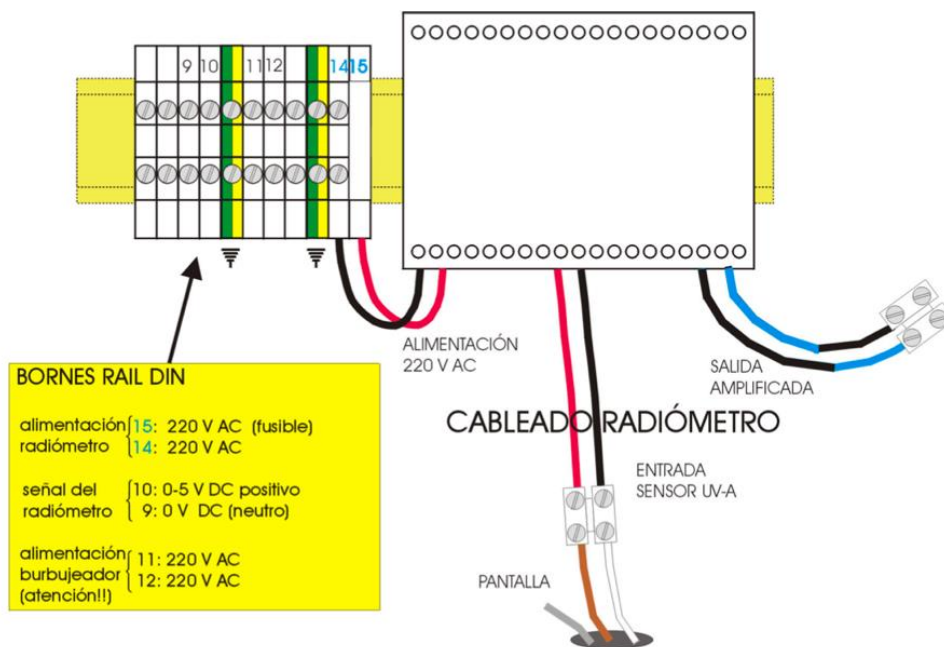


Figura 21. Bornes de conexión del radiómetro (Fuente: manual de la planta de fotocátalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001)

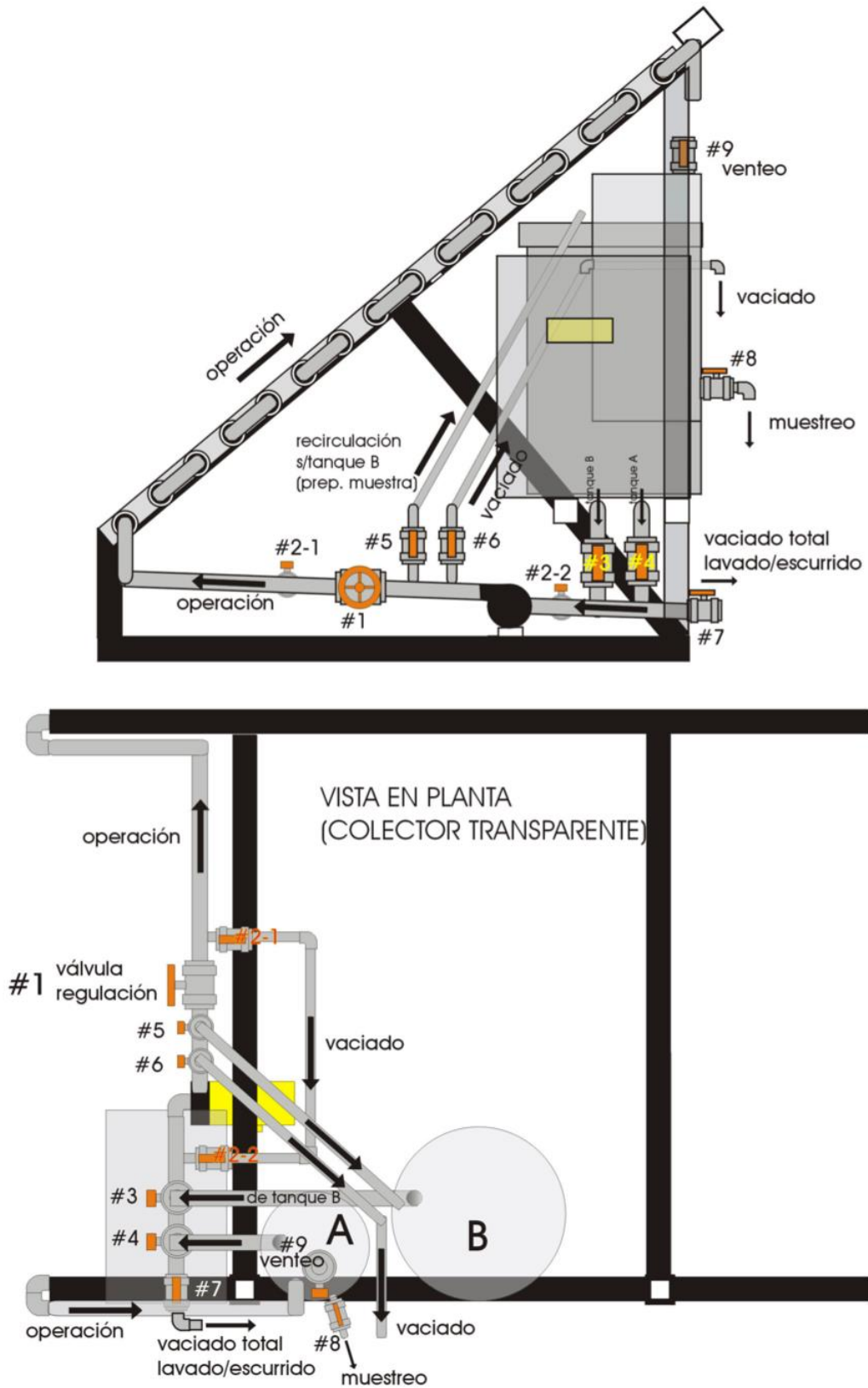
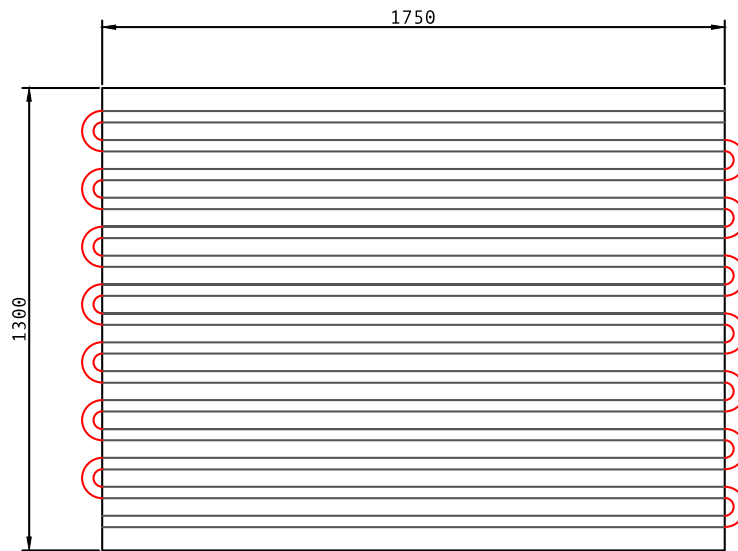


Figura 22. Esquema hidráulico (Fuente: manual de la planta de fotocátalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001)



Proyecto: APLICACIÓN DE UN TRATAMIENTO DE OXIDACIÓN AVANZADA PARA LA ELIMINACIÓN DE LA METILISOTIAZOLINONA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES

Módulo de una planta de fotocatalisis solar SolarDetox Acadus2001

AUTOR Carla Tortosa Jordá	FECHA Abril 2020	ESCALA 1:15	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÉNCIA
------------------------------	---------------------	----------------	---

Figura 23. Planta de fotocatalisis solar SOLARDETOX ACADUS-2001. Un módulo visto desde arriba (Planta)

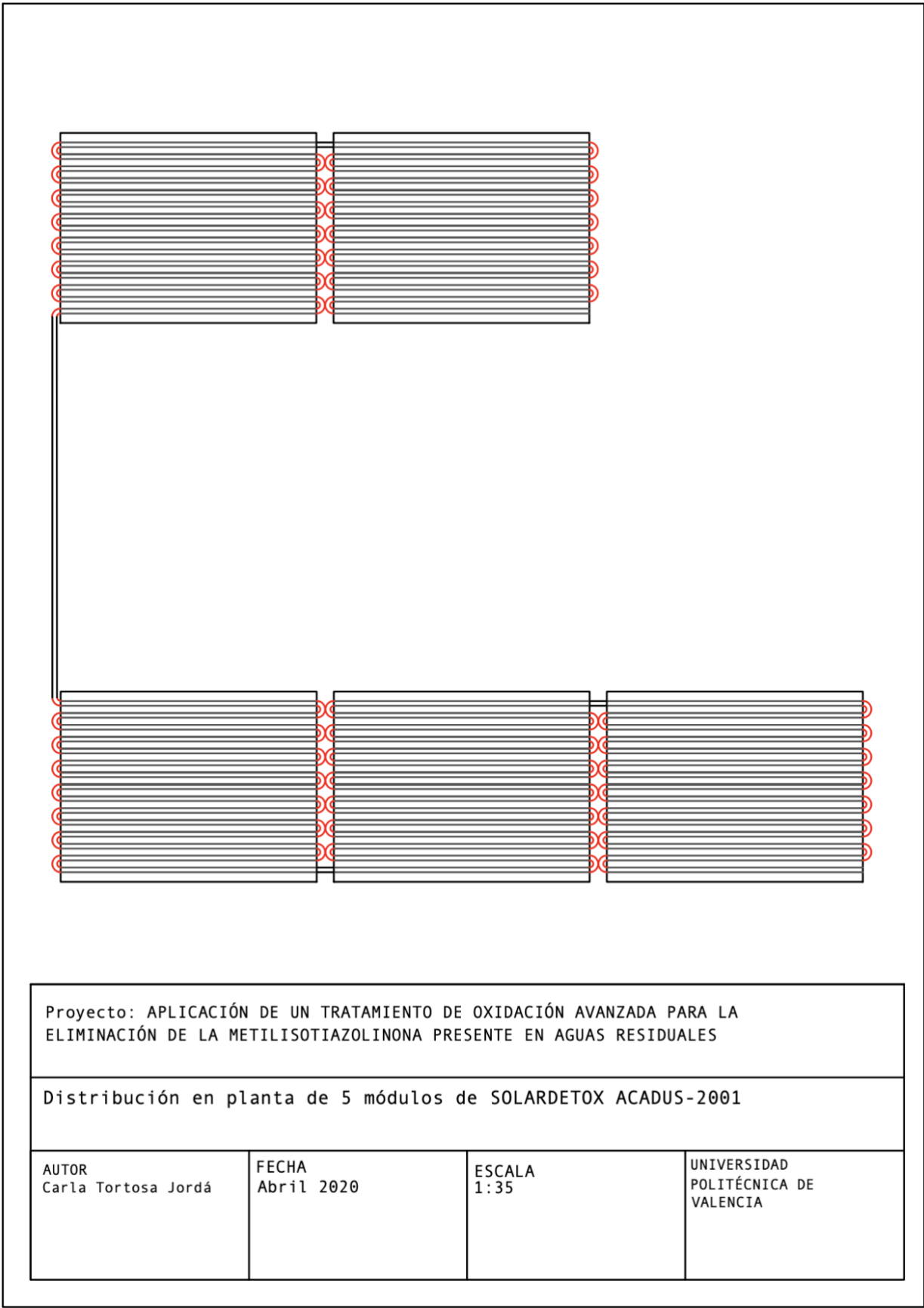


Figura 24. Distribución en planta de 5 módulos SOLARDETOX ACADUS-2001

8. ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO

En el siguiente apartado se proporciona toda información de carácter monetario, relacionado con el estudio anterior, el cual nos indicará si el proyecto es factible o no. El principal objetivo del apartado es determinar tanto los costes fijos como los costes variables, el gasto de inversión y el gasto operacional.

8.1 COSTE DE INVERSIÓN

El coste de inversión (C_I), también conocido como coste pre-operativo, es aquel que corresponde a la adquisición de los activos necesarios para poner en funcionamiento el proyecto. En este caso, el activo necesario serán los módulos de 25 L necesarios para llevar a cabo el tratamiento del agua residual.

El primer paso es conocer cuál es el precio de un módulo de 25 L. Es necesario que el módulo sea de las mismas características que la planta piloto empleada para hacer el escalado. Es decir, que tenga colectores tipo CPC, el mismo tipo de tubos, etc. Para ello se ha empleado un estudio llevado a cabo por la Plataforma Solar de Almería (PSA) el cual indica que el precio es de 1000 €/m². El precio indicado incluye las bombas, las tuberías y los accesorios necesarios. “En base a la experiencia del grupo de investigación, el valor de los costes base de una planta con colectores tipo CPC para el foto-Fenton solar es de, aproximadamente 1000 €/m², incluyendo bombas, tuberías y accesorios.” (Cabrera Reina, 2013; Cabrera et al.,2014)

El gasto de inversión de la planta industrial se calcula mediante la aplicación de la ecuación (26).

$$C_I = \frac{S_p \cdot C_p}{V_u} \quad (26)$$

Donde:

- S_p : Superficie planta industrial (m²)
- C_p : Coste de la planta (€/m²)
- V_u : Vida útil de la planta (años)

La vida útil de la planta se ha establecido según el tipo de equipo empleado. Al tratarse de un equipo estático que no sufre grandes cambios de temperatura y, además, que está adaptado a las condiciones de trabajo, puede suponerse que su vida útil sea de un máximo de 30 años. Al tratarse de un máximo, en este caso va a suponerse un tiempo de vida útil de 20 años. Esta estimación es debida a que los principales problemas que sufren este tipo de equipos son problemas de corrosión externa o interna. Sabiendo que se emplea agua y peróxido de

hidrógeno, el cual general radicales hidroxilos ($\cdot\text{OH}$), la probabilidad de corrosión de equipo es elevada.

El gasto de inversión de la planta será en total de 10.750 €. Esto implica que el gasto de inversión de la planta anual sea de 537,5 €/año.

Tabla 8. Datos del cálculo del gasto de inversión para la planta industrial

$S_p(m^2)$	10,75
$C_p(€/m^2)$	1000
V_u (año)	20
Coste inversión (€/año)	537,5

8.2 COSTE FIJOS

El coste fijo es aquel no se ve modificado en un corto periodo de tiempo y, además, es independiente de la actividad de la empresa. Este coste se ve repetido sin importar qué cambios hayan sido aplicados o el nivel de producción de la empresa. En este caso, el nivel de producción será la cantidad de agua residual tratada.

Normalmente este coste no puede ser evitado ya que se trata de un coste operacional necesario para que la empresa funcione. Los costes fijos presentan una gran ventaja respecto a los variables, ya que pueden anticiparse y controlarse con mayor facilidad.

8.2.1 COSTE DEL PERSONAL

El coste del personal (C_p) es aquel que les corresponde a los trabajadores como remuneración del trabajo realizado. En este caso, una vez el equipo ha sido instalado y puesto en marcha, se ha considerado que solo hace falta el empleo de un técnico de laboratorio. Dicho técnico, será el encargado de llevar a cabo la tarea de carga y descarga del equipo, del control de dosificación de los reactivos y de comprobar que el pH sea el indicado.

El coste de personal ha sido extraído de la publicación del BOE el Jueves 23 de enero de 2020, Núm.20, Sec.III, Pág.6884. Tal como aprobó el 14 de enero de 2020 la dirección general de trabajo, el salario base mensual de un técnico de laboratorio es de 1.369,99€.

El funcionamiento de la planta se encuentra regido por el calendario de días inhábiles para el año 2020 publicado en el Boletín Oficial del Estado el miércoles 4 de diciembre de 2019,

Núm.291, Sec.I, Pág. 132783-132785. El número de días laborables es de 251 días, con un total de 115 días inhábiles, incluyendo sábados y domingos.

Tabla 9. Datos del coste para un técnico de laboratorio anual

Salario mensual base técnico laboratorio (€/mes)	1.369,99
Salario anual base técnico de laboratorio (€/año)	16.439,88
Pagas extras técnico de laboratorio (€/año)	2.739,98
Complementos salariales (€/año)	1.113,00
Coste anual técnico laboratorio (€/año)	20.292,86

Se realiza la estimación de que, del coste total del técnico, únicamente es un 15 % del salario corresponderá a la vigilancia de la planta, por tanto, el coste del personal será de **3.043,93 €/año**. El resto del tiempo, el personal será destinado a otras funciones de la empresa.

8.2.2 COSTE DE MANTENIMIENTO

El coste de mantenimiento es aquel que tiene la empresa como consecuencia del uso de las instalaciones. Este coste pretende que tanto las instalaciones como lo elementos necesarios para llevar a cabo la actividad se conserven en perfecto estado.

Hay que tener en cuenta que es este gasto no están incluidas las sustituciones o reparaciones de equipos causadas por defecto de fábrica, ya que estos se encuentran incluidos en la garantía proporcionada por la empresa proveedora.

Según el libro *Ingeniería del mantenimiento*: “El coste anual de mantenimiento puede estimarse entre el 2 % y el 3 % del coste de equipos y el montaje.”

Conociendo que el coste de inversión, se podrá calcular el coste de mantenimiento.

Tabla 10. Datos para el coste mantenimiento anual de la planta industrial

Coste de inversión (€/año)	Coste de mantenimiento (€/año)
537,5	16,13

8.2.3 COSTE DE AMORTIZACIÓN

El coste de amortización (C_A) se obtiene a partir del CRF (Capital Recovery Factor), es decir, el factor de retorno de la inversión.

$$CRF = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad (27)$$

Donde:

- i : interés del préstamo
- n : número de años

El valor del interés se obtiene a través de ICO (Instituto de Crédito Oficial), en el listado nacional de Empresas y Emprendedores.

Tabla 11. Datos coste de amortización de la planta industrial

Coste de inversión (€)	10.750
i(%)	4,972
Número de años	20
CRF	0,08

El coste de amortización de la planta será de **860,56 €/año**.

8.3 COSTES VARIABLES

Los costes variables son aquellos que sí que varían dependiendo de la actividad de la empresa. Cuanto mayor sea la actividad de la empresa, mayor serán estos costes variables.

A continuación, en la Figura 25, se muestra una representación gráfica que muestra los costes fijos y los costes variables de una empresa.

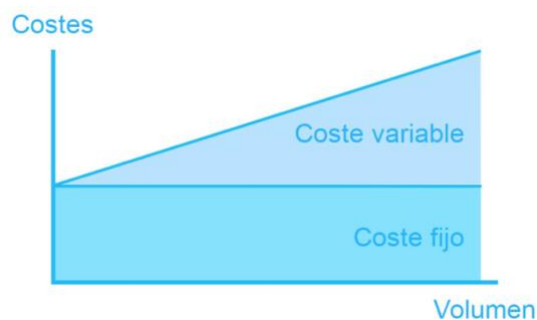


Figura 25. Representación de los costes fijos y variables de una empresa en función de la producción

Tal y como se muestra en la Figura 25, los costes variables aumentan a medida que el volumen de producción o la actividad de la empresa aumenta. Además, se puede observar como los costes fijos son independientes de la actividad, tal y como se ha mencionado en el apartado anterior.

8.3.1 COSTE ENERGÉTICO

El coste energético (C_E) es la cantidad de energía eléctrica que necesita la planta para su funcionamiento.

Para conocer el coste energético de la planta, es necesario conocer las tarifas de luz. Para ello se han utilizado las tarifas de la Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima (ENDESA), la tarifa escogida ha sido la tarifa para empresa *One Luz + OKLuz Assist*. El coste de energía es de 0,119893 €/kWh.

Sabiendo que cada uno de los módulos instalados consume un total de 60 W y las tres bombas consumen 250 W cada una; la planta industrial consumirá un total de 1,05 kW.

Para el cálculo de los costes energéticos, se emplea la ecuación (28).

$$C_E = \frac{P_E \cdot W \cdot D \cdot t_w}{V_T} \quad (28)$$

Donde:

- P_E : Coste de energía (€/kWh)
- W : Potencia planta industrial (kW)
- D : días laborables (días)
- t_w : horas diarias de trabajo (h/día)
- V_t : Volumen de trabajo anual ($\frac{m^3}{año}$)

Conocidas todas las variables de la ecuación, se sabe que el coste energético de la instalación anual es de 0,25 €/m³, es decir, un total de **189,59 €/año**.

8.3.2 COSTE PRODUCTOS QUÍMICOS

El coste de los productos químicos es otro de los factores que hay que tener en cuenta a la hora de realizar el estudio económico. Dicho coste será calculado a partir del volumen total que trata la planta, calculando la cantidad estequiométrica correspondiente a cada producto.

Partiendo de que el volumen diario a tratar por la planta es de 3000 L/día, se ha calculado que la cantidad de H₂O₂ al 30 % w/w necesaria será de 0,73 L/día y que la cantidad de Fe (III) será

de 72,12 g/día. Es decir, será necesario 183,23 L/año de H₂O₂ 33 % w/w y 18,11 kg/año de Fe (III). Además, será necesario disponer de H₂SO₄ y de NaOH para poder ajustar la disolución a un pH óptimo de 2,8.

Para la obtención de los precios de los productos químicos, se ha hecho uso de las bases de datos de las siguientes empresas Vadequímica:

- Peróxido de hidrógeno (H₂O₂) 30% w/w → 34,99€/25L
- Cloruro férrico (FeCl₃ · 6 H₂O) → 144,99€/60kg
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 50% → 27,00€/25L
- Hidróxido de sodio (NaOH) → 53,00€/25L

Por tanto, el coste de los productos químicos ascenderá a un total de **531,91 €/año**, es decir, 0,71 €/m³.

8.4 COSTE DE OPERACIÓN

El coste de operación (C_O) es aquel relacionado con la operación de una empresa diaria e incluyen todos los costes para operar. Es decir, se trata del sumatorio de los costes fijos y de los costes variables, sin incluir el coste de inversión.

El coste de operación se calcula mediante la ecuación (29).

$$C_O = C_P + C_M + C_A + C_E + C_{PQ} \quad (29)$$

Donde:

- C_P : Coste de personal (3.043,93 €/año)
- C_M : Coste de mantenimiento (16,13 €/año)
- C_A : Coste de amortización (860,56 €/año)
- C_E : Coste energético (180,56 €/año)
- C_{PQ} : Coste productos químicos (531,91 €/año)

De esta forma, se obtiene un coste de operación de **4.633,09€/año**.

8.5 COSTE TOTAL

El coste total es el correspondiente a la suma de los costes de operación, anteriormente calculados, y al coste de inversión, según la ecuación (30).

$$C_T = C_O + C_I \quad (30)$$

Donde:

- C_0 : Coste de operación (4.633,09 €/año)
- C_I : Coste de inversión (537,5 €/año)

Siendo el coste total de **5.170,59 €/año**.

Por último, se muestra una tabla resumen en la cual se detallan cada uno de los costes de la planta (Tabla 12) y el porcentaje que equivalen respecto al coste total (Figura 26).

Tabla 12. Resumen del coste de la planta anuales y totales en 20 años

	Inversión	Personal	Mantenimiento	Amortización	Energía	Productos químicos	TOTAL
€	10.750	60.878,6	322,6	17.211,2	3.791,8	10.638,2	103.411,8
€/año	537,5	3.043,93	16,13	860,56	189,59	531,91	5.170,59

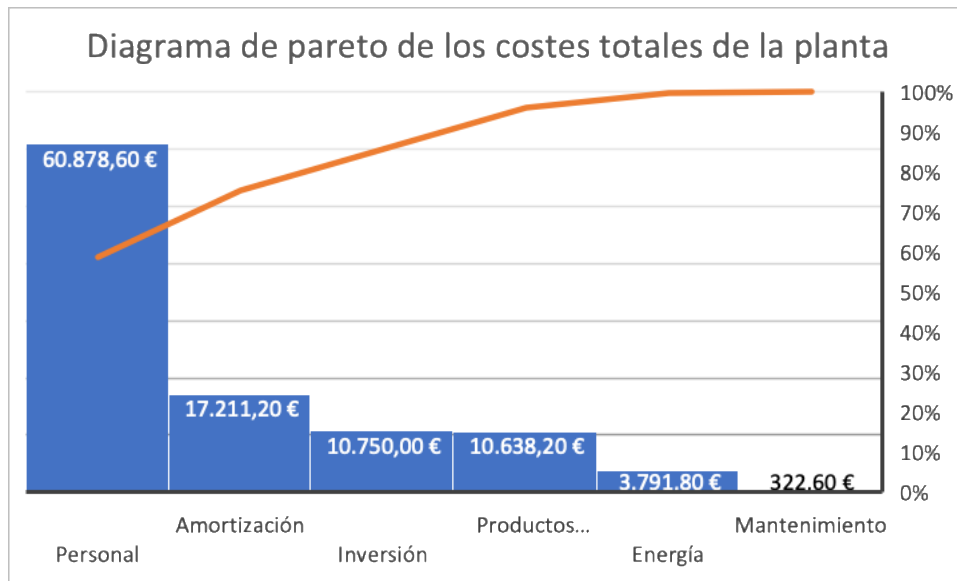


Figura 26. Pareto de costes

Tal y como se observa en la Figura 26, los gastos de personal son lo que mayor porcentaje implican respecto al total, mientras que los costes de mantenimiento son los que menor porcentaje representan.

9. CANON DE SANEAMIENTO

Según la Entitat de Sanejament d'Aigües (EPSAR), el canon de saneamiento se define como “un impuesto ecológico con el fin de mejorar el nivel de conservación del Medio Ambiente.” Por tanto, se trata de un tributo de la Generalitat Valenciana, que viene determinado por la Ley 2/1992, de 26 de marzo, de Saneamiento de las Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana y, que es exigido desde 1993. La recaudación del tributo se destina cubrir los gastos de gestión y de explotación de las plantas de tratamiento y depuración de aguas residuales públicas.

9.1 TARIFAS DEL CANON 2020

Las tarifas del canon se encuentran divididas en usos domésticos y en usos industriales. En este caso, se prestará atención a la tarifa del canon para uso industrial.

La cuota de consumo para el año 2020 es de 0,570€/m³. A continuación, en la Tabla 13, se muestran las cuotas de servicio en función del calibre del contador.

Tabla 13. Tarifa canon 2020 para uso industrial (Fuente:EPSAR)

CALIBRE DEL CONTADOR	CUOTA DE SERVICIO (€/año)
Hasta 13 mm.	116,39
Hasta 15 mm.	174,48
Hasta 20 mm.	290,65
Hasta 25 mm.	407,05
Hasta 30 mm.	581,67
Hasta 40 mm.	1.163,34
Hasta 50 mm.	1.745,02
Hasta 65 mm.	2.326,47
Hasta 80 mm.	2.908,34
Más de 80 mm.	4.071,50

El valor del calibre del contador viene determinado en el Decreto 266/1994, de 30 de diciembre, del Gobierno valenciano, por el que se aprobó el Reglamento sobre el Régimen Económico-Financiero y Tributario del Canon de saneamiento (D.O.G.V. núm. 2.418, de 31 de diciembre).

“Para el cálculo de la cuota de servicio, cuando no existan contadores y se trate de usuarios a los que sean de aplicación las tarifas por usos industriales, se utilizará la siguiente equivalencia entre consumo de agua y calibre del contador”. A continuación, se muestra la tabla de equivalencias.

Tabla 14. Equivalencia entre consumo de agua y calibre del contador. (Fuente: EPSAR)

METROS CÚBICOS / AÑO	CALIBRE DEL CONTADOR (mm)
Hasta 5.000	13
De 5.001 a 7.500	15
De 7.501 a 12.500	20
De 12.501 a 17.500	25
De 17.501 a 25.000	30
De 25.001 a 50.000	40
De 50.001 a 75.000	50
De 75.001 a 100.000	65
De 100.001 a 125.000	80
Más de 125.000	Mayor de 80

Por tanto, la planta empleada para el tratamiento de la MIT tendrá un calibre de contador de 13 mm, ya que el volumen es de 3000 L/día, es decir, 753 m³/año.

9.2 CÁLCULO DEL CANON DE CONTROL DE VERTIDOS

En el siguiente apartado, se procede al cálculo del canon de control de vertidos para el caso en el que el tratamiento se aplica y para el caso en el que no se aplica tratamiento con la finalidad de obtener el ahorro.

Para el cálculo del canon de control de vertidos, hay que tener en cuenta tanto el volumen de vertido autorizado como el precio unitario de control de vertidos. El precio unitario se calcula haciendo uso de un coeficiente de mayoración o minoración establecido en la Ley.

El cálculo del coeficiente de mayoración o minoración del canon de control de vertidos, se muestran en el Anexo IV del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas.

$$\frac{\text{Cuota variable}}{\text{Volumen vertido}} = (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3) \cdot \text{Cuota unitaria} \quad (31)$$

Donde:

- K_1, K_2 y K_3 : coeficientes de mayoración o minoración del canon de control de vertidos
- *Cuota unitaria*: cuota de consumo para el año 2020 → 0,570€/m³

9.2.1 CÁLCULO DEL CANON DE CONTROL DE VERTIDOS SIN TRATAMIENTO

A continuación, se muestran cada uno de los coeficientes aplicados para los vertidos sin tratamiento.

1. Naturaleza del vertido → Agua residual industrial
2. Características del vertido → Industrial clase 2=1,09
3. Grado de contaminación del vertido → Industrial sin tratamiento adecuado= 2,5
4. Calidad ambiental del medio receptor → Vertido en zona de categoría III= 1

La característica del vertido ha sido determinada mediante la siguiente tabla.

Tabla 15. Clasificación de los vertidos según la actividad industrial (Fuente: BOE)

Clase	Grupo	Descripción
Clase 1.	0	Servicios.
	1	Energía y Agua.
	2	Metalurgia.
	3	Alimentación.
	4	Conservera.
	5	Confeción.
	6	Madera.
	7	Manufacturas diversas.
	7 Bis	Agricultura, caza y pesca.
7 Ter	Gestión de Residuos.	
Clase 2.	8	Minería.
	9	Química.
	10	Construcción.
	11	Bebidas y tabaco.
	12	Carnes y lácteos.
	13	Textil.
Clase 3.	14	Papel.
	15	Curtidos.
	16	Tratamiento de superficies.
	17	Zootecnia.

Además, la calidad ambiental del medio receptor viene determinada por el Registro de Zonas Protegidas de la Demarcación Hidrográfica.

Tabla 16. Clasificación de la calidad ambiental del medio receptor (Fuente: BOE)

Categoría I	Masas de agua en las que se realiza una captación de agua destinada a consumo humano.
	Masas de agua declaradas de uso recreativo, incluidas las zonas declaradas aguas de baño.
	Zonas declaradas vulnerables en aplicación de las normas sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.
	Zonas declaradas sensibles en aplicación de las normas sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas.
	Zonas de protección de hábitats o especies en las que el mantenimiento o mejora del estado del agua constituya un factor importante de su protección.
	Perímetros de protección de aguas minerales y termales aprobados de acuerdo con su legislación específica.
	Reservas hidrológicas declaradas mediante acuerdo del Consejo de Ministros.
Categoría II	Aguas subterráneas.
	Zonas de protección de especies acuáticas significativas desde el punto de vista económico.
Categoría III	Otras zonas protegidas incluidas en el Registro de Zonas Protegidas.
	Las no incluidas en las categorías anteriores.

Por tanto, el valor del canon de control de vertidos sin tratamiento es de $1,553 \text{ €/m}^3$, es decir, $1.169,60 \text{ €/año}$.

9.2.2 CÁLCULO DEL CANON DE CONTROL DE VERTIDOS CON TRATAMIENTO

A continuación, se muestran cada uno de los coeficientes aplicados para los vertidos con tratamiento. Se vuelve a aplicar la ecuación (31).

1. Naturaleza del vertido → Agua residual industrial
2. Características del vertido → Industrial clase 2= 1,09
3. Grado de contaminación del vertido → Industrial con tratamiento adecuado= 0,5
4. Calidad ambiental del medio receptor → Vertido en zona de categoría III= 1

Por tanto, el valor del canon de control de vertidos con tratamiento es de $0,311 \text{ €/m}^3$, es decir, $234,18 \text{ €/año}$.

9.3 AHORRO ANUAL

El cálculo del canon de control de vertidos con tratamiento y sin tratamiento, permiten el cálculo del ahorro anual, el cual muestra el ahorro que supone un correcto tratamiento de las aguas residuales.

$$\text{Ahorro} = \text{Canon sin tratamiento} - \text{Canon con tratamiento} \quad (32)$$

$$\text{Ahorro} = 1.169,60 - 234,18 = 935,42 \text{ €/año} \quad (33)$$

Hay que tener en cuenta, que al tratarse de una instalación que aún no esta amortizada, por tanto, hay que añadir el valor del coste total anual, obtenido en la ecuación (30).

$$\text{Beneficio Neto} = \text{Ahorro} - C_T = 935,42 - 5.170,59 = -4.235,17 \text{ €/año} \quad (34)$$

10. RENTABILIDAD

La rentabilidad es la relación entre el beneficio obtenido del proceso con el coste de la inversión.

Por tanto, la rentabilidad se obtiene mediante la aplicación de la ecuación

$$Rentabilidad = \frac{Beneficio\ Neto}{Gasto\ inversión} \cdot 100 \quad (35)$$

$$Rentabilidad = \frac{-4.235,17\ \text{€/año}}{5.170,59\ \text{€/año}} \cdot 100 = -81,91\% \quad (36)$$

Tal y como se puede observar se ha obtenido una rentabilidad negativa (ecuación (36)). Este era un resultado esperado, ya que los tratamientos de agua residual suelen ser poco rentables económicamente. Hay que tener en cuenta que, a pesar de esta rentabilidad, los tratamientos son necesarios, ya que suponen un beneficio ambiental elevado y, además, si no se realizaran, existirían sanciones económicas que pueden llegar a ser muy elevadas.

Las sanciones económicas existentes aparecen detalladas en la Ley 2/1992, de 26 de marzo, del Gobierno Valenciano, de saneamiento de las aguas residuales de la Comunidad Valenciana. DOCV núm.1761 de 08.04.1992 (Ref.0805/1992). El cual indica que las sanciones por infracciones de vertido de aguas residuales y por una incorrecta aplicación del canon de saneamiento pueden suponer hasta una sanción de 30.000€.

Respecto a los beneficios que supone para el medio ambiente, son muchos. Algunos de los principales beneficios son los siguientes:

- Convertir las aguas residuales en agua reutilizable
- Eliminación de productos tóxicos
- Minimización de residuos generados

11. CONCLUSIONES

Tras los resultados anteriormente expuestos, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- La MIT no es capaz de degradarse por sí sola, es decir, es necesario la aplicación de un tratamiento de oxidación avanzada.
- Se ha observado que el tratamiento más efectivo ha sido el foto-Fenton a pH óptimo, además, también es el más rápido.
- Es necesaria la aplicación de radiación. Con el tratamiento Fenton se han obtenido resultados similares a la fotólisis.
- Uno de los principales inconvenientes del tratamiento foto-Fenton a pH óptimo es tener que bajar el pH a 2.8 ya que luego sería necesario volver a aumentar el pH para poder verter el agua residual.
- Es necesaria la aplicación de diversas técnicas analíticas para observar la degradación de la MIT.
 - o La cromatografía de líquidos permite determinar rápidamente si el contaminante se ha degradado y la velocidad de degradación. Además, permite observar si se ha formado algún compuesto intermedio con la aparición de nuevos picos.
 - o La fluorimetría permite corroborar que el contaminante se ha degradado y permite observar si se han formado intermedios fluorescentes.
 - o El TOC de líquidos permite observar si la materia orgánica ha sido transformada a CO₂ y H₂O, es decir, permite ver si se ha producido una mineralización del contaminante.

Respecto a los resultados obtenido en el estudio económico y la rentabilidad se han extraído las siguientes conclusiones:

- El coste que representa un mayor porcentaje del total de los costes es el coste del personal, representando casi un 60 % del coste total.
- El canon de saneamiento con tratamiento representa un ahorro de 935,42 €/año.
- La rentabilidad del tratamiento es negativa, ya que se trata de un trabajo que no le genera beneficios a la empresa.
- Es necesaria la descontaminación del agua residual ya que si no la empresa podría someterse a multas de hasta 30.000€.

12. BIBLIOGRAFIA

Amat, Ana M; López-Pérez, M.F.; Arques, Antonio. (2015). *Effect of Methylisothiazolinone on Biological Treatment: Efficiency of SBRs and Bioindicative Studies*. Environmental Engineering Science, 32(6).

Arques Sanz, Antonio; Amat Payá, Ana M; González, Mónica C; Mártire, Daniel O. (2009). *Procesos químicos y fotoquímicos ambientalmente benignos para la degradación de efluentes acuosos industriales*. Cuadernos de Investigación en la Ingeniería. VOL-I-2009. ISBN 978-84-268-1485-2

Baird C.C. (1999) Environmental Chemistry. W.H. Freeman and Company New Cork

Burnett, Christina L; Bergfeld, M. D; Belsito, Donald V; Klaassen, Curtis D; Marks Jr, James G; Shank, Ronald C; Slaga, Thomas J; Snyder, Paul W; Andersen, F.Alan. (2010). *Final report of the safety assessment of methylisothiazolinone*. International Journal of Toxicology, 29 (3).

Cabrera, A; Casas, J; Maldonado, M; Santos-Juanes, L. (2014). *Combinación de fotocátalisis solar con biorreactores de membrana para el tratamiento de aguas tóxicas*. Modelado del proceso foto-Fenton como herramienta de diseño y optimización.

Cabrera Reina, A. (2013). *Combinación de Fotocátalisis Solar con Biorreactores de Membrana para el Tratamiento de Aguas Tóxicas. Modelado del Proceso Foto-Fenton como Herramienta de Diseño y Optimización*. Tesis doctoral del departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería en colaboración con la Plataforma Solar de Almería.

Calculadora estequiométrica online (<https://es.intl.chemicalaid.com>)

Carbajo, Jose B; Perdigón-Melón, Jose A; Petre, Alice L; Rosal, Roberto; Letón, Pedro; García-Calvo, Eloy. (2014). *Personal care product preservatives: Risk assessment and mixture toxicities with an industrial wastewater*. Elsevier.

Castanedo-Tardana, Mari Paz; Zug, Kathryn A. (2013). *Methylisothiazolinone*. American Contact Dermatitis Society, 24.

DECRETO 266/1994, de 30 de diciembre, del Gobierno valenciano, por el que se aprueba el Reglamento sobre el Régimen Económico-Financiero y Tributario del Canon de saneamiento (D.O.G.V. núm. 2.418, de 31 de diciembre).

Doménech Calbo, Jorge. (2018). *Estudio de la viabilidad económica de implantar un proceso foto-Fenton solar en condiciones suaves para tratar contaminantes en baja concentración*.

ENDESA tarifas (<https://www.endesa.com/es>)

Entitat de Sanejament d'Aigües (EPSAR)

(<http://www.epsar.gva.es/sanejament/canon/canon.aspx?idtipo=61>)

García Garrido, Santiago. (2013). *Ingeniería del mantenimiento: Manual práctica para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. Renovetec. ISBN 978-84-616-5617-2.

García, L. y Saenz, S. (2016). *Caracterización de riesgos ambientales y de salud asociados al uso de preservantes tradicionales y alternativos en formulaciones cosméticas*. Ambiente y Desarrollo, 20(39), 55-68.

González-Castellanos, R.A. (2000). *Principios básicos de escalado*. Ciudad de Matanzas: Editorial Universitaria. ISBN 959-16-0112-3.

Instituto de Crédito Oficial (ICO) (<https://www.ico.es/web/ico/home>)

Petre, Alice. (2015) *Evaluación del riesgo sobre el medio acuático de conservantes cosméticos*. Universidad de Alcalá (Área de Ingeniería Química).

Pey Clemente, Jaime. (2008). *Aplicación de procesos de oxidación avanzada (Fotocatálisis solar) para el tratamiento y reutilización de efluentes textiles*. Universidad Politécnica de Valencia.

PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)

Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Reglamento (UE) 2016/1198 DE LA COMISIÓN de 22 de julio de 2016 por el que se modifica el anexo V del Reglamento (CE) n.º 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los productos cosméticos.

Renovetec. *La vida útil de una planta industrial*.

VadeQuímica (<https://www.vadequimica.com>)

13. ANEXO

- Reglamento (UE) nº 2016/1198 de la comisión de 22 de julio de 2016

REGLAMENTOS

REGLAMENTO (UE) 2016/1198 DE LA COMISIÓN

de 22 de julio de 2016

por el que se modifica el anexo V del Reglamento (CE) n.º 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los productos cosméticos

(Texto pertinente a efectos del EEE)

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Visto el Reglamento (CE) n.º 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, sobre los productos cosméticos ⁽¹⁾, y en particular su artículo 31, apartado 1,

Considerando lo siguiente:

- (1) La metilisotiazolinona está autorizada como conservante en productos cosméticos, en una concentración máxima del 0,01 % peso/peso (100 ppm), en la entrada 57 del anexo V del Reglamento (CE) n.º 1223/2009.
- (2) El 12 de diciembre de 2013, el Comité Científico de Seguridad de los Consumidores (CCSC) emitió un dictamen sobre la seguridad de la metilisotiazolinona (sensibilización únicamente) ⁽²⁾.
- (3) El CCSC llegó a la conclusión de que los datos clínicos actuales indican que la concentración de 100 ppm de metilisotiazolinona en los productos cosméticos no es segura para los consumidores. En el caso de los productos cosméticos sin aclarado, como las toallitas húmedas, no se ha demostrado adecuadamente la seguridad de ninguna concentración de metilisotiazolinona respecto a la inducción o el desencadenamiento de alergia por contacto.
- (4) A la luz del dictamen del CCSC mencionado, es importante hacer frente al aumento de la incidencia de las alergias provocadas por la metilisotiazolinona, por lo cual esta debe prohibirse en los productos sin aclarado.
- (5) Procede, por tanto, modificar el Reglamento (CE) n.º 1223/2009 en consecuencia.
- (6) La aplicación de la restricción mencionada debe aplazarse para que la industria pueda hacer los ajustes necesarios en las formulaciones del producto. En particular, debe concederse a las empresas, a partir de la entrada en vigor del presente Reglamento, un plazo de seis meses para introducir en el mercado los productos conformes y para retirar del mercado los no conformes.
- (7) Las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité Permanente de Productos Cosméticos.

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

Artículo 1

El anexo V del Reglamento (CE) n.º 1223/2009 queda modificado de conformidad con el anexo del presente Reglamento.

⁽¹⁾ DO L 342 de 22.12.2009, p. 59.

⁽²⁾ CCSC/1521/13, revisión de 27 de marzo de 2014.

Artículo 2

A partir del 12 de febrero de 2017 únicamente podrán introducirse y comercializarse en el mercado de la Unión los productos cosméticos que cumplan lo dispuesto en el presente Reglamento.

Artículo 3

El presente Reglamento entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 22 de julio de 2016.

Por la Comisión
El Presidente
Jean-Claude JUNCKER

ANEXO

En el anexo V del Reglamento (CE) n.º 1223/2009, la entrada 57 se sustituye por el texto siguiente:

Número de referencia	Identificación de las sustancias				Condiciones			Texto de las condiciones de empleo y advertencias
	Nombre químico/DCI	Nombre común del ingrediente recogido en el glosario	Número CAS	Número CE	Tipo de producto, partes del cuerpo	Concentración máxima en el producto preparado para el uso	Otras condiciones	
a	b	c	d	e	f	g	h	i
57	2-Metil-2H-isotiazol-3-ona	Methylisothiazolinone (*)	2682-20-4	220-239-6	Productos que se aclaran	0,01 %		

(*) La metilisotiazolinona también está regulada en la entrada 39 del anexo V, en mezcla con la clorometilisotiazolinona. Ambas entradas son mutuamente excluyentes; la utilización de la mezcla de clorometilisotiazolinona y metilisotiazolinona es incompatible con la utilización de metilisotiazolinona sola en el mismo producto.»

servicio del sector público para el ejercicio 2019, y que una vez firmadas se incorporan a la presente acta.

Segundo.

Remitir el acta con sus anexos, para su autorización, a los órganos competentes de la Administración General del Estado.

Tercero.

Autorizar expresamente a D. Jorge Prieto Ramos, para que, en nombre y por Delegación de la Comisión Negociadora del Convenio Colectivo del Consejo de Administración del Patrimonio Nacional, de la que forma parte, proceda a realizar por medios electrónicos la tramitación necesaria ante la Dirección General de Trabajo del Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social para solicitar la inscripción y depósito de la revisión salarial del personal laboral del Consejo de Administración de Patrimonio Nacional correspondiente al ejercicio 2019, suscrito por la Comisión Negociadora del Convenio Colectivo el 10 de octubre de 2019.

Se levanta la sesión a las 11:30 horas, dando fe de lo tratado con sus firmas los representantes de cada una de las partes negociadoras.

Tablas salariales año 2019

Grupo	Nivel retributivo	A) Salario Base		B) Pagas extras	C) Antigüedad	
		Cuantía mensual	Cuantía anual	Cuantía anual	Cuantía mensual	Cuantía anual
1 - A	0	2.097,38	25.168,56	4.194,76	28,02	392,28
1 - B	1	1.910,47	22.925,64	3.820,94	28,02	392,28
2	2	1.721,52	20.658,24	3.443,04	28,02	392,28
3 - A	3	1.538,50	18.462,00	3.077,00	28,02	392,28
3 - B	4	1.369,99	16.439,88	2.739,98	28,02	392,28
3 - C	5	1.244,60	14.935,20	2.489,20	28,02	392,28
3 - D	6	1.174,28	14.091,36	2.348,56	28,02	392,28
4 - A	7	1.099,06	13.188,72	2.198,12	28,02	392,28
4 - B	8	1.061,48	12.737,76	2.122,96	28,02	392,28

Complementos salariales: Puesto de trabajo

D) Complementos salariales

Grupo	Nivel retributivo	Especialidad	Enero a junio	Semestral enero junio	Julio a diciembre	semestral julio diciembre	Anual
1 - A	0	JEFE/ JEFA DE DEPARTAMENTO.	884,96	5.309,76	886,96	5.321,76	10.631,52
1 - B	1	TITULADO/ TITULADA SUPERIOR ARQUITECTO/ ARQUITECTA O INGENIERO/ INGENIERA.	604,53	3.627,18	606,53	3.639,18	7.266,36
1 - B	1	COORDINADOR/ COORDINADORA DE PROGRAMAS ESPECIALES.	715,74	4.294,44	717,74	4.306,44	8.600,88

Grupo	Nivel retributivo	Especialidad	Enero a junio	Semestral enero junio	Julio a diciembre	semestral julio diciembre	Anual
1 - B	1	JEFE/ JEFA DE SERVICIO.	715,74	4.294,44	717,74	4.306,44	8.600,88
1 - B	1	TITULADO/ TITULADA SUPERIOR.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
1 - B	1	TITULADO/ TITULADA SUPERIOR MÉDICO/ MÉDICA.	481,47	2.888,82	483,47	2.900,82	5.789,64
2	2	JEFE/ JEFA DE SECCIÓN.	442,24	2.653,44	444,24	2.665,44	5.318,88
2	2	T. G. MEDIO - ARQ/ING. TÉCNICO/ TÉCNICA.	445,42	2.672,52	447,42	2.684,52	5.357,04
2	2	TITULADO/ TITULADA DE GRADO MEDIO.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - A	3	CONSERJE MAYOR DELEGACIONES.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - A	3	CONSERJE MAYOR SERVICIOS CENTRALES.	345,41	2.072,46	347,41	2.084,46	4.156,92
3 - A	3	ENCARGADO/ ENCARGADA GENERAL.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - A	3	GUARDA/ GUARDESA MAYOR.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - A	3	JARDINERO/ JARDINERA MAYOR.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - A	3	JEFE/ JEFA DE NEGOCIADO.	168,68	1.012,08	170,68	1.024,08	2.036,16
3 - B	4	CELADOR ENCARGADO/ CELADORA ENCARGADA DE GUARDAS Y GUARDESAS.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - B	4	CONSERJE ENCARGADO/ ENCARGADA DE MUSEOS DELEGACIONES.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - B	4	CONSERJE ENCARGADO/ ENCARGADA DE MUSEOS SERVICIOS CENTRALES.	93,67	562,02	95,67	574,02	1.136,04
3 - B	4	AYUDA DE CÁMARA.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - B	4	ENCARGADO/ ENCARGADA.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - B	4	ENCARGADO/ ENCARGADA DE CABALLERIZAS.	104,53	627,18	106,53	639,18	1.266,36
3 - B	4	TÉCNICO/ TÉCNICA.	91,75	550,50	93,75	562,50	1.113,00
3 - B	4	TÉCNICO/ TÉCNICA DE LABORATORIO.	91,75	550,50	93,75	562,50	1.113,00
3 - B	4	TÉCNICO/ TÉCNICA DE RESTAURACIÓN.	91,75	550,50	93,75	562,50	1.113,00
3 - B	4	TÉCNICO/ TÉCNICA DELINEANTE PROYECTISTA.	91,75	550,50	93,75	562,50	1.113,00
3 - B	4	TÉCNICO/ TÉCNICA PAISAJISTA.	91,75	550,50	93,75	562,50	1.113,00
3 - B	4	TÉCNICO/ TÉCNICA PROGRAMADOR.	91,75	550,50	93,75	562,50	1.113,00
3 - C	5	CONDUCTOR/ CONDUCTORA.	102,30	613,80	104,30	625,80	1.239,60
3 - C	5	CONDUCTOR/ CONDUCTORA DEL PRESIDENTE Y GERENTE.	325,65	1.953,90	327,65	1.965,90	3.919,80
3 - C	5	GUÍA INTÉRPRETE.	56,59	339,54	65,19	391,14	730,68
3 - C	5	OFICIAL ADMINISTRATIVO/ OFICIALA ADMINISTRATIVA.	115,96	695,76	117,96	707,76	1.403,52

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE POLÍTICA TERRITORIAL Y FUNCIÓN PÚBLICA

17468 *Resolución de 27 de noviembre de 2019, de la Secretaría de Estado de Función Pública, por la que se establece a efectos de cómputo de plazos, el calendario de días inhábiles en el ámbito de la Administración General del Estado para el año 2020.*

El artículo 30.7 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, establece que la Administración General del Estado fijará, en su ámbito, el calendario de días inhábiles a efectos de cómputo de plazos, con sujeción al calendario laboral oficial, que ha sido fijado en la Resolución de 3 de octubre de 2019, de la Dirección General de Trabajo, por la que se publica la relación de fiestas laborales para el año 2020 («Boletín Oficial del Estado» del 11).

De acuerdo con el artículo 30.8 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, la declaración de un día como hábil o inhábil a efectos de cómputo de plazos no determina por sí sola el funcionamiento de los centros de trabajo de las Administraciones Públicas, la organización del tiempo de trabajo ni el acceso de los ciudadanos a los registros.

Este calendario de días inhábiles se publicará antes del comienzo de cada año en el «Boletín Oficial del Estado» y en otros medios de difusión que garanticen su conocimiento generalizado.

Por todo ello, esta Secretaría de Estado de Función Pública, órgano superior del Ministerio de Política Territorial y Función Pública, en virtud del Real Decreto 863/2018, de 13 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Política Territorial y Función Pública, ha resuelto:

Primero.

Aprobar el calendario de días inhábiles correspondiente al año 2020, para la Administración General del Estado y sus Organismos Públicos, a efectos de cómputos de plazos.

Segundo.

Son días inhábiles:

a) En todo el territorio nacional: los sábados, los domingos y los días declarados como fiestas de ámbito nacional no sustituibles, o sobre las que la totalidad de las Comunidades Autónomas no han ejercido la facultad de sustitución.

b) En el ámbito territorial de las Comunidades Autónomas: aquellos días determinados por cada Comunidad Autónoma como festivos.

c) En los ámbitos territoriales de las Entidades que integran la Administración Local: los días que establezcan las respectivas Comunidades Autónomas en sus correspondientes calendarios de días inhábiles.

Los días inhábiles a que se refieren los puntos a) y b) de este apartado se recogen, especificados por meses y por Comunidades Autónomas, en el anexo adjunto.

Tercero.

Disponer la publicación de la presente Resolución en el «Boletín Oficial del Estado», que también estará disponible en el Punto de Acceso General (administracion.gob.es) de la Administración General del Estado.

Madrid, 27 de noviembre de 2019.–El Secretario de Estado de Función Pública, José Antonio Benedicto Iruñ.

ANEXO

2020-Calendario de días inhábiles

Enero: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 1: Inhábil en todo el territorio nacional.

Día 6: Inhábil en todo el territorio nacional.

Febrero: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 28: Inhábil en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Marzo: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 13: Inhábil en la Ciudad de Melilla.

Día 19: Inhábil en las Comunidades Autónomas de Castilla-La Mancha, de Galicia, de la Región de Murcia, del País Vasco, así como en la Comunitat Valenciana y en la Comunidad Foral de Navarra.

Abril: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 9: Inhábil en las Comunidades Autónomas de Andalucía, de Aragón, del Principado de Asturias, de las Illes Balears, de Canarias, de Cantabria, de Castilla-La Mancha, de Extremadura, de Galicia, de la Región de Murcia, del País Vasco, de La Rioja, así como en la Comunidad de Castilla y León, en la Comunidad de Madrid, en la Comunidad Foral de Navarra, en la Ciudad de Ceuta y en la Ciudad de Melilla.

Día 10: Inhábil en todo el territorio nacional.

Día 13: Inhábil en las Comunidades Autónomas de las Illes Balears, de Cantabria, de Castilla-La Mancha, de Cataluña, del País Vasco, de La Rioja, así como en la Comunitat Valenciana y en la Comunidad Foral de Navarra.

Día 23: Inhábil en la Comunidad Autónoma de Aragón y en la Comunidad de Castilla y León.

Mayo: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 1: Inhábil en todo el territorio nacional.

Junio: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 9: Inhábil en las Comunidades Autónomas de la Región de Murcia y de La Rioja.

Día 11: Inhábil en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.

Día 24: Inhábil en las Comunidades Autónomas de Cataluña y de Galicia, así como en la Comunitat Valenciana.

Julio: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 28: Inhábil en la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Día 31: Inhábil en la Ciudad de Ceuta y en la Ciudad de Melilla.

Septiembre: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 2: Inhábil en la Ciudad de Ceuta.

Día 8: Inhábil en las Comunidades Autónomas del Principado de Asturias y de Extremadura.

Día 11: Inhábil en la Comunidad Autónoma de Cataluña.

Día 15: Inhábil en la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Octubre: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 9: Inhábil en la Comunitat Valenciana.

Día 12: Inhábil en todo el territorio nacional.

Noviembre: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 2: Inhábil en las Comunidades Autónomas de Andalucía, de Aragón, del Principado de Asturias, de Extremadura, así como en la Comunidad de Castilla y León y la Comunidad de Madrid

Diciembre: Todos los sábados y domingos del mes.

Día 7: Inhábil en las Comunidades Autónomas de Andalucía, de Aragón, del Principado de Asturias, de las Illes Balears, de Canarias, de Extremadura, de la Región de Murcia, de la Rioja, así como en la Comunidad de Castilla y León, en la Comunidad de Madrid, en la Comunidad Foral de Navarra y en la Ciudad de Ceuta y en la Ciudad de Melilla.

Día 8: Inhábil en todo el territorio nacional.

Día 25: Inhábil en todo el territorio nacional.

En la Comunidad Autónoma de Canarias, el Decreto 83/2019, de 22 de mayo, por el que se determina el calendario de fiestas laborales de la Comunidad Autónoma de Canarias para el año 2020 (BOC de 6 de junio), dispone que: En las islas de El Hierro, Fuerteventura, Gran Canaria, La Gomera, La Palma, Lanzarote y Tenerife, las fiestas laborales serán, además, las siguientes: en El Hierro: el 24 de septiembre, festividad de Nuestra Señora de los Reyes; en Fuerteventura: el 18 de septiembre, festividad de Nuestra Señora de la Peña; en Gran Canaria: el 8 de septiembre, festividad de Nuestra Señora del Pino; en La Gomera: el 5 de octubre, festividad de Nuestra Señora de Guadalupe; en La Palma: el 5 de agosto, festividad de Nuestra Señora de Las Nieves; en Lanzarote: el 15 de septiembre, festividad de Nuestra Señora de los Dolores; en Tenerife: el 7 de septiembre, festividad de la Bajada de la Virgen del Socorro.

En la Comunidad Autónoma de Cataluña, la Orden TSF/116/2019, de 7 de junio, por la que se establece el calendario oficial de fiestas laborales en Cataluña para el año 2020 (DOGC del 14) dispone que: «En el territorio de Arán, de acuerdo con el Decreto 152/1997, de 25 de junio, y el Decreto 146/1998, de 23 de junio, que modifican el Decreto 177/1980, de 3 de octubre, sobre el calendario de fiestas fijas y suplentes, la fiesta del día 26 de diciembre (San Esteban) queda sustituida por la de 17 de junio (Fiesta de Arán)».

Ficha de datos de seguridad

según 1907/2006/CE/ Artículo 31

página: 1/8
fecha de impresión 27.11.2015
Revisión: 23.10.2015
Número de versión 9

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

- **1.1 Identificador del producto**
- **Nombre comercial:** 2-metil-2H-isotiazol-3-ona
- **Número del artículo:** 101682
- **Número CAS:**
2682-20-4
- **Número CE:**
220-239-6
- **1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**
No existen más datos relevantes disponibles.
- **Utilización del producto / de la elaboración** Aditivos farmacéuticos
- **1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**
- **Fabricante/distribuidor:**
Fagron Iberica, S.A.U.
Josep Tapiolas, 150
08226 Terrassa
www.fagron.es
- **Área de información:**
Tel.: +34 93 73 10 722
Fax: +34 93 73 11 644
- **1.4 Teléfono de emergencia:** Teléfono de urgencias +34 91 56 20 420

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

- **2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**
- **Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**



GHS05 corrosión

Skin Corr. 1C H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.



GHS09 medio ambiente

Aquatic Acute 1 H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Aquatic Chronic 1 H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.



GHS07

Acute Tox. 4 H302 Nocivo en caso de ingestión.

Acute Tox. 4 H312 Nocivo en contacto con la piel.

Acute Tox. 4 H332 Nocivo en caso de inhalación.

Eye Irrit. 2 H319 Provoca irritación ocular grave.

Skin Sens. 1 H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

- **2.2 Elementos de la etiqueta**

- **Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**

La sustancia se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

- **Pictogramas de peligro** GHS05, GHS07, GHS09

(continúa en página)



Ficha de datos de seguridad

según 1907/2006/CE/ Artículo 31

página: 2/8
fecha de impresión 27.11.2015
Revisión: 23.10.2015
Número de versión 9

Nombre comercial: 2-metil-2H-isotiazol-3-ona

(continua en página 1)

- **Palabra de advertencia** Peligro
- **Indicaciones de peligro**
 - H302+H312+H332 Nocivo en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.
 - H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
 - H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
 - H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- **Consejos de prudencia**
 - P260 No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.
 - P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
 - P303+P361+P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse.
 - P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.
 - P321 Se necesita un tratamiento específico (ver en esta etiqueta).
 - P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
- **2.3 Otros peligros**
- **Resultados de la valoración PBT y mPmB**
- **PBT:** No aplicable.
- **mPmB:** No aplicable.

SECCIÓN 3: Composición/Información sobre los componentes

- **3.1 Caracterización química: Sustancias**
- **Denominación Nº CAS**
2682-20-4 2-metil-2H-isotiazol-3-ona
- **Número(s) de identificación**
- **Número CE:** 220-239-6

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

- **4.1 Descripción de los primeros auxilios**
- **Instrucciones generales:**
 - Quitarse de inmediato toda prenda contaminada con el producto.
 - Antes de quitarse la protección respiratoria, quítese la ropa contaminada.
 - En caso de respiración irregular o apnea (paro respiratorio), hágase la respiración artificial.
- **En caso de inhalación del producto:**
 - Suministrar aire fresco u oxígeno; solicitar ayuda médica.
 - Las personas desmayadas deben tenderse y transportarse de lado con la suficiente estabilidad.
- **En caso de contacto con la piel:** Lavar inmediatamente con agua y jabón y enjuagar bien.
- **En caso de con los ojos:**
 - Limpia los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente. En caso de trastornos persistentes consultar un médico.
- **En caso de ingestión:**
 - No provocar el vómito y solicitar asistencia médica inmediata.
 - Beber mucha agua a respirar aire fresco. Solicitar asistencia médica inmediatamente.
- **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados** No existen más datos relevantes disponibles.
- **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**
No existen más datos relevantes disponibles.

(continua en página 3)



Ficha de datos de seguridad

según 1907/2006/CE/ Artículo 31

página: 3/8
fecha de impresión 27.11.2015
Revisión: 23.10.2015
Número de versión 9

Nombre comercial: 2-metil-2H-isotiazol-3-ona

(continua en página 2)

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

- **5.1 Medios de extinción**
- **Sustancias extintoras apropiadas:**
CO₂, polvo extintor o chorro de agua rociada. Combatir incendios mayores con chorro de agua rociada o espuma resistente al alcohol.
- **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla** No existen más datos relevantes disponibles.
- **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**
- **Equipo especial de protección:** Colocarse la protección respiratoria.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

- **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**
Llevar puesto equipo de protección. Mantener alejadas las personas sin protección.
- **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:**
Al penetrar en las aguas o en el alcantarillado, avisar a las autoridades pertinentes.
Evitar que penetre en la canalización /aguas de superficie /agua subterráneas.
- **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:**
Utilizar un neutralizador.
Desechar el material contaminado como vertido según ítem 13.
Asegurar suficiente ventilación.
- **6.4 Referencia a otras secciones**
Ver capítulo 7 para mayor información sobre una manipulación segura.
Ver capítulo 8 para mayor información sobre el equipo personal de protección.
Para mayor información sobre cómo desechar el producto, ver capítulo 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

- **7.1 Precauciones para una manipulación segura**
Asegurar suficiente ventilación /aspiración en el puesto de trabajo.
Abrir y manejar el recipiente con cuidado.
- **Prevención de incendios y explosiones:** Tener preparados los aparatos respiratorios.
- **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**
- **Almacenamiento:**
- **Exigencias con respecto al almacén y los recipientes:** No se requieren medidas especiales.
- **Normas en caso de un almacenamiento conjunto:** No es necesario.
- **Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento:**
Almacenarlo en envases bien cerrados en un lugar fresco y seco.
- **7.3 Usos específicos finales** No existen más datos relevantes disponibles.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

- **Instrucciones adicionales para el acondicionamiento de instalaciones técnicas:** Sin datos adicionales, ver punto 7.
- **8.1 Parámetros de control**
- **Componentes con valores límite admisibles que deben controlarse en el puesto de trabajo:** Nulo.
- **Indicaciones adicionales:** Como base se han utilizado las listas vigentes en el momento de la elaboración.

(continua en página 4)



Ficha de datos de seguridad

según 1907/2006/CE/ Artículo 31

página: 4/8
fecha de impresión 27.11.2015
Revisión: 23.10.2015
Número de versión 9

Nombre comercial: 2-metil-2H-isotiazol-3-ona

(continua en página 3)

- **8.2 Controles de la exposición**
- **Equipo de protección individual:**
- **Medidas generales de protección e higiene:**
Mantener alejado de alimentos, bebidas y alimentos para animales.
Quitarse de inmediato la ropa ensuciada o impregnada.
Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo
Guardar la ropa protectora por separado.
Evitar el contacto con los ojos y la piel.
- **Protección respiratoria:**
Si la exposición va a ser breve o de poca intensidad, colocarse una máscara respiratoria. Para una exposición más intensa o de mayor duración, usar un aparato de respiración autónomo.
- **Protección de manos:**



Guantes de protección

El material del guante deberá ser impermeable y resistente al producto / sustancia / preparado.
Ante la ausencia de tests específicos, no se puede recomendar ningún material específico para guantes de protección contra el producto / preparado / mezcla de sustancias químicas.
Selección del material de los guantes en función de los tiempos de rotura, grado de permeabilidad y degradación.

- **Material de los guantes**
La elección del guante adecuado no depende únicamente del material, sino también de otras características de calidad, que pueden variar de un fabricante a otro.
- **Tiempo de penetración del material de los guantes**
El tiempo de resistencia a la penetración exacto deberá ser pedido al fabricante de los guantes. Este tiempo debe ser respetado.
- **Protección de ojos:**



Gafas de protección herméticas

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

· 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

· Datos generales

· Aspecto:

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| · Forma: | No determinado. |
| · Color: | No determinado. |
| · Olor: | Característico |
| · Umbral olfativo: | No determinado. |

· valor pH:	No determinado.
--------------------	-----------------

· Cambio de estado

- | | |
|---|----------------|
| · Punto de fusión / campo de fusión: | Indeterminado. |
| · Punto de ebullición / campo de ebullición: | Indeterminado. |

· Punto de inflamación:	No aplicable.
--------------------------------	---------------

· Inflamabilidad (sólido, gaseiforme):	No aplicable.
---	---------------

(continua en página 5)



Ficha de datos de seguridad

según 1907/2006/CE/ Artículo 31

página: 5/8
fecha de impresión 27.11.2015
Revisión: 23.10.2015
Número de versión 9

Nombre comercial: 2-metil-2H-isotiazol-3-ona

(continua en página 4)

· Temperatura de ignición:	
Temperatura de descomposición:	No determinado.
· Autoinflamabilidad:	
No determinado.	
· Peligro de explosión:	
El producto no es explosivo.	
· Límites de explosión:	
Inferior:	No determinado.
Superior:	No determinado.
· Presión de vapor:	
No determinado.	
· Densidad:	
Indeterminado.	
· Densidad relativa	
No determinado.	
· Densidad de vapor	
No determinado.	
· Velocidad de evaporación	
No aplicable.	
· Solubilidad en / miscibilidad con agua:	
No determinado.	
· Coeficiente de reparto (n-octanol/agua):	
No determinado.	
· Viscosidad:	
Dinámica:	
No determinado.	
Cinématica:	
No determinado.	
· 9.2 Información adicional	
No existen más datos relevantes disponibles.	

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

- 10.1 Reactividad
- 10.2 Estabilidad química
- Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse: No se descompone al emplearse adecuadamente.
- 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas: No se conocen reacciones peligrosas.
- 10.4 Condiciones que deben evitarse: No existen más datos relevantes disponibles.
- 10.5 Materiales incompatibles: No existen más datos relevantes disponibles.
- 10.6 Productos de descomposición peligrosos: No se conocen productos de descomposición peligrosos.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

- 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos
- Toxicidad aguda
- Efecto estimulante primario:
- Corrosión o irritación cutáneas: Efecto cáustico en la piel y las mucosas. Irrita la piel y las mucosas.
- Lesiones o irritación ocular graves: Fuerte efecto cáustico. Produce irritaciones.
- Sensibilización respiratoria o cutánea: Posible sensibilización al entrar en contacto con la piel.

(continua en página 6)



Ficha de datos de seguridad

según 1907/2006/CE/ Artículo 31

página: 6/8
fecha de impresión 27.11.2015
Revisión: 23.10.2015
Número de versión 9

Nombre comercial: 2-metil-2H-isotiazol-3-ona

(continua en página 5)

· **Indicaciones toxicológicas adicionales:**

La ingestión produce un fuerte efecto cáustico en la boca y la faringe, así como el peligro de perforación del esófago y del estómago.

SECCIÓN 12: Información ecológica

· **12.1 Toxicidad**

· **Toxicidad acuática:** No existen más datos relevantes disponibles.

· **12.2 Persistencia y degradabilidad** No existen más datos relevantes disponibles.

· **12.3 Potencial de bioacumulación** No existen más datos relevantes disponibles.

· **12.4 Movilidad en el suelo** No existen más datos relevantes disponibles.

· **Efectos ecotóxicos:**

· **Observación:** Tóxico para peces.

· **Indicaciones medioambientales adicionales:**

· **Indicaciones generales:**

Nivel de riesgo para el agua 2 (autoclasiación): peligroso para el agua

No dejar que se infiltre en aguas subterráneas, aguas superficiales o en alcantarillados.

En estado no diluido o no neutralizado, no verter en el alcantarillado o en otros sistemas de desagüe.

Una cantidad mínima vertida en el subsuelo ya representa un peligro para el agua potable.

Vertido en aguas superficiales, también es tóxico para los peces y el plancton.

tóxico para organismos acuáticos

· **12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**

· **PBT:** No aplicable.

· **mPmB:** No aplicable.

· **12.6 Otros efectos adversos** No existen más datos relevantes disponibles.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

· **13.1 Métodos para el tratamiento de residuos**

· **Recomendación:** No debe desecharse con la basura doméstica. No debe llegar al alcantarillado.

· **Embalajes sin limpiar:**

· **Recomendación:** Eliminar conforme a las disposiciones oficiales.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

· **14.1 Número UN**

· **ADR, IMDG, IATA**

UN3265

· **14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas**

· **ADR**

3265 LÍQUIDO CORROSIVO, ÁCIDO, ORGÁNICO, N.E.P. (2-metil-2H-isotiazol-3-ona), PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE

· **IMDG, IATA**

CORROSIVE LIQUID, ACIDIC, ORGANIC, N.O.S. (2-methyl-2H-isothiazol-3-one
Kathon CG)

(continua en página 7)





Ficha de datos de seguridad

según 1907/2006/CE/ Artículo 31

página: 7/8
 fecha de impresión 27.11.2015
 Revisión: 23.10.2015
 Número de versión 9

Nombre comercial: 2-metil-2H-isotiazol-3-ona

(continúa en página 6)

· 14.3 Clase(s) de peligro para el transporte · ADR 	
· Clase · Etiqueta	8 Materias corrosivas 8
· IMDG, IATA 	
· Class · Label	8 Materias corrosivas 8
· 14.4 Grupo de embalaje · ADR, IMDG, IATA	
	II
· 14.5 Peligros para el medio ambiente: · Contaminante marino: · Marcado especial (ADR):	
	No Símbolo (pez y árbol)
· 14.6 Precauciones particulares para los usuarios · Número EMS: · Segregation groups	
	Atención: Materias corrosivas F-A,S-B Acids
· 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC	
	No aplicable.
· Transporte/datos adicionales: · ADR · Cantidades limitadas (LQ)	
	1L
· "Reglamentación Modelo" de la UNECE:	
	UN3265, LÍQUIDO CORROSIVO, ÁCIDO, ORGÁNICO, N.E.P. (2-metil-2H-isotiazol-3-ona), PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE, 8, II

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

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

· Directiva 2012/18/UE

· Sustancias peligrosas nominadas - ANEXO I No contiene la sustancia.

· Disposiciones nacionales:

Clase	contenido en %
I	100,0

· 15.2 Evaluación de la seguridad química: Una evaluación de la seguridad química no se ha llevado a cabo.

(continúa en página 8)

