

**CONVENIO DE COOPERACIÓN EDUCATIVA ENTRE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID Y LA
AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS PARA EL DESARROLLO
DE ACTIVIDADES ASOCIADAS A PROGRAMAS DE DOCTORADO**

En Madrid, a 2 de noviembre de 2015

REUNIDOS

De una parte, el Excmo. Sr. D. Emilio Lora-Tamayo D'Ocón, Presidente de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en nombre y representación de este Organismo, en virtud de su nombramiento por el Real Decreto 194/2012, de 13 de enero (BOE de 14 de enero de 2012), actuando en ejercicio de las facultades que le confiere el artículo 11.2, letras e) e i) del Estatuto de la mencionada Agencia Estatal, aprobado por el Real Decreto 1730/2007, de 21 de diciembre (BOE de 14 de enero de 2008).

De otra parte, el Excmo. Sr. D. Carlos Andradás Heranz, Rector Magnífico de la Universidad Complutense de Madrid (en lo sucesivo UCM), en nombre y representación de la misma en virtud de las atribuciones que tiene conferidas según el Decreto 55/2015 de 21 de mayo, publicado en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, el día 26 de mayo de 2015.

Los intervinientes, reconociéndose entre sí capacidad suficiente y poder bastante para obligarse en este convenio,

EXPONEN

1º.- Que el artículo 2 de la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades, modificada por la Ley Orgánica 4/2007, de 21 de abril, establece que la autonomía de las Universidades comprende, entre otros "el establecimiento de relaciones con otras entidades para la promoción y desarrollo de sus fines institucionales".

2º.- Que el Real Decreto 99/2011, de 28 de enero, por el que se regulan las enseñanzas oficiales de Doctorado, prevé en su artículo 8.1 que "la Universidad, de acuerdo con lo que establezca su normativa, definirá su estrategia en materia de investigación y de formación doctoral que se articulará a través de programas de Doctorado desarrollados en Escuelas de Doctorado o en sus otras unidades competentes en materia de investigación, de acuerdo con lo establecido en los estatutos de la Universidad, en los respectivos convenios de colaboración y en este real decreto".

3º.- Que el artículo 8.3 de ese mismo real decreto, prevé que "cada programa de Doctorado será organizado, diseñado y coordinado por una comisión académica responsable de las actividades de formación e investigación del mismo. Dicha comisión académica estará integrada por doctores y será designada por la Universidad, de acuerdo con lo establecido en su normativa, estatutos y convenios de colaboración, pudiendo

integrarse en la misma investigadores de organismos públicos de investigación así como de otras entidades e instituciones implicadas en la I+D+i tanto nacional como internacional".

4º.- El Real Decreto 1002/2010 de 5 de agosto (publicado en el BOE de 6 de agosto) por el que se regula la expedición de los títulos universitarios oficiales.

5º.- Los Estatutos de la UCM (D 58/2003 de 8 de mayo, publicados en el BOE de 28 de mayo de 2003), en su Artículo 156, establecen las normas para los estudios de Doctorado. Las normas establecidas en el citado Artículo serán desarrolladas reglamentariamente por el Consejo de Gobierno.

6º.- Que la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, en su artículo 34.1, establece que los agentes públicos del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación, incluidos las Universidades públicas, los organismos públicos de investigación de la Administración General del Estado, los organismos de investigación de otras administraciones públicas, y los centros e instituciones del Sistema Nacional de Salud, podrán suscribir convenios de colaboración sujetos al derecho administrativo.

Asimismo, el artículo 34.1 de la citada Ley prevé que podrán celebrar estos convenios, los propios agentes públicos entre sí, o con agentes privados que realicen actividades de investigación científica y técnica, nacionales, supranacionales o extranjeros, para la realización conjunta de las siguientes actividades: proyectos y actuaciones de investigación científica, desarrollo e innovación; creación o financiación de centros, institutos y unidades de investigación; financiación de proyectos científico-técnicos singulares; formación de personal científico y técnico; divulgación científica y tecnológica y uso compartido de inmuebles, de instalaciones y de medios materiales para el desarrollo de actividades de investigación científica, desarrollo e innovación.

7º.- Que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (en adelante CSIC), con sede en Madrid, calle de Serrano 117, C.P. 28006 y NIF Q-2818002-D, es un organismo público de investigación, constituido como Agencia Estatal, adscrito al Ministerio de Economía y Competitividad, a través de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, que tiene por objeto el fomento, la coordinación, el desarrollo y la difusión de la investigación científica y tecnológica, de carácter multidisciplinar, con el fin de contribuir al avance del conocimiento y al desarrollo económico, social y cultural, así como a la formación de personal y al asesoramiento a entidades públicas y privadas en estas materias.

8º.- Que el Estatuto de la Agencia Estatal CSIC, aprobado por Real Decreto 1730/2007, de 21 de diciembre, en su artículo 5.f), recoge como una de sus funciones, formar investigadores, dentro de la que se encuadra el objeto del presente convenio. Asimismo, el artículo 5.n) de dicho Estatuto de esta Agencia Estatal prevé entre sus funciones, la colaboración en la enseñanza de postgrado.

9º.- Que la UCM, con sede en Madrid, y CIF Q 2818014I, de acuerdo con sus Estatutos, es una institución de derecho público dotada de personalidad jurídica y patrimonio propios, para la consecución de sus fines y el desarrollo de sus funciones, que goza de autonomía de acuerdo con el artículo 27.10 de la Constitución y la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.

La UCM tiene, entre otras funciones, promover la integración entre docencia e investigación y la adaptación de estas actividades a las necesidades y demandas sociales vigentes.

10º.- Que la UCM, dentro del marco establecido por la citada Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades, y la normativa estatal, autonómica o universitaria que, en desarrollo de la misma, resulte de aplicación, imparte programas de Doctorado conducentes a una formación avanzada en técnicas de investigación, que permitan la elaboración y presentación de la correspondiente tesis doctoral, consistente en un trabajo original de investigación, para la obtención del título de Doctorado por la UCM.

11º.- Que tanto el CSIC como la UCM desean colaborar en la formación de los/las doctorandos/as de la UCM para darles la oportunidad de combinar los conocimientos teóricos con los de contenido práctico y llevar a cabo, bajo la supervisión de su director/a(es/as) de tesis, el desarrollo de ensayos o investigaciones relacionados con la elaboración de su tesis doctoral.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la UCM y el CSIC acuerdan suscribir el presente convenio de colaboración de acuerdo con las siguientes

CLÁUSULAS

PRIMERA.- OBJETO DEL CONVENIO

El objeto del presente convenio es regular la colaboración entre el CSIC y la UCM para el establecimiento de un marco de actuación en el desarrollo de actividades de doctorado en institutos del CSIC, a fin de reforzar la formación de los/las doctorandos/as de la UCM en las áreas relacionadas con dichos programas.

En concreto, se desarrollarán las siguientes actividades:

- 1.- La realización de actividades prácticas en institutos del CSIC por parte de los/las doctorandos/as, en el marco de ensayos o investigaciones relacionadas con la elaboración de su tesis doctoral.
- 2.- La realización del trabajo de investigación completo correspondiente a su tesis doctoral en institutos del CSIC, bajo la supervisión de personal investigador de los mismos.
- 3.- La participación de personal investigador del CSIC en las actividades formativas de los programas de doctorado siempre que así se contemple en los mismos.
- 4.- Posibilitar al personal investigador en formación la impartición de docencia en la UCM, si las condiciones establecidas en la convocatoria de concesión de la ayuda así lo establecen.

SEGUNDA.- CONDICIONES GENERALES DEL CONVENIO

1).- Actividades prácticas y/o investigaciones asociadas a programas de Doctorado

1. Las solicitudes para la realización de actividades prácticas y/o investigaciones en el CSIC se formalizarán a través de documentos específicos, Anexo I del convenio, que se incorporarán al mismo, y que serán firmados por el responsable del programa de doctorado en la UCM. Las solicitudes se presentarán en el instituto del CSIC donde se vayan a desarrollar las actividades, y en el caso de que se aprueben, la dirección del instituto del CSIC hará constar, en su caso, la cuantificación de la previsión del gasto en el que pudiera incurrir, en su caso, el CSIC por el desarrollo de estas prácticas, y firmará el Anexo I.

2.- Cuando se reciba el Anexo I firmado por el CSIC, el responsable del programa de doctorado adjudicará las plazas para desarrollar actividades prácticas y/o investigación y presentará en los institutos del CSIC donde vayan a desarrollarse las mismas, con un mes de antelación al inicio de éstas, la relación del alumnado que las realizará. Esta relación se recogerá en el Anexo II de este convenio, que se incorporará al mismo, y será firmada por el responsable del programa de doctorado y por la dirección del instituto del CSIC.

3.- Los detalles concretos del proyecto formativo de cada doctorando se recogerán en el Anexo III de este convenio, que se custodiará en el Centro correspondiente de la UCM, y será firmado por las personas que ejerzan como tutoras de doctorado tanto de la Universidad, como del instituto del CSIC donde se vayan a desarrollar las actividades prácticas y/o investigación. Asimismo será firmado por el estudiante.

2).- Desarrollo de las tesis doctorales

- La realización de las tareas de investigación en el CSIC correspondientes a las tesis doctorales se desarrollará de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 99/2011, por el que se regulan las enseñanzas oficiales de Doctorado.
- Asimismo, y en virtud de tal Real Decreto, la comisión académica responsable del programa asignará a cada doctorando/a un/a director/a de tesis.
- La/s persona/s encargada/s de la dirección de la tesis será/n la/s máxima/s responsable/s de la coherencia e idoneidad de las actividades de formación del/de la doctorando/a, del impacto y novedad en su campo de la temática de la tesis doctoral y de la guía en la planificación y su adecuación, en su caso, a la de otros proyectos y actividades donde se inscriba el trabajo de investigación que deba realizar.

3).- Actividades formativas de los Programas de Doctorado

- El personal investigador del CSIC, en virtud del artículo 32 de sus Estatutos, deberá ser previamente autorizado para participar en actividades relacionadas con el programa de Doctorado por el presidente de este Organismo, con los límites fijados en la Ley 53/1984, de 26 de diciembre, de Incompatibilidades del Personal al Servicio de las Administraciones Públicas. Esta participación no irá en detrimento de sus obligaciones en el CSIC y no supondrá la creación de vínculos de carácter laboral ni estatutario con la UCM.
- El personal investigador del CSIC podrá colaborar en las actividades formativas de los programas de Doctorado, siempre que obtengan la "venia docendi" y no superen las 80 horas de docencia.

TERCERA.- COORDINACIÓN

- La representación de la UCM, a través del Centro responsable del Programa de Doctorado, y del CSIC coordinará las actividades a realizar, dándolas a conocer a los/las responsables del instituto del CSIC con carácter previo al inicio del programa formativo. La información especificará, al menos, el contenido que se recoge en el anexo I del presente convenio y deberá ser aceptado por parte del instituto del CSIC.
- Por parte de la UCM, a través del Centro responsable del Programa de Doctorado, ejercerá la tutoría o dirección de la tesis doctoral la persona que designe la comisión académica del programa de Doctorado, que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 11.3 del Real Decreto 99/2011, será un "doctor con acreditada experiencia investigadora, ligado a la unidad o a la Escuela que organiza el programa, a quien corresponderá velar por la interacción del doctorando con la comisión académica".

A la persona que ejerza la tutoría o dirección de la tesis por parte de la UCM, a través de la comisión académica del Programa de Doctorado, le corresponderá entre otras, las siguientes funciones:

- El seguimiento y supervisión de las actividades de las tesis doctorales resolviendo las posibles cuestiones que se pudieran plantear.

- El seguimiento del programa formativo del doctorando a desarrollar en el programa de Doctorado para verificar su correcto aprovechamiento.
- Realizar el informe de evaluación final correspondiente al desarrollo de las prácticas y/o trabajos de las tesis doctorales realizados.
- Corresponde a la persona que represente a la UCM (responsable del programa de Doctorado, tutor/a o director/a de la tesis doctoral), supervisar la gestión de las actividades formativas externas de los/las doctorandos/as, así como la coordinación con el instituto del CSIC para la utilización de los recursos necesarios y el correcto desarrollo de las actividades.
- Por parte del CSIC, actuará como director/a de tesis o responsable de las actividades asociadas a la tesis doctoral de los/las doctorandos/as, la persona que la comisión académica del programa de Doctorado designe, a la que le corresponderá entre otras funciones:
 - Fijar el plan de trabajo de los/las doctorandos/as.
 - Orientar y ayudar los/las doctorandos/as en sus dudas y dificultades durante su estancia en el CSIC.
 - Las partes podrán acordar la asignación de otras funciones.

CUARTA.- LOS/LAS DOCTORANDOS/AS

Los/las doctorandos/as que realicen las actividades en el CSIC, a través de sus institutos, estarán sujetos/as al régimen siguiente:

- 1.- Se incorporarán al instituto del CSIC en la fecha acordada, estarán sujetos/as al horario que se establezca por las partes, deberán aplicarse con diligencia a las tareas que se les encomienden y seguir las instrucciones que reciban, asimismo, respetarán las normas de funcionamiento, seguridad y prevención de riesgos laborales del instituto del CSIC.
- 2.- En el supuesto de faltas reiteradas de puntualidad o de asistencia, comportamiento incorrecto o perturbación del servicio, el CSIC podrá suspender de forma inmediata y cautelar las actividades a realizar, poniéndolo en conocimiento de la persona responsable del programa de Doctorado de la UCM. En caso de ausencia será necesario comunicarlo y justificarlo a dicho/a responsable.
- 3.- Deberán guardar con absoluto rigor el secreto profesional y no utilizar en ningún caso información restringida adquirida con motivo de su actividad formativa en el CSIC, con el objeto de dar publicidad o comunicación a terceros, respondiendo en caso de incumplimiento del deber de secreto frente al CSIC, sin perjuicio de las responsabilidades que por igual causa puedan derivar ante la Agencia Española de Protección de Datos. Esta obligación de confidencialidad persistirá incluso después de finalizar la estancia en el CSIC, por un periodo de tres años. En todo caso, si alguno de los resultados obtenidos durante la realización de las actividades en el CSIC fuera susceptible de publicación o protección, el/la doctorando/a deberá figurar como coautor/a de la invención, sin que ninguna de las cláusulas de este convenio suponga la cesión o transmisión de cualesquiera derechos de propiedad intelectual o industrial titularidad del CSIC.
- 4.- Los/las doctorandos/as de los programas de Doctorado que realice las actividades en institutos del CSIC, tendrán una relación con este Organismo exclusivamente formativa, sin que de ella derive, en ningún caso, vínculo jurídico alguno ni relación laboral, ni más compromisos que los estipulados en el presente convenio.

5.- Mostrarán, en todo momento, una actitud respetuosa hacia la política del CSIC, salvaguardando el buen nombre de la UCM.

6.- Los/las doctorandos/as tendrán aquellos otros derechos y deberes previstos en la normativa vigente.

QUINTA.- COMPROMISOS DE LAS PARTES

1.- Compromisos específicos de la UCM a través del Centro responsable del Programa de Doctorado:

- a).- La UCM establecerá, en coordinación con el CSIC, un programa de actividades con carácter previo al inicio de las mismas, según se recoge en el Anexo III.
- b).- La UCM se compromete a hacer mención expresa de la colaboración del CSIC en el desarrollo del programa de Doctorado, y así como en todas aquellas actividades llevadas a cabo con relación al mismo.
- c).- Se responsabilizará de que tanto su personal, como los/las doctorandos/as que participen en el desarrollo de las actuaciones previstas en este convenio, conozcan el contenido del mismo.
- d).- La UCM, a través del centro responsable del programa de doctorado, velará que los/las doctorandos/as estén cubiertos/as por una póliza de seguro (costeada por el doctorando en el caso de no disponer de ninguna apropiada) con el alcance económico adecuado para indemnizar los daños y perjuicios que puedan causar o puedan causarles a ellos/as durante el desarrollo de las actividades. La cobertura de los riesgos alcanzará las contingencias de accidente, fallecimiento, responsabilidad civil y, en su caso, repatriación por fallecimiento o enfermedad, sin perjuicio del deber que asumirá la Dirección del instituto del CSIC de efectuar la oportuna comprobación de que existe póliza de seguro.
- e).- La UCM quedará exonerada de cualquier responsabilidad económica, de acuerdo con la establecido en la cláusula séptima, que pudiera derivarse de la permanencia y actividad de dichos/as doctorandos/as en las dependencias del CSIC más allá del periodo previsto para la realización de actividades recogidas en el Anexo III.
- f) El personal de la UCM que participe en el desarrollo de las actividades incluidas en el convenio deberá guardar confidencialidad en relación con la información interna de los institutos del CSIC, y guardar secreto profesional durante el desarrollo de las mismas y finalizadas éstas, por un periodo de tres años.

2.- Compromisos específicos del CSIC, a través de sus institutos:

- a).- Facilitar a los/las doctorandos/as los medios e instalaciones oportunas para poder desarrollar el plan de trabajo recogido en el Anexo III.
- b) Orientar y ayudar a los/las doctorandos/as a resolver, durante su estancia en los diferentes institutos, sus dudas y dificultades.
- c).- Facilitar información a los doctorandos sobre la normativa de seguridad y prevención de riesgos laborales.
- d).- El CSIC se compromete a hacer mención expresa de la colaboración de la UCM en el desarrollo de todas aquellas actividades llevadas a cabo con relación al programa de doctorado.
- e).- Se responsabilizará de que el personal del CSIC que participe en el desarrollo de las actuaciones previstas en este convenio, conozca el contenido del mismo.

f).- El CSIC quedará exonerado de cualquier responsabilidad respecto a la póliza de seguro y de responsabilidad civil, que pudiera derivarse de la permanencia y actividad de dichos/as doctorandos/as en sus dependencias durante la realización de las actividades recogidas en el Anexo III.

SEXTA.- CERTIFICADOS

Al finalizar el periodo de realización de las actividades, el instituto del CSIC expedirá un certificado a favor de los/las doctorandos/as en el que conste expresamente la especialidad a la que ha estado orientada su formación, la duración de las actividades realizadas y su rendimiento.

A su vez, la UCM, a través del Centro responsable del Programa de Doctorado, expedirá a favor de la persona responsable de las actividades del instituto del CSIC, un certificado de su colaboración durante el periodo de realización de las mismas.

SÉPTIMA.- COMISIÓN MIXTA DE SEGUIMIENTO

Por parte de las instituciones firmantes del presente convenio, se establecerá una Comisión Mixta de Seguimiento compuesta por dos representantes de cada una de las partes, que serán designados por ellas.

A dicha comisión podrán incorporarse cuando se precise y de forma puntual otros miembros que sean designados por acuerdo de las partes.

Esta comisión estará encargada de resolver las incidencias de interpretación y ejecución que pudieran plantearse con ocasión del cumplimiento del convenio y en el último trimestre de cada año se reunirá y acordará si finalmente se ha generado gasto por parte del CSIC, según lo que se hubiera previsto en el anexo I, en relación con la participación de su personal investigador en las actuaciones desarrolladas de acuerdo con la cláusula segunda 1), por los gastos específicos producidos en el desarrollo de las actividades. En el caso de que se haya generado gasto, la UCM, a través del grupo de investigación en el que esté encuadrado el/la doctorando/a, compensará económicamente al CSIC por esos conceptos en la cuantía prevista. En caso de previsión de gasto, éste deberá ser autorizado con anterioridad indicando quién lo asumirá.

Una vez alcanzado el acuerdo, éste quedará reflejado en la oportuna acta de la Comisión Mixta de Seguimiento que será comunicada a las instituciones firmantes en el plazo máximo de 15 días, al objeto de que el CSIC, si procede, emita el correspondiente documento de solicitud de ingreso.

En el acta, que será firmada por los miembros integrantes de la comisión, se recogerán los institutos del CSIC implicados, el personal investigador que participó, los/las doctorandos/as que realizaron sus actividades en el CSIC, la cuantía acordada y el número de la cuenta corriente en la que se ingresará la transferencia económica.

A esta cantidad no se le aplicará el IVA correspondiente, por no estar la actuación dentro de las contenidas en el artículo 7.8 de la Ley 37/1992, de 28 de diciembre, del Impuesto sobre el Valor Añadido, y asimismo por no generar distorsión en la competencia.

La Comisión Mixta de Seguimiento se regirá, en cuanto a su funcionamiento, por lo establecido para los órganos colegiados, en el Capítulo II del Título II de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

OCTAVA.- PROTECCIÓN DE DATOS E IGUALDAD DE DERECHOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD.

El tratamiento de los datos de carácter personal de los estudiantes se realizará de conformidad con la Ley Orgánica 15/1999, de protección de datos de carácter personal.

El desarrollo de las actividades prácticas y/o de investigación se garantizará según lo dispuesto en el Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre, publicado en el BOE del 3 de diciembre de 2013, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social.

NOVENA.- VIGENCIA

El presente convenio entrará en vigor en el momento de su firma y su duración será de cinco años, prorrogable automáticamente por periodos de igual duración, de no establecerse impedimentos por alguna de las partes mediante denuncia, que deberá ser notificada por escrito a la otra parte con tres meses de antelación a la fecha en la que desee la terminación del mismo.

DÉCIMA.- CAUSAS DE EXTINCIÓN

El presente convenio podrá resolverse por las siguientes causas: el mutuo acuerdo entre las partes, expresado por escrito, la imposibilidad sobrevenida del cumplimiento de las actividades descritas, la denuncia por una de las partes en los términos previstos en la cláusula octava y la supresión de las enseñanzas oficiales objeto del presente convenio.

En caso de extinción del convenio, se mantendrán los compromisos cuyo cumplimiento ya se haya iniciado o esté en desarrollo. Las condiciones de la extinción se fijarán por la comisión de seguimiento, a los efectos de evitar perjuicios a las entidades firmantes y a la formación de los/las doctorandos/as.

UNDÉCIMA.- RESOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Las cuestiones litigiosas que pudieran surgir en la interpretación, modificación, efectos o resolución del presente convenio, y que no hayan sido resueltas de mutuo acuerdo por las partes o, en su caso, por la Comisión Mixta de Seguimiento prevista en el mismo, serán sometidas a la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

DUODÉCIMA.- NATURALEZA

Este convenio tiene naturaleza administrativa y, de acuerdo con lo previsto en el artículo 4.1.c) del texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, aprobado por el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, queda excluido del ámbito de aplicación de esta Ley, cuyos principios, no obstante, se aplicarán para resolver las dudas y lagunas que pudieran presentarse, en defecto de otras normas aplicables.

Asimismo, la ejecución del presente convenio se llevará a cabo de conformidad siempre con las previsiones contenidas en el Real Decreto 99/2011, de 28 de enero, por el que se regulan las enseñanzas oficiales de Doctorado.

DÉCIMOTERCERA.- MODIFICACIÓN DEL CONVENIO

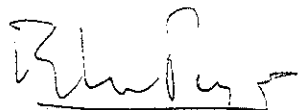
Cualquier modificación que altere sustancialmente lo establecido en el presente convenio habrá de ser pactada y comunicada para ser válida, y se formalizará mediante adenda que será firmada por las partes.

DÉCIMOCUARTA.- ANULACIÓN DE CONVENIOS ANTERIORES

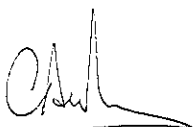
El presente convenio anula los que se hayan suscrito para el mismo o similar objeto de este. En el caso de que en la fecha de la firma de este convenio se encuentre en desarrollo algún programa de Doctorado amparado en alguno de los convenios que anula, se mantendrán los compromisos adquiridos hasta la finalización de la impartición del Doctorado.

Y en prueba de conformidad de cuanto antecede, firman por duplicado ejemplar el presente documento, en el lugar y fecha arriba indicados.

Por la Agencia Estatal Consejo Superior
de Investigaciones Científicas,


Fdo: Emilio Lora-Tamayo D'Ocón

Por la Universidad Complutense de Madrid


Fdo: Carlos Andradás Heranz



ANEXO I AL CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID Y LA AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES ASOCIADAS A PROGRAMAS DE DOCTORADO

SOLICITUD DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS Y/O DE INVESTIGACIÓN

La Universidad Complutense de Madrid, conforme a lo establecido en la Cláusula Segunda.1.1) del citado convenio, y teniendo en cuenta la Cláusula Tercera del mismo, solicita al CSIC la realización de actividades prácticas y/o trabajos de investigación para doctorandos/as de esta Universidad, según los términos del convenio de colaboración citado, firmado el de de 2015, del que el presente documento es anexo inseparable.

1.- Denominación del programa de Doctorado:	
2.- Instituto del CSIC donde se desarrollarán las actividades:	
3.- Responsable del desarrollo del programa de doctorado, de la tutoría y/o dirección de las tesis doctorales en representación de la UCM:	
4.- Responsable de la dirección de tesis o de las actividades asociadas a la misma del instituto del CSIC:	
5. Número de plazas que se solicitan:	
6.- Finalidad de las actividades prácticas y/o trabajos de investigación y/o de las tesis doctorales:	
7.- Sistemas de evaluación y control:	
8.- Duración del programa (dd/mm/aa):	Del ... de de 2.01.. al ... de de 2.01..
9.- Horario preferido de las actividades (hh:mm):	De..... a..... y de..... a.....
10.- Nº total de horas:	
11.- Cuantificación de la previsión del gasto en el que eventualmente incurrirá el instituto del CSIC*: (a cumplimentar por el CSIC)	

Lo que se firma, por duplicado ejemplar, en a de de 201..

Por la Universidad Complutense de Madrid

Por el (instituto del CSIC)

Fdo.:

Fdo.:

Responsable del programa de Doctorado

Director/a

*De contemplarse gastos el anexo deberá ser firmado, además, por la autoridad de la UCM que ésta determine.

18

ANEXO II

RELACIÓN DE DOCTORANDOS QUE REALIZARÁN ACTIVIDADES PRÁCTICAS Y/O DE INVESTIGACIÓN

De conformidad con la cláusula segunda, punto 1.2. del "Convenio de cooperación educativa entre la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad Complutense de Madrid para el desarrollo de actividades asociadas al programa de doctorado", firmado en Madrid con fecha ... de de 2015, teniendo en cuenta que con fecha ... de de fue aprobada la solicitud de actividades prácticas y/o de investigación (Anexo I) en el (instituto CSIC), se comunica los estudiantes de doctorado de esta Universidad que realizarán estancias en dicho instituto, de acuerdo con los detalles que se prevén en el Anexo III del citado convenio.

NOMBRE Y APELLIDOS DEL ESTUDIANTE	DNI/NIE	CURSO	PROGRAMA DE DOCTORADO

18

.....a.....de.....de 201..

El/la responsable del programa de doctorado

Autorizado por el/la Director/a del
(instituto) del CSIC

Fdo:

Fdo:

17

ANEXO III

PROYECTO FORMATIVO DEL DOCTORANDO

De conformidad con la Cláusula Segunda 1.3. del "Convenio de cooperación educativa entre la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad Complutense de Madrid para el desarrollo de actividades asociadas a Programas de Doctorado, firmado en Madrid, con fecha ... de de 2015, los detalles concretos del programa de actividades y plan de trabajo a realizar por el/la doctorando que se cita a continuación, autorizado/a para realizar prácticas y/o de investigación en el (Instituto del CSIC), con fecha ... de de 2.01..., según el anexo II de este convenio, son los siguientes:

ESTUDIANTE:				DNI / NIE:	
DOMICILIO:				TELÉFONO:	
CENTRO UCM:					
PROGRAMA DE DOCTORADO:				CURSO:	
INSTITUTO DEL CSIC:					
FECHA DE INCORPORACIÓN:			FECHA DE FINALIZACIÓN:		
HORAS DIARIAS DE PRÁCTICAS:		DÍAS DE LA SEMANA:		HORARIO:	
TUTOR /A DEL INSTITUTO DEL CSIC:					
TUTOR /A ACADÉMICO /A DEL CENTRO:					
CONTENIDO DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES Y PLAN DE TRABAJO					

El/la estudiante abajo firmante, declara su conformidad para realizar actividades prácticas y/o de investigación, según los detalles anteriores, ateniéndose a las normas contempladas en el citado convenio.

Y, en prueba de conformidad, firman el presente documento, por triplicado ejemplar, en, el ... de de 201...

El/la Tutor/a Académico/a de la
Universidad Complutense de Madrid

El/la Tutor/a del (Instituto...)
del CSIC

El/la doctorando

Fdo:

Fdo:

Fdo:

Convocatoria de Ayudas destinadas a la
realización de doctorados industriales
(2017)

Memoria científico-técnica de las actividades de I+D a desarrollar
(3 AÑOS)

Referencia:	IND2017/AMB-7720
Área científica	Medio ambiente, agua y energía
Palabras clave:	Aguas residuales, Oxidación Húmeda, Recuperación energética, Economía Circular, Valorización de residuos, Tratamiento de lodos

Nombre y apellidos: Co/director académico	García Rodríguez, Juan
NIF/NIE:	08853993M
Organismo entorno académico:	Universidad Complutense de Madrid

Organismo entorno empresarial:	Ecolutum Energía Recuperable S.L.
Nombre y apellidos: Tutor entorno empresarial:	Hermana Mendioroz, Mª Blanca
Nombre y apellidos: Candidato doctorado Industrial	Ruiz de León Gómez, Carlos

ÍNDICE

1. Título del proyecto de doctorado industrial.
2. Palabras clave.
3. Antecedentes y estado actual de las investigaciones.
4. Resumen (español e inglés)
5. Objetivos principales y secundarios.
6. Metodología de la investigación.
7. Plan de trabajo y cronograma.
8. Bibliografía más relevante.
9. Aspectos éticos relevantes y su consideración en las actividades de I+D a desarrollar, si procede.
10. Impacto esperado de las actividades de I+D a desarrollar.

1. Título del proyecto de doctorado industrial.

“Desarrollo y optimización de la tecnología OSCAR para el tratamiento de efluentes con una elevada carga orgánica”

2. Palabras clave

Aguas residuales, Oxidación Húmeda, Recuperación energética, Economía Circular, Valorización de residuos, Tratamiento de lodos

3. Antecedentes y estado actual de las investigaciones.

La depuración de las aguas procedentes de la actividad humana ha sido históricamente un grave problema para las sociedades, tanto desde el punto de vista de la salud, como desde el punto de vista ambiental. En la actualidad se ha puesto de manifiesto la necesidad de gestionar de modo eficiente los lodos producidos en los procesos de depuración de aguas, lo que supone un problema económico importante, con procesos costosos de tratamiento y un elevado coste energético y medioambiental.

La tecnología OSCAR (Oxidación Sub-Crítica de Aguas Residuales), viene a sustituir las tecnologías actuales de tratamiento de residuos con una elevada carga orgánica como los lodos de depuradora. Actualmente estos residuos se llevan a incineración, con una gran generación de compuestos tóxicos (dioxinas, furanos) y cenizas, etc. Otra opción empleada es su disposición en vertedero, lo cual requiere un tratamiento previo de estabilización y no es una opción sostenible a medio y largo plazo. También en función de la toxicidad del residuo, en ocasiones, se emplea en agricultura como fertilizante, sin embargo, estos residuos suelen contener microorganismos patógenos y compuestos tóxicos, que dificultan esta aplicación. Para el empleo de lodos en estas aplicaciones, además, es necesario un secado previo del residuo, lo que implica un elevado coste [1][2].

Hay otras aplicaciones de procesos basados en la Oxidación Húmeda (O.H.) subcrítica, para la descontaminación de efluentes. Sin embargo, no se puede decir que hayan tenido mucho despliegue en el mercado. Ejemplos de ello son, el proceso Zimpro (Energy Siemens, Veolia Water Treatment Technologies, 3V Green Eagle), Vertech, Wetox (Vidink), Kenox, etc. Todas estas tecnologías operan en torno a los 270°C, debido a que tienen que mantener el efluente tratado por debajo del punto crítico del agua (373°C), y es difícil controlar la temperatura en el interior del reactor, que tiende a elevarse rápidamente, como consecuencia de la exotermicidad de las reacciones de oxidación [3] [4] [5]. Esta necesidad de operar lejos del punto crítico del agua, requiere equipos de gran tamaño, lo que implica elevados costes de inversión, que dificultan la introducción de las tecnologías en el mercado.

También se han desarrollado otras tecnologías basadas en Oxidación Húmeda, pero en condiciones supercríticas, es decir, a temperaturas muy por encima de los 374°C [6]. En estos casos, la exotermicidad del proceso no es un inconveniente. Sin embargo, aparecen otros problemas. Por un lado, la corrosión es muy elevada a esa temperatura [7] y por otro, la solubilidad de las sales disminuye drásticamente, produciendo precipitación de las mismas en el interior de los equipos, llegando a obstruirlos [8]. Estos dos efectos encarecen los costes operativos del sistema, impidiendo la implantación de esta tecnología a escala industrial.

En este contexto, la empresa Ecolotum, ha detectado un gran margen de mejora de estos tratamientos, y ve la posibilidad de emplear estos efluentes contaminados como materia prima dentro de la filosofía de economía circular. Y para ello, ha desarrollado la tecnología OSCAR que es capaz de eliminar los contaminantes orgánicos del efluente, transformándolos en recursos aprovechables en el ciclo económico, bien como, productores de energía, o nutrientes, o agentes químicos valorados en el mercado.

La novedad de la tecnología OSCAR reside en la capacidad de controlar la temperatura de la mezcla reactante gracias al empleo de un reactor tubular refrigerado, y a la capacidad de predecir el comportamiento térmico del proceso mediante el empleo del algoritmo de control del proceso propiedad

de Ecolotum. Este algoritmo permite simular la evolución de la temperatura a lo largo del reactor, facilitando así su control.

Ser capaz de controlar la temperatura de reacción sin que esta se des controle debido a la exotermicidad de la reacción, significa poder extremar las condiciones de operación para aumentar la eficiencia del proceso, consiguiendo una mayor conversión en menor tiempo, lo que redundará en menores costes de operación e inversión, que otras tecnologías de O.H. que existen actualmente en el mercado.

La tecnología OSCAR no tiene los problemas citados en la oxidación supercrítica, ya que opera por debajo del punto crítico del agua, de manera que se enmarca como una solución intermedia entre la oxidación húmeda convencional y la oxidación supercrítica. En resumen, la tecnología OSCAR es capaz de obtener las ventajas de los procesos supercríticos, es decir, una gran velocidad de degradación, sin los inconvenientes de precipitación de sales y corrosión.

Estas afirmaciones sobre la viabilidad técnica de la tecnología, se han validado mediante una investigación a escala de laboratorio, con el prototipo "ALFA" construido en 2016, que opera con un caudal medio de aproximadamente 1L/h.

En cuanto a la viabilidad económica de la solución, a día de hoy sólo se han hecho unas estimaciones teóricas, que se han contrastado con las realizadas por empresas del sector de depuración de aguas, concluyendo que la tecnología OSCAR para el tratamiento de lodos de depuradora es una opción más económica que las tecnologías convencionales.

A finales del 2017, se terminará la construcción del prototipo "BETA" de la tecnología, capaz de operar en régimen continuo descontaminando un caudal de 50L/h de efluente, con el que se pretende demostrar la viabilidad económica a escala industrial lo cual es objeto de este proyecto.

4. Resumen (español e inglés).

Resumen en español

El motivo que lleva a Ecolotum, Energía Recuperable S.L. y a la Universidad Complutense de Madrid a realizar este proyecto de doctorado industrial subyace en la necesidad de desarrollar soluciones económicamente viables para la eliminación de ciertos tipos de residuos. Residuos como los lodos generados en las plantas de depuración de las aguas residuales (EDAR), tienen una problemática de tratamiento enorme. Sólo en España se generan más de 1.200.000 toneladas (en materia seca) y se calcula que en el año 2020 la generación de lodos de EDAR en Europa exceda de los 13 millones de toneladas anuales. La misma problemática afecta a otro tipo de residuos similares, como los lixiviados y lodos de petroquímica, cuya eliminación debe realizarse de una forma controlada, para minimizar la contaminación tanto del suelo como del aire y el agua. [10][11]

Por ello, se deben fomentar tecnologías basadas en la economía circular como la tecnología OSCAR, es decir, tecnologías que conviertan un residuo en un producto aprovechable.

La mayoría de estos residuos se estabilizan y se almacenan en vertederos o son enviadas a incineración. En el mejor de los casos se pueden emplear estos residuos como abono agrícola, pero la presencia de patógenos y compuestos tóxicos es problemática. La tecnología OSCAR consigue solucionar estos problemas de raíz gracias a las características de su proceso, permitiendo obtener productos esterilizados y ausentes de compuestos tóxicos.

Además, estos residuos tienen un poder calorífico superior alrededor de 4000 kcal/kg sólido seco, siendo el de algunos carbones como la hulla de 5000 kcal/kg. La tecnología OSCAR, es capaz de realizar el aprovechamiento energético de estos residuos de forma respetuosa con el medio ambiente.

Se ha comprobado la viabilidad técnica de OSCAR para los lodos de depuradoras y residuos petroquímicos, y se ha estimado la viabilidad económica del proceso, en el caso de los lodos de EDAR. Sin embargo, para poder ofrecer al mercado una tecnología rentable, es necesario aún demostrar la viabilidad técnica para otro tipo de residuos como los lodos de la industria cervecera, farmacéutica, lixiviados de vertederos, etc., y comprobar su rentabilidad económica real, en comparación con las

técnicas convencionales existentes.

Resumen en inglés

The reason that leads to Ecolotum, Energía Recuperable S.L. and the Universidad Complutense de Madrid to carry out this Industrial PhD Project underlies in the need to develop economically viable solutions for the elimination of certain types of waste. Residues such as sludge generated in wastewater treatment plants (WWTP), have a huge treatment problem. Only in Spain are more than 1,200,000 tons generated (in dry matter) and it is estimated that by 2020 the generation of sewage sludge in Europe exceeds 13 million tons per year. The same problem affects another type of similar waste, such as leachates and petrochemical sludge, whose disposal must be done in a controlled manner, to minimize contamination of soil, air and water. [10] [11].

Therefore, technologies based on the circular economy such as OSCAR technology should be encouraged, that is to say, technologies that turn waste into a valuable product.

Most of these residues are stabilized and stored in landfills or sent to incineration. In the best case these residues can be used as agricultural fertilizer, but the presence of pathogenic microorganisms and toxic compounds is problematic. OSCAR technology manages to solve these problems at the root thanks to the characteristics of its process, allowing to obtain sterilized products and absent of toxic compounds.

In addition, these residues have a higher calorific value around 4000 kcal/kg dry solid, being that of some coals such as coal of 5000 kcal/kg. The OSCAR technology can make an energetic use of this waste in a respectful way with the environment.

The technical viability of OSCAR for sewage sludge and petrochemical residues has been verified, and the economic feasibility of the process has been estimated, in the case of sewage sludge. However, in order to offer the market a profitable technology, it is still necessary to demonstrate the technical feasibility for other types of waste such as sludge from the brewing, pharmaceutical, landfill leachate, etc., and to verify its real economic performance, in comparison with the existing conventional techniques.

5. Objetivos principales y secundarios.

La finalidad del proyecto reside en adaptar la tecnología al tratamiento de diversos residuos y demostrar su viabilidad económica para el despliegue en el mercado, manteniendo en mente los beneficios medioambientales que se deriven de ella, el aprovechamiento energético del residuo y las exigencias de la Economía circular. Con todos ellos se pretende posicionar la tecnología OSCAR como la mejor técnica disponible para el tratamiento de este tipo de residuos.

Estos objetivos globales pueden concretarse a su vez en los siguientes objetivos específicos:

1. Establecimiento y búsqueda de las condiciones de operación adecuadas para cada tipo de residuo (lodos de EDAR, petroquímica, lixiviados, etc.), de manera que el producto resultante cumpla con la legislación aplicable a cada caso.
2. Optimizar el balance energético del proceso para que además de ser autosostenible, cuando las características del residuo lo permitan, sea capaz de generar energía.
3. Estudiar la posibilidad de aprovechamiento del producto resultante, bien como fertilizante, bien para el control del pH (CO₂) en las etapas previas del EDAR, o bien como acelerador en los tratamientos biológicos existentes en las EDAR.
4. Empleo del prototipo BETA de la tecnología OSCAR, construido por ECOLOTUM, para estudiar la viabilidad económica de la tecnología en el tratamiento de los distintos residuos tratados. Esto implica el estudio económico de las técnicas alternativas empleadas actualmente.
5. Se estudiará la posibilidad de que el proyecto sirva como base de una colaboración entre empresas y centros de investigación dentro del marco europeo del H2020.

6. Metodología de la investigación

Descripción de las actividades a realizar y metodología.

En el presente proyecto se pretende conseguir los objetivos propuestos con anterioridad de acuerdo con las actividades y metodología que se describen a continuación y que será desglosada por actividades referenciadas en un diagrama de Gantt. La duración total será de 36 meses. Los residuos a analizar en primera instancia son los lodos procedentes de depuradoras, debido a su diversa naturaleza la experimentación transcurrirá durante más tiempo que el resto. Analizando los distintos tipos que hay. Posteriormente se pretende trabajar con residuos procedentes de la industria petroquímica. También se pretende estudiar residuos de cervecera, lixiviados de vertedero, etc.

Metodología.

Actividad 1: Estudios previos y revisión bibliográfica.

Actividad 2: Seguimiento de la planificación del proyecto y discusión y análisis de los resultados.

Actividad 3: Preparación y caracterización de cada tipo de residuo.

Actividad 4: Experimentos en el prototipo Alfa.

Actividad 5: Simulación previa.

Actividad 6: Experimentos en el prototipo BETA.

Actividad 7: Simulación Final.

Actividad 8: Análisis económico y de viabilidad.

Actividad 9: Redacción de Informes.

Actividad 10: Redacción de la tesis.

Actividad 1. Estudios previos y revisión bibliográfica.

Esta actividad se realizará a lo largo de los tres años de duración del Proyecto, así se mantendrá actualizada, en todo momento, la bibliografía relacionada con las diferentes áreas que abarca este Proyecto.

Supone el reconocimiento bibliográfico de los antecedentes, y tecnologías actuales. El estudio de los nuevos residuos de posible tratamiento y posibilidades de mejora con nuevas tecnologías que vayan surgiendo.

Para el análisis económico será necesario también recabar información sobre las técnicas empleadas actualmente en la eliminación de dichos residuos y los costes que implican.

Actividad 2. Seguimiento de la planificación del proyecto y discusión y análisis de los resultados.

Esta actividad cuyo desarrollo tendrá lugar durante el tiempo de vigencia del Proyecto, contemplará la discusión de los resultados de un modo continuado con objeto de ir programando los diferentes trabajos y proceder al análisis de los mismos. También se mantendrán reuniones con las empresas socias que apoyan este Proyecto con objeto de tratar acerca de la posible transferencia de los resultados y una continua innovación y sinergias.

Actividad 3: Preparación y caracterización de cada tipo de residuo.

Selección de los residuos a tratar con la tecnología OSCAR. A continuación, se llevará a cabo su completa caracterización. Cada residuo se analizará la Demanda Química de Oxígeno, el Carbono Orgánico Total. Se analizará su composición mediante análisis elemental, y fluorescencia de Rayos X. Se medirá la cantidad y tamaño de los sólidos en suspensión si los hubiese, el poder calorífico del residuo,

etc.

Actividad 4. Experimentos en el prototipo Alfa.

El objetivo de emplear el prototipo Alfa es la obtención de parámetros cinéticos necesarios para la correcta caracterización del residuo. Además, el prototipo ALFA por su localización proporciona una forma más sencilla de experimentar con nuevos residuos y observar su comportamiento de forma más rápida, así como experimentar con condiciones de operación completamente nuevas de forma segura debido al volumen de la instalación y a su sistema de control y análisis enfocado exclusivamente a la experimentación.

Los parámetros cinéticos se obtendrán en las siguientes condiciones de operación.

- T= 200-340 °C
- P = 220 bar
- Qresiduo = 0,5-1,8 L/h
- QO2 = 100% - 150% estequiométrico.
- Reynolds = 500 -1500 Re
- DQO = 1000-5000 mg/L

Actividad 5. Simulación previa.

A partir de la caracterización y las pruebas con Alfa, se llevará a cabo su simulación con el algoritmo desarrollado por Ecolotum. Mediante esta simulación se determinará qué condiciones son las óptimas desde el punto de vista de la eficiencia energética del proceso, pero también para garantizar la seguridad y el control del mismo.

Con el algoritmo, seremos capaz de predecir el balance de materia y energía que se obtendrá en el prototipo BETA.

Actividad 6. Experimentos en el prototipo BETA.

A partir de las actividades descritas anteriormente, se procederá a tratar el residuo en el prototipo BETA, y se observará el comportamiento real de este, comparándolo con lo simulado, y observando la correspondencia de los datos teóricos simulados con los datos reales.

Se determinarán las necesidades energéticas reales de la tecnología, además se determinarán las condiciones óptimas de operación según las necesidades del residuo, según marque la legislación de vertido, y también según el aprovechamiento posterior del efluente.

Los experimentos se obtendrán en las siguientes condiciones de operación.

- T= 200 -340 °C
- P = 250 bar
- Qresiduo = 20-60 L/h
- QO2 = 100% - 150% estequiométrico.
- Reynolds = 20000-35000 Re
- DQO = 20000-70000 mg/L

Actividad 7. Simulación Final.

Se añadirán los resultados obtenidos con la experimentación en BETA al programa de simulación con el objetivo de que el algoritmo proporcione para cada tipo de residuo una adecuada simulación en condiciones reales que sean extrapolables para su posterior escalado a planta industrial.

Actividad 8. Análisis económico y de viabilidad.

Por último, a partir de la experimentación realizada, se pretende demostrar y probar rentabilidad económica de la tecnología OSCAR frente a las existentes actualmente para cada tipo de residuo..

Actividad 9. Redacción de Informes.

A la finalización de la experimentación con cada tipo de residuos se plasmará en un informe las

conclusiones atendiendo a los objetivos anteriormente expuestos.

Actividad 10. Redacción de la tesis.

Una vez terminado el proyecto se procederá a la redacción y presentación de la tesis doctoral. Repetición de aquellos ensayos necesarios y determinación de los resultados que falten de manera que la tesis doctoral quede completa.

Recursos disponibles y necesarios para llevar a cabo la actividad propuesta.

La empresa ECOLOTUM, nace con el propósito de llevar al mercado la Tecnología OSCAR de descontaminación de efluentes.

ECOTUM tiene como **recursos clave**, por un lado, el conocimiento de la tecnología OSCAR, personalizado en el grupo científico que la desarrolló y se encuentra comprometido con la empresa. Y por otro lado un algoritmo de cálculo propietario que es capaz de predecir el comportamiento del proceso, garantizando el control térmico del mismo y la eficacia descontaminante de la tecnología.

Estos dos recursos clave son los que nos permiten diferenciarlos de la competencia, al poder operar la tecnología en el punto óptimo de la misma

Para el desarrollo de este proyecto, consta además de dos prototipos de la tecnología:

- el prototipo ALFA, de una escala semi piloto capaz de tratar un volumen de hasta 2 L/h. Este prototipo se emplea para probar la viabilidad de la tecnología con distintos efluentes, y obtener las condiciones de operación óptimas de los mismos;
- el prototipo BETA, que ha sido financiado por el CDTI, es más completo que el anterior, incluyendo recuperadores de calor. Puede tratar caudal de residuos de 50 L/h. Este prototipo se emplea para probar la viabilidad económica de la tecnología con cada efluente concreto, y demostrar la capacidad de la misma de trabajar en régimen continuo ininterrumpidamente.

En cuanto a la dirección de ECOLOTUM, posee una extensa trayectoria previa en gestión de empresas medioambientales en entorno nacional e internacional. Los miembros del equipo gestor tienen formación empresarial sólida acreditada por reconocidas Universidades y Escuelas de Negocio.

Todo ello complementado con la participación activa de un Comité asesor compuesto por personalidades de reconocido prestigio.

Gracias a esta ayuda Ecotum, tendrá la posibilidad de trabajar con el personal y las infraestructuras del Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS), un personal de investigación con alto nivel científico y en la vanguardia del conocimiento, y un equipamiento e infraestructura de alto nivel, que de otro modo no sería posible. Por otro lado, el CyPS, contribuirá a la formación del personal de Ecotum mejorando su competitividad.

El grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS) donde se enmarca la tutorización del doctorando industrial es uno de los grupos de investigación del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Complutense (UCM). En concreto, el grupo de investigación posee una amplia experiencia en el tratamiento de aguas residuales cuya línea de investigación se inició en el año 1990 con la realización de varios proyectos de investigación de financiación pública y privada utilizando fundamentalmente procesos de adsorción y oxidación húmeda. Actualmente, el grupo investigador está integrado dentro de dos redes de tratamientos de aguas residuales, en concreto una red de la comunidad de Madrid, "Red Madrileña de Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales (REMTAVARES)" y otra a nivel nacional dentro del Programa de Red de Excelencia financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), a través del proyecto "Tratamiento y reutilización de aguas residuales para una gestión sostenible (TRAGUANET)".

A continuación, se enumera el equipamiento analítico disponible en el Laboratorio de Análisis de Aguas del grupo de CyPS.

- Analizador de carbono orgánico total (TOC)

- Espectrofotómetro ultravioleta - visible (UV-VIS).
- Sistema de digestión y destilación automática de nitrógeno Kjeldahl.
- Digestor y fotómetro para la determinación de la demanda química de oxígeno.
- Sistema de valoración automático con electrodos selectivos, para determinación de pH, potencial redox, alcalinidad, dureza, ...
- Ionómetro para determinación de pH, cloruros, amoníaco, ...
- Sistema de análisis termogravimétrico.
- Medidor de conductividad, temperatura y sólidos totales en disolución.
- Analizador portátil de oxígeno disuelto.
- Turbidímetro.
- Equipo de floculación para ensayos "Jar Test".
- Sistema de centrifugación
- Sistema de digestión por fotólisis ultravioleta para preparación de muestras para analizar trazas de metales pesados
- Sistema de digestión con ultrasonidos
- Sistema de digestión con microondas
- Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X (FRX) y de Análisis Elemental.

En resumen, el proyecto de Doctorado Industrial propuesto tiene tanto los medios materiales como económicos necesarios para llevarse a cabo, sin embargo, debido a los altos costes materiales que conllevan realizar este tipo de investigación se requieren de ayudas destinadas a I+D, que permitan alcanzar los objetivos propuestos.

Como se detalla en el plan de trabajo y cronograma, las consecuciones de las actividades dispuestas en este apartado se realizarán de forma cíclica con cada residuo a lo largo de la experimentación. A continuación, se resumen los hitos a 18 y a 48 meses.

Previsión de resultados verificables: 18 meses (intermedios).

A los 18 meses la previsión es que se habrá finalizado de trabajar con lodos de EDAR y con lodos de la industria petroquímica.

En concreto se habrá cumplido con el objetivo 1, 2 y 3 en lo que refiere a los lodos de EDAR. Es decir, se podrán establecer las condiciones de operación más adecuadas para los lodos de EDAR, se habrá optimizado el balance energético, y se habrá estudiado la posibilidad de aprovechamiento del efluente.

Se dispondrán de datos reales para 2 tipos de residuos (Lodos de depuradora y petroquímica) que permitan en los siguientes meses cumplir con el resto de objetivos.

Además, se habrá estudiado la posibilidad de trabajar con lodos de petroquímica y se habrán cumplido para este residuo los objetivos 1 y 2 para el tratamiento de lodos de la industria petroquímica.

Previsión de resultados verificables: 48 meses (finales).

A los 48 meses, o finalización de este proyecto se habrán completado los estudios y se dispondrá de resultados reales para los 4 tipos de residuos. Estos residuos son:

- Lodos de depuradora
- Lodos de industria petroquímica
- Lixiviados
- Residuos de industria alimentaria.

Para cada residuo se habrán cumplido los objetivos 1 y 2, y en función de los resultados, cuando estos muestren una viabilidad real en algunos casos se realizarán los objetivos 3 y 5. Se tendrán resultados reales de la eficacia del tratamiento y del coste del proceso, así como su comparación económica con el resto de tecnologías convencionales.

7. Plan de trabajo y cronograma.

Cabe señalar que en el cronograma adjuntado en la sección de documentación se muestran los hitos a cumplir y las actividades de forma más detallada.

La duración de las actividades que se realizarán en el transcurso del doctorado industrial son las siguientes:

Actividades 1-9: Lodo de depuradora. (12 meses)

Actividades 1-9: Lodos de petroquímica. (8 meses)

Actividades 1-9: Lixiviados. (8 meses)

Actividades 1-9: Industria alimentaria. (8 meses)

Actividad 10: Redacción tesis doctoral (11 meses)

8. Bibliografía más relevante.

[1] Metcalf & Eddy, y col. Wastewater engineering treatment, disposal and reuse, 3rd ed. New York, USA: McGraw Hill; 1991.
[2] Hall, J.E. Sewage sludge production, treatment and disposal in the European Union. J CIWEM. 1995.
[3] Sanz Ataz, J. y col. Tratamiento de fangos de aguas residuales urbanas por oxidación húmeda: Proceso ATHOS. VEOLIA Water Systems Ibérica.
[4] Bertanza, G. y col. Techno-economic and environmental assessment of sewage sludge wet oxidation. 2015.
[5] Slavik, E. y col. Wet Oxidation as an Advanced and Sustainable Technology for Sludge Treatment and Management: Results from Research Activities and Industrial-Scale Experiences. 2015.
[6] García, M.B. Tesis doctoral, Estudio de los procesos de oxidación y gasificación en agua supercrítica aplicado al tratamiento de vertidos industriales. Universidad de Cádiz, 2009.
[7] Danielson T.A., Corrosion of Selected Alloys in Sub-and Supercritical Water Oxidation Environments, Thesis, University of Texas USA, (1995).
[8] Khan, M.S., Rogak, S.N. Solubility of Na ₂ SO ₄ , Na ₂ CO ₃ and their mixture in supercritical water. The Journal of Supercritical Fluids, 2004.
[9] Tromans, D. Temperature and pressure dependent solubility of oxygen in water: a thermodynamic analysis. University of British Columbia. Department of Metals and Materials Engineering. 1998.
[10] Ministerio de Medio Ambiente, Caracterización de lodos de depuradoras generados en España, 2009.
[11] Ministerio de Medio Ambiente, Manual para la gestión de vertidos. 2007.

9. Aspectos éticos.

La propuesta de doctorado industrial no contempla ninguno de los siguientes aspectos que tengan implicaciones éticas.

- No se realiza experimentación clínica con seres humanos.
- No se utilizan células troncales embrionarias humanas o derivadas de ellas.
- No se utilizan tejidos o muestras biológicas de origen humano.
- No se emplean datos personales ni información genética.
- No se realiza experimentación con animales.
- No se utilizan agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o para las plantas.
- No se usan organismos modificados genéticamente.
- No se liberan organismos modificados genéticamente.

Por ello el presente proyecto no incurre en ningún posible problema ético, ni en ninguna actividad que pudiera derivar en algún problema ético.

10. Impacto esperado de las actividades de I+D a desarrollar.

En las últimas décadas la innovación en el tratamiento de residuos ha sido enfocado casi exclusivamente al tratamiento de aguas residuales, y es cierto que en este campo se han producido avances muy importantes, si bien, ha habido una despreocupación generalizada en el tratamiento de residuos con una alta carga orgánica como los lodos de depuradora entre otros. Esto ha sido debido a la difusa legislación sobre el tema, y a la facilidad de almacenamiento en vertederos. Sin embargo, en los últimos años, la creciente tendencia a la economía circular unido al aumento de las restricciones de vertido de estos residuos de alta carga orgánica, han puesto de manifiesto un gran problema de gestión de estos residuos.

Por ello, surge la necesidad de desarrollo de tecnologías económicamente viables para abordar esta problemática. Los resultados que se obtengan en el presente proyecto están enfocados directamente en el desarrollo y aplicación de la tecnología OSCAR al sector productivo.

Los resultados obtenidos no solo tendrán una gran utilidad para aquellas empresas dedicadas a la gestión de los residuos, sino que la propia administración pública, en este caso la Comunidad de Madrid será pionera en la aplicación de tecnologías acordes con la economía circular de la que tanto se está poniendo énfasis en los últimos años.

Ecolotum, junto con la Universidad Complutense de Madrid, esperan que la tecnología OSCAR, sea la solución económicamente viable a la problemática de gestión de estos residuos. Este impacto esperado está avalado por diversos organismos tanto públicos como privados, que han mostrado un gran interés. Empresas como GS Inima Environment o Canal de Isabel II, así como diversos ayuntamientos encargados de la explotación de las EDAR, tanto de la ciudad de Madrid, como de ciudades colindantes, como Boadilla y Móstoles, siendo en esta última donde la empresa Ecolotum ha recibido un diploma en la categoría de pequeña empresa innovadora y la nominación a PYME de carácter innovador en los XXVII 'Premios Ciudad de Móstoles'. Otras empresas del sector petroquímico han mostrado su interés en el desarrollo de la tecnología para sus propios residuos.

En la documentación presentada en este proyecto, se encuentran cartas de apoyo al proyecto de algunas empresas mencionadas anteriormente.

Se espera que la tecnología OSCAR se establezca como mejor técnica disponible en el tratamiento de lodos de depuradora, y posiblemente pueda ser extensivo a otro tipo de residuos similares.

Es decir, cada EDAR de la Comunidad de Madrid, y del resto del territorio nacional o internacional, minimizará en gran medida los gastos de gestión de los lodos de depuradora, pero de forma que el problema, es decir, el residuo, se elimina por completo, y no se requiere ningún tratamiento ni deposición en vertedero, posterior. Además, la tecnología OSCAR producirá un efluente líquido con alto valor añadido y un efluente gaseoso fácilmente aprovechable en la misma EDAR, reduciendo aún más los costes.

La versatilidad de la tecnología para el tratamiento de diversos residuos, es otro factor interesante en el análisis económico de la solución. Como ejemplo de ello, el prototipo BETA, se ha construido en un contenedor de 20 pies (6 metros), de manera que sea transportable a aquella industria que se muestre interesada en la tecnología y la quiera evaluar durante un cierto tiempo, para su posterior implantación. Es decir, en mismo prototipo, se probará con distintos residuos.

[illegible]



DOCTORADO INDUSTRIAL

**CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE LA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
Grupo de Catálisis y Procesos de Separación-Facultad Ciencias Químicas
Y
ECOLUTUM, Energía Recuperable, S.L.
PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE DOCTORADO INDUSTRIAL**

En Madrid, a 13 de Noviembre de 2017.

De una parte, D. Ignacio Lizasoain Hernández, Vicerrector de Política Científica, Investigación y Doctorado, en nombre y representación de la Universidad Complutense de Madrid (en lo sucesivo UCM), actuando por delegación del Rector según Decreto Rectoral 16/2015, de 15 de junio, de creación de los Vicerrectorados de la UCM, de delegación de competencias en estos y otros órganos unipersonales y de diversas cuestiones de índole organizativa, publicado en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid el 31 de julio de 2015.

Y de otra parte, la Sra. D^a. M^a Blanca Hermana Mendioroz, Administrador Único en calidad de representante legal, acreditado con poder notarial bastante, de Ecolutum, Energía Recuperable, S.L., (en adelante, ECOLUTUM), con CIF G.45798931 y con domicilio social en la calle París, 24, 45003-Toledo.

Las partes se reconocen capacidad jurídica suficiente para suscribir el presente Convenio, y a tal efecto

EXPONEN

I

Fines de la UCM

La UCM tiene entre sus fines acercar la formación universitaria a la realidad social y profesional de nuestro entorno, mediante el establecimiento de relaciones con Instituciones externas, que permitan completar el proceso formativo con una puesta en práctica de los conocimientos teóricos adquiridos y favorecer la inserción laboral del doctorando y la transferencia de su investigación a la sociedad.

II

Fines de ECOLUTUM.

Ecolutum tiene como fines la investigación sobre el desarrollo de la tecnología OSCAR para la descontaminación de efluentes con carga orgánica.

III

Normativa aplicable

La Ley 40/2015, de 1 de octubre, de régimen jurídico del sector público (BOE del 2 de octubre), que en su capítulo VI, regula los convenios adoptados por las Administraciones Públicas, los organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes o las Universidades Públicas entre sí o con sujetos de derecho privado para un fin común.

La Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades, (BOE de 24 de diciembre), modificada por la Ley 4/2007 de 12 de abril (BOE de 13 de abril), en su artículo 38, regula los cursos de doctorado, entendiéndose que la finalidad de estos es "la especialización del estudiante en su formación investigadora dentro de un ámbito del conocimiento científico, técnico, humanístico o artístico".

La Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes (BOE de 25 de julio de 2015).

El Real Decreto 99/2011 de 28 de enero (BOE de 10 de febrero), en su versión consolidada de 3 de junio de 2016 por el que se regulan las enseñanzas oficiales de doctorado, dispone en su artículo 8 que "La universidad, de acuerdo con lo que establezca su normativa, definirá su estrategia en materia de investigación y de formación doctoral que se articulará a través de programas de doctorado desarrollados en Escuelas de Doctorado o en sus otras unidades competentes en materia de Investigación, de acuerdo con lo establecido en los estatutos de la universidad, en los respectivos convenios de colaboración y en este Real Decreto".

El Real Decreto 1002/2010 de 5 de agosto (BOE de 6 de agosto), sobre expedición de títulos universitarios oficiales, modificado por el Real Decreto 195/2016 de 13 de mayo (BOE 3 de junio) por el que se establecen los requisitos para la expedición del Suplemento Europeo al Título Universitario de Doctor.

El Decreto 32/2017, de 21 de marzo (BOCM de 24 de marzo), del Consejo de Gobierno, por el que se aprueban los Estatutos de la UCM, en los artículos 158 y 159 regula las enseñanzas de Doctorado de la UCM.

El Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril (BOE de 22 de abril de 1996), por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia.

IV

Declaración de intenciones

Ambas instituciones, conscientes de que la colaboración mutua puede contribuir a la mejor realización de las actividades propias de cada una de ellas, y considerando que tienen unos objetivos en parte coincidentes y complementarios, desean suscribir el presente convenio de acuerdo con las siguientes

CLÁUSULAS

PRIMERA.- OBJETO DEL CONVENIO.

El objeto del presente convenio es establecer un marco de colaboración entre las partes para la realización de un proyecto de investigación industrial o de desarrollo

[Firma manuscrita]

[Firma manuscrita]

experimental, que será el objeto de la tesis doctoral del doctorando de la UCM seleccionado, que se desarrolla en Ecolotum.

SEGUNDA.- CONDICIONES GENERALES DEL CONVENIO

El doctorando deberá estar admitido en un Programa de Doctorado de la UCM de acuerdo con los requisitos de acceso y admisión de la Universidad.

El doctorando participará en un proyecto de investigación industrial o de desarrollo experimental que tenga relación directa con la tesis que realiza.

El doctorando contará con un tutor de la UCM designado por la Comisión Académica del Programa de Doctorado, un responsable designado por parte de la entidad colaboradora que, en caso de ser doctor, podrá ser codirector de tesis y, al menos un Director de tesis de la UCM que, a su vez, podrá ser el tutor de la UCM.

Una vez se haya defendido la tesis doctoral, y siempre que se haya hecho de acuerdo con la Normativa establecida en la UCM, se otorgará al doctorando la mención "**Doctorado Industrial**" en el título de Doctor.

Dado que el contrato laboral se suscribe entre Ecolotum y el doctorando, la UCM queda exonerada de cualquier responsabilidad que derive del incumplimiento de la normativa laboral aplicable por parte de la entidad colaboradora o del trabajador

TERCERA.- COMPROMISOS DE LAS PARTES

A) POR PARTE DE LA UCM

- Favorecer la inserción laboral del doctorando y la transferencia de su investigación a la sociedad.
- Designar un tutor que colaborará con el responsable de Ecolotum en el seguimiento de las tareas de investigación del doctorando durante su permanencia en el programa
- Designar un director de tesis que cumpla con los requisitos exigidos en la normativa vigente.
- Facilitar la movilidad del doctorando para asistencia a congresos, jornadas y similares que puedan favorecer la calidad de la tesis y la internacionalización del proyecto.
- Facilitar a la entidad colaboradora, bajo su responsabilidad y en caso de que corresponda, la información necesaria sobre la persona o personas que requieran acceder a sus instalaciones para realizar alguna tarea del proyecto.

B) POR PARTE DE ECOLOTUM.

- Contratar al doctorando y hacerse cargo de la totalidad de los costes laborales derivados de la normativa laboral vigente.
- Designar un responsable que colaborará con el tutor y el director UCM en el seguimiento de las tareas de investigación del doctorando.
- Garantizar el acceso del doctorando a sus instalaciones durante toda la duración del proyecto de investigación, así como del personal del entorno académico que intervenga directamente en el desarrollo del proyecto.
- Facilitar al doctorando las infraestructuras y las instalaciones indispensables para el correcto desarrollo de las tareas derivadas del proyecto de investigación.



- Facilitar la movilidad del doctorando para asistencia a congresos, jornadas y similares que puedan favorecer la calidad de la tesis y la internacionalización del proyecto.
- Proporcionar la información y la formación necesarias en materia de prevención de riesgos laborales para asegurar que, tanto el doctorando como las personas de la universidad que deban participar en el desarrollo del proyecto, puedan llevar a cabo sus tareas en las condiciones idóneas de seguridad dentro de sus instalaciones.

TERCERA.- DEDICACIÓN DEL DOCTORANDO

Las condiciones específicas del contrato laboral o mercantil se recogerán en un Anexo de condiciones particulares a este convenio donde se habrá de recoger la duración del contrato y la forma en que se distribuirá el tiempo de trabajo del doctorando entre el entorno académico y empresarial o de la administración.

La dedicación del doctorando al desarrollo de la tesis deberá distribuirse entre la entidad colaboradora, de modo tal que sea factible la finalización del doctorado en el plazo previsto.

En el caso de que sea necesario reflejar las condiciones de financiación de esta colaboración, estas se recogerán en el anexo de condiciones particulares.

CUARTA.- DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Si alguna de las partes firmantes de este convenio o el doctorando desearan utilizar los resultados parciales o finales de su actividad en la entidad colaboradora, en parte o en su totalidad para su publicación como artículo, conferencia, tesis, memoria, etc. deberá solicitar la conformidad de la otra parte por escrito, quien deberá responder en un plazo máximo de 45 días, comunicando su autorización, sus reservas o su disconformidad. Transcurrido dicho plazo sin obtener respuesta, se entenderá que el silencio es la tácita autorización para su difusión.

En todo caso, tanto en las publicaciones como en las patentes, se respetará siempre la mención a los autores del trabajo; en estas últimas figurarán en calidad de inventores

QUINTA.- COMISIÓN MIXTA DE SEGUIMIENTO

A partir de la firma del presente Convenio se constituirá una Comisión Mixta de Seguimiento con representantes designados por las partes en régimen de paridad.

La Comisión Mixta se reunirá siempre que lo solicite una de las partes. Asimismo deberá levantar acta de todas las reuniones por escrito, con la firma de los representantes de las partes. La Comisión estará formada:

Por parte de la Universidad Complutense de Madrid:

- Vicerrector de Política Científica, Investigación y Doctorado o persona en quien delegue.
- Director de la Escuela de Doctorado, o persona en quien delegue.

Por parte de Ecolotum:



- Dña. M^a Blanca Hermana Mendioroz, Administrador Único de Ecolotum persona en quien delegue.

Esta Comisión se responsabilizará de la planificación, control y seguimiento de las acciones derivadas del Convenio y de los compromisos adquiridos por las partes. Cualquier modificación del convenio requerirá el acuerdo unánime de esta Comisión.

El Rector podrá sustituir a los miembros de la Comisión Mixta de Seguimiento designados por parte de la UCM, que pierdan o cambien la condición por la que fueron designados para la misma.

SEXTA.- PROPIEDAD INTELECTUAL E INDUSTRIAL

En el caso de que de los trabajos de la tesis se deriven resultados susceptibles de protección mediante patentes, registros de *software* u otros títulos de propiedad industrial, el doctorando figurará como inventor. Asimismo, se considerarán coinventores el/los Director/es de la tesis, y los investigadores que hayan participado activamente en la obtención del resultado a proteger. La distribución de la autoría corresponderá a los autores en la proporción que ellos determinen. La titularidad de los derechos de propiedad industrial se analizará caso a caso en función de la naturaleza de los trabajos, del porcentaje de financiación del doctorando, de los contratos previos suscritos y de la participación de los investigadores, que en el caso de ser profesores de la UCM corresponden a la Universidad. En todo caso se reconocerá a los autores/inventores de los trabajos en cualquier difusión o registro que se realice de los mismos y se actuará conforme a lo dispuesto en la legislación vigente.

SÉPTIMA.- PROTECCIÓN DE DATOS, TRANSPARENCIA E IMAGEN CORPORATIVA

En relación con el tratamiento de los datos de carácter personal, ambas entidades en el desarrollo de sus correspondientes actividades derivadas del presente convenio, atenderán las disposiciones de obligado cumplimiento establecidas en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal y en el Real Decreto 1720/2007, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999.

Este Convenio se somete a lo dispuesto en el artículo 8.1.b) de la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Buen Gobierno.

Las partes se autorizan mutuamente a hacer uso de su imagen corporativa exclusivamente para las acciones objeto de este convenio.

OCTAVA.- VIGENCIA DEL CONVENIO.

La duración de este Convenio será de *(tres años)* y surtirá efecto desde el día de su firma. Podrá ser prorrogado por acuerdo expreso de las partes, pero en ningún caso podrá superar el tiempo máximo de permanencia en el programa establecido en el RD 99/2011; en caso de ser prorrogado deberá ser formalizado por escrito (2 meses) antes de la expiración del plazo convenido.

NOVENA.- EXTINCIÓN DEL CONVENIO.

El presente Convenio quedará resuelto en los siguientes supuestos:

- Por la finalización del plazo de vigencia sin haberse acordado la prórroga del mismo.
- Por sobrepasar los límites de permanencia en el programa legalmente establecidos.
- Por la defensa pública de la tesis.
- Por acuerdo unánime de las partes.
- Por incumplimiento de alguna de las partes de las obligaciones y compromisos asumidos en el Convenio.
- Por imposibilidad sobrevenida, legal o material, de cumplir las obligaciones derivadas del objeto del convenio.
- Por decisión judicial declaratoria de la nulidad del convenio.
- Por cualquier otra causa legalmente establecida.

Cualquiera de las partes podrá denunciar el presente Convenio comunicándolo a la otra parte interviniente por escrito con tres meses de antelación a la fecha en la que desee la terminación del mismo o, en su caso, de su prórroga.

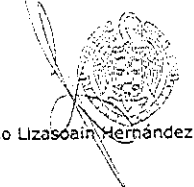
En cualquier caso, las partes se comprometen a finalizar las acciones que estén en curso de ejecución en el momento en que cause efecto la resolución del convenio.

DÉCIMA.- DISCREPANCIAS.

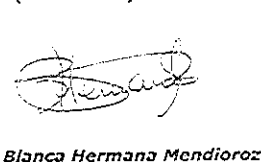
Las discrepancias surgidas sobre la interpretación, desarrollo, modificación, resolución y efectos que pudieran derivarse de la aplicación del presente Convenio, deberán de solventarse por la Comisión Mixta de Seguimiento regulada en el mismo. Si no se llegara a un acuerdo, las cuestiones litigiosas serán de conocimiento y competencia del orden jurisdiccional Contencioso-Administrativo de Madrid.

Y en prueba de conformidad y para la debida constancia de todo lo convenido, las partes firman el presente Convenio, en ejemplar duplicado y en todas sus hojas, en el lugar y fecha al principio indicados.

**POR LA UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE DE MADRID,**


Ignacio Lizasoain Hernández

POR (ECOLOTUM)


Mª Blanca Hermana Mendioroz

"MEMORIA TÉCNICA PARA LA SOLICITUD DE LA MENCIÓN DE DOCTORADO INDUSTRIAL"**1. TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL.**

"Eliminación de Ácido Peracético para la Regeneración de Efluentes Industriales"

2. RESUMEN DEL PROYECTO DE TESIS DOCTORAL.**2.1.- Explicación del contenido del proyecto completo y encaje dentro del conjunto de actividades de la empresa o institución.**

El proyecto se basa en la recuperación de un efluente recuperable por su valor añadido procedente de un proceso de lavado de botellas de una industria. El proceso de lavado requiere el empleo de agua osmotizada con ácido peracético como biocida.

El elevado coste unitario de obtención de agua osmotizada así como los elevados caudales de operación hacen imprescindible el planteamiento de un proceso de regeneración de dicho efluente para poder implementarlo en otras necesidades de fábrica verificando los resultados y funcionalidad del proceso.

Grupo Técnico Calcat S.L como ingeniería del agua que opera a nivel internacional pretende perfeccionar sus procesos de regeneración en este tipo de efluentes y poder mejorar el perfil técnico de los profesionales que conforman los distintos departamentos.

2.2.-Equipo investigador.

El equipo investigador estará conformado por D. Borja Garrido Arias (doctorando). Correspondiendo la comunicación a D. Alejandro Millán Alonso como Director General de la compañía, quién tutelaré el trabajo por parte de la Entidad Colaboradora y autorizaré el envío de documentación que definirá asimismo su carácter confidencial. Durante todo el proceso de la acción formativa investigadora se le comunicará a este último todo el avance así como cualquier adversidad durante el desarrollo de la fase investigadora tal y como se especifica en Convenio firmado por ambas partes. Actuará como tutor y director de la tesis doctoral el Prof. Carlos Manuel Negro Alvarez y como codirectora la Dra Noemi Merayo Cuevas.

2.3.- Metodología (pruebas, ensayos, experimentación...)

Para el desarrollo de la acción investigadora se realizará una secuencia de fase de investigación a escala de laboratorio, puesta en marcha en proceso industrial y verificación de la funcionalidad del mismo en otras necesidades de fábrica.

Para las distintas pruebas y ensayos se realizarán estudios tanto en los laboratorios independientes en Pozuelo de Alarcón, como ensayos en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química.

Se evaluará la eficacia de recuperación con distintos carbones activos bajo condiciones de reacción diferentes evaluando el análisis e influencia factorial de cada una de las condiciones.

Una vez evaluadas las condiciones óptimas se instalará a escala industrial el tratamiento más adecuado para valorar la funcionalidad del efluente recuperado en los procesos de refrigeración.

La validez de los resultados vendrá definido previamente no sólo por el criterio propio de equipo investigador sino por la legislación vigente (Real Decreto 865 de Prevención de Legionella) que valorará el criterio de calidad funcional de refrigeración verificado por la autoridad competente en cuestión (Salud Pública).

2.4.- Equipos, materiales, y otros elementos a utilizar

Los equipos a emplear serán una combinación entre los aportados por Grupo Técnico Calcat así como del Grupo de Investigación perteneciente a la UCM.

Los ensayos se realizarán muchos de ellos con kits rápidos de medición, aquellos que no se les pueda aplicar la técnica anterior serán realizados en la UCM en los CAI disponibles. La importancia del uso y empleo de kits rápidos de medición permitirá arrastrar el error sistemático de técnica analítica para los ensayos de verificación en industria.

2.5.- Participación del doctorando en la tesis.

El doctorando Borja Garrido Arias como ingeniero químico altamente especializado en el tratamiento de aguas será el que junto con sus directores de tesis elabore el plan de investigación. Será el protagonista principal en el desarrollo de la investigación simultaneando sus actividades profesionales, no sólo en Calcat sino también en el resto de empresas en las que trabaja junto con su acción investigadora.

La solicitud de medios materiales así como la gestión de todas las actividades formativas y reuniones serán planificadas en base a sus tiempos de disponibilidad para poder consensuar la vida de estudiante con la de profesional.

3. MOTIVACIÓN DE LA TESIS**3.1.- Objetivos que se pretenden.**

El objetivo principal es conseguir sostenibilidad en el consumo de agua de una fábrica recuperando un efluente catalogado como vertido que se puede regenerar mediante un proceso sencillo, económico y autónomo.

La recuperación de un agua osmotizada procedente de un proceso de lavado de botellas de polietileno con ácido peracético se traducirá en el sector de la ingeniería en:

- ✓ Ahorro de agua en los procesos de refrigeración en torres de refrigeración.
- ✓ Ahorro de productos químicos.
- ✓ Mejora en el proceso de refrigeración.
- ✓ Cumplir con la legislación vigente.
- ✓ Sostenibilidad y respeto por el medio ambiente.

3.2.- Problemas a abordar durante la investigación.

De forma secuencial y a modo orientativo los problemas a abordar durante la investigación serán los siguientes:

- ✓ Determinar el mejor carbón comercial y sus condiciones de operación para conseguir el mejor proceso de recuperación para la eliminación del peróxido de hidrógeno.
- ✓ Gestionar y controlar la dirección técnica de instalación y puesta en marcha industrial del proceso diseñado.
- ✓ Verificación de la funcionalidad del equipo en planta recibiendo datos y mediciones para sacar conclusiones de forma telemática.
- ✓ Verificación de la calidad del agua en el proceso de refrigeración y cierre del ciclo final de la tesis planteada.

4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS DOCTORAL.

4.1.- Justificación de la relevancia del proyecto de tesis doctoral.

Es importante destacar que en el momento de planteamiento de la presente tesis en el estado del arte del tema no se describe el método propuesto teniendo una elevada novedad en este campo de trabajo. La necesidad de desarrollo del proyecto como base de tesis doctoral viene justificada por las siguientes:

- ✓ Existen estudios que muestran sinergias entre el carbón activo y el peróxido de hidrógeno pero principalmente para estudiar la actividad catalítica del carbón activo.
- ✓ Existen estudios centrados en la descomposición del peróxido de hidrógeno considerando el rendimiento de descomposición del mismo mediante la medida indirecta del oxígeno producido, aspecto que puede derivar a cierta incertidumbre por las técnicas de análisis empleadas.
- ✓ Existen estudios centrados en la descomposición del peróxido de hidrógeno pero considerando efluentes muy distintos al del estudio en cuestión. La existencia de otros analitos puede derivar a una sinergia dentro del sistema a estudiar que no tenga analogía con el efluente objeto de estudio.
- ✓ Es imprescindible un estudio a escala de laboratorio dada la elevada inversión económica del proyecto final una vez puesta en planta.

4.2.- Justificación de la necesidad de desarrollar el proyecto bajo la modalidad de Doctorado Industrial.

El cambio de escala de investigación y puesta en marcha con validación de resultados a escala industrial son los dos principales argumentos para el desarrollo del proyecto bajo la modalidad de Doctorado Industrial.

Lo expuesto anteriormente queda justificado con el flujo de información y datos confidenciales por parte de Grupo Técnico Calcat S.L hacia la Universidad y de forma inversa.

Otro aspecto relevante es el perfil profesional que posee el doctorando Borja Garrido Arias, que durante más de 10 años ha tenido contacto con el mundo industrial pudiendo así perfeccionar su perfil profesional-curricular.

5. RESULTADOS ESPERABLES Y OTRAS APLICACIONES.

5.1.- Productos de la investigación industrial: patentes, etc...

Grupo Técnico Calcat como ingeniería especializada en el Tratamiento de Aguas pretende contados sus clientes aportar una solución integral como proveedor en el tratamiento y gestión del agua. Este proyecto permitirá ampliar la gama de servicios prestados a los clientes actuales y posteriores. No se pretende conseguir con esta investigación un ánimo de lucro, simplemente el perfeccionamiento de un proceso existente y el aprendizaje y mejora profesional del doctorando contratado.

5.2.- Publicaciones y otras formas de difusión.

Dadas las actividades específicas marcadas por el Real Decreto 99/2011 se procederá a realizar la redacción de dos artículos científicos para publicar en revistas científicas de alto impacto.

También se motivará al doctorando a publicar actividades realizadas en las redes sociales de la compañía.

Se pretende también asistir a congresos para difundir el avance de la investigación, bien de forma oral o por póster corporativo.

6. OTRAS CUESTIONES RELEVANTES PARA EL DOCTORADO INDUSTRIAL.

6.1.- Utilización de información confidencial de la empresa.

Dada la elevada información y flujo de datos entre ambas partes se consideran datos confidenciales:

- ✓ Datos personales de los trabajadores así como documentos tales como contratos laborales, experiencia laboral...
- ✓ Datos obtenidos en los laboratorios independientes de la compañía.
- ✓ Datos obtenidos de los resultados en planta.
- ✓ Cualquier otro documento o dato que se presente durante la comunicación y desarrollo de la tesis doctoral.

6.2.- Titularidad de derechos de propiedad industrial e intelectual.

En el caso de que los resultados de los trabajos realizados por el doctorando para su tesis doctoral se deriven elementos susceptibles de protección mediante patente, registro de

software o cualquier título de propiedad industrial, o registros de obras en la Propiedad Intelectual, el doctorando figurará como inventor o autor, si bien deberán respetarse los derechos morales de todos aquellos investigadores que hayan participado activamente en la obtención del resultado que deba ser protegido, incluido los Directores de la tesis.

La titularidad de los derechos de propiedad industrial corresponderá a la Entidad Colaboradora, sin perjuicio de que se establezcan acuerdos particulares para la realización de publicaciones conjuntas por los investigadores participantes.

7. PLAN DE TRABAJO CON CRONOGRAMA.

De forma orientativa el plan de trabajo por parte del doctorando será el siguiente:

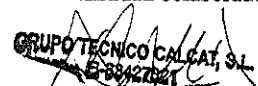
Fase de la investigación	Descripción	Medios/recursos
1ª Revisión bibliográfica	Se realizará un estudio exhaustivo de revisión bibliográfica para evaluar el estado de situación relacionado con la investigación que se pretende realizar.	Bases de datos de la BUCM
2ª Evaluación de las condiciones óptimas de diseño a escala laboratorio	Incluirá la selección del tipo de carbón activo, así como las condiciones óptimas de contacto para distintas calidades de agua de aporte con distintas concentraciones de ácido peracético.	Laboratorios independientes Grupo Técnico Calcat SL+ Laboratorios departamento de Ingeniería química UCM. Carbones Activados y medios de análisis de propiedades físicas químicas del agua (PhH, conductividad eléctrica, dureza total, turbidez, alcalinidad total...), evaluación de la relación adsorbente/adsorbato... permitirán evaluar las condiciones óptimas.
3º Diseño de ingeniería y dimensiones de los equipos	Diseño mecánico de los equipos, materiales e implantación real de los equipos en fábrica.	Documentos bibliográficos relacionados con la ingeniería de procesos y tratamiento de aguas de la BUCM
4º Análisis de respuesta de la instalación en régimen estacionario	Evaluación de la calidad del agua una vez tratada en el proceso anteriormente diseñado.	Evaluación de resultados una vez puesta en marcha la instalación. Para este tipo de datos se firmará acuerdo de confidencialidad.
5º Análisis de posibles mejoras	Evaluación de posibles mejoras en caso de obtener una respuesta de tratamiento no esperada.	Evaluación de posibles mejoras una vez puesta en marcha la instalación. Para este tipo de datos se firmará acuerdo de confidencialidad. Laboratorios independientes Grupo Técnico Calcat SL+ Laboratorios departamento de Ingeniería química UCM.
5º Implantación del efluente tratado en necesidades reales de	Evaluación paramétrica del efluente tratado una vez implementado en un	Laboratorios independientes Grupo Técnico Calcat SL+ Laboratorios departamento de Ingeniería química UCM.

reutilización: Validación del tratamiento	proceso real de recuperación.	Se firmará de igual forma acuerdo de confidencialidad
---	----------------------------------	--

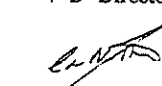
8. CV DEL DOCTORANDO.

Adjunto al presente documento se adjunta el CV del doctorando. Merece la pena resaltar la dualidad de perfil profesional como docente en varias entidades formadoras acreditadas y másteres profesionales. El doctorado permitirá perfeccionar y mejorar su capacidad y aptitudes como docente.

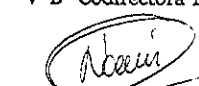
VºBº Entidad Colaboradora


GRUPO TÉCNICO CALCAT, S.L.
Alejandro Millán

VºBº Director Tesis


Carlos Negro

VºBª Codirectora Tesis


Noemi Merayo

MODELO DE ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

En Madrid, a 26 de Marzo de 2019

REUNIDOS

De una parte, **D. Carlos Negro Álvarez** profesor del programa de Doctorado de la UCM y director de la tesis doctoral titulada *“Eliminación de Ácido Peracético para la Regeneración de Efluentes Industriales”* que se realiza con mención de “Doctorado Industrial” y D. Noemi Merayo Cuevas como codirectora.

De otra parte, **D. Borja Garrido Arias** estudiante del programa de doctorado Ingeniería Química de la UCM, y autor de la tesis.

Y de otra parte, **D. Alejandro Millán Alonso** actuando en calidad de representante de la empresa/institución **Grupo Técnico Calcat® S.L.**, como Responsable del estudiante para supervisar su participación en el proyecto de investigación al que está vinculada la tesis doctoral.

EXPONEN

Que la empresa/institución **Grupo Técnico Calcat® S.L.**, en adelante denominada Entidad Colaboradora, y la UCM están interesados en realizar un acuerdo de confidencialidad vinculado al proyecto de investigación denominado *“Eliminación de Ácido Peracético para la Regeneración de Efluentes Industriales”* en el que participa el estudiante **D. Borja Garrido Arias**, cuya tesis doctoral está vinculada al mismo, y para cuya realización las partes tendrán que intercambiar información que puede tener carácter confidencial y/o estar sujeta a derechos de propiedad.

Y en consecuencia, acuerdan las siguientes

CLÁUSULAS**PRIMERA: FINALIDAD**

El objeto del presente acuerdo es fijar los términos y condiciones bajo las cuales las partes considerarán como confidencial la información intercambiada entre ellas, y especialmente la que la Entidad Colaboradora **Grupo Técnico Calcat® S.L.**, pondrá a disposición del doctorando y su director para la elaboración de la tesis doctoral.

A los efectos de este acuerdo, tendrá la consideración de información confidencial toda aquella información susceptible de ser revelada por escrito, de palabra o por cualquier otro medio o soporte, tangible o intangible, actualmente conocido o que posibilite el estado de la técnica en el futuro, y que una parte señale o designe como confidencial a la otra.

En particular, el Responsable de la supervisión del doctorando en su participación en el proyecto de investigación señalará expresamente aquellos elementos que deban ser considerados por el doctorando, su Director de tesis, y cualquier otro investigador participante, como información confidencial. La comunicación de los elementos confidenciales se realizará por escrito y será firmada por todas las partes.

Este acuerdo no constituye ningún acuerdo de licencia, contrato de desarrollo o similar, obligándose las partes a adoptar las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dicha información, medidas que no serán menores que las aplicadas por ellas a su propia información confidencial.

SEGUNDA: EFECTOS DE LA CONFIDENCIALIDAD

La Entidad Colaboradora dará acceso al doctorando y su Director de tesis a toda la información, confidencial o no, relativa al proyecto de investigación en el que participe el doctorando para alcanzar los objetivos previstos.

El doctorando y el director de tesis se obligan a:

- a) Utilizar la información que se señale como confidencial en forma reservada.
- b) No divulgar ni comunicar la información técnica que la Entidad Colaboradora les facilite.
- c) Impedir la copia o revelación de la información a terceros, salvo que éstos dispongan de una aprobación expresa y realizada por escrito por parte de la Entidad Colaboradora.
- d) No utilizar la información facilitada, o partes de la misma, para fines distintos a la ejecución del proyecto de investigación.

TERCERA: DURACIÓN

Este acuerdo tendrá la misma duración que tenga la elaboración de la tesis doctoral al que está vinculado, desde la fecha de su firma, y será prorrogable por periodos de igual duración que aquellos para los que, en su caso, se haya prorrogado la permanencia.

En caso de que el doctorando se desvincule del proyecto de investigación al que está asociado la tesis, el acuerdo se dará por finalizado en la misma fecha en la que termine su relación contractual con la Entidad Colaboradora.

Cualquier parte podrá requerir de la otra la devolución de la documentación, publicación, material, o antecedente sustentado en cualquier tipo de soporte, que constituya una información considerada como confidencial. La parte requerida deberá remitirla de forma inmediata y comprometerse a la destrucción de cualquier

- copia tangible de la misma de la que pudiera disponer.

No obstante, lo establecido en el párrafo anterior, todas las partes se comprometen a guardar la confidencialidad de forma indefinida tras la finalización del presente acuerdo, de toda aquella información intercambiada con objeto del mismo.

CUARTA: MODIFICACIÓN

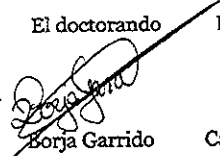
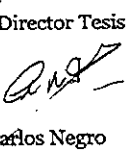
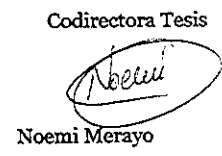
Este acuerdo sólo podrá ser modificado con el consentimiento expreso de todas las partes involucradas, en documento escrito y mencionando la voluntad de las partes de alterar el contenido del presente acuerdo.

QUINTA: RESOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Las partes se comprometen a intentar resolver de manera amistosa cualquier controversia que pudiera surgir en el desarrollo o interpretación de las condiciones de confidencialidad establecidas en el presente acuerdo.

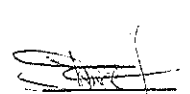
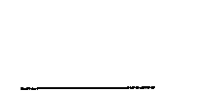
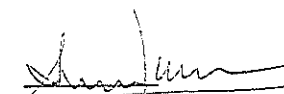
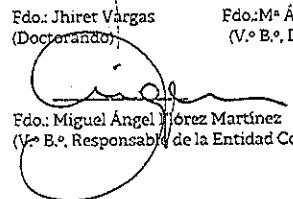
En caso de divergencias de interpretación del acuerdo, las partes acuerdan el sometimiento, a todos los efectos, a los Tribunales de Madrid, con renuncia expresa a cualquier otro fuero que pudiera corresponderles.

En prueba de conformidad con cuanto antecede, todas las partes firman el presente acuerdo en el lugar y fecha indicados en el encabezamiento.

Entidad Colaboradora	El doctorando	Director Tesis	Codirectora Tesis
GRUPO TÉCNICO CAJACAT, S.L. B-83427024			
Alejandro Millán	Borja Garrido	Carlos Negro	Noemi Merayo

MEMORIA TÉCNICA PARA LA SOLICITUD DE LA MENCIÓN DE DOCTORADO INDUSTRIAL

Diseño y modelización de procesos de
extrusión reactiva heterogénea en la
fabricación de nitrocelulosas.

		
Edo.: Jhinet Vargas (Doctorando)	Edo.: M.ª Ángeles Blanco (V.º B.º, Director)	Edo.: Amalio Garrido (V.º B.º, Director)
		
Edo.: Miguel Ángel Jerez Martínez (V.º B.º, Responsable de la Entidad Colaboradora)		

TÍTULO

MEMORIA TÉCNICA PARA LA SOLICITUD DE LA MENCIÓN DE DOCTORADO INDUSTRIAL

CONTENIDO

1	Título de la tesis doctoral	2
2	Resumen del proyecto de tesis doctoral	2
2.1	Explicación del contenido del proyecto completo y encaje dentro del conjunto de actividades de la empresa o institución	2
2.2	Equipo investigador.....	3
2.3	Metodología (pruebas, ensayos, experimentación, etc.).....	3
2.4	Equipos, materiales, y otros elementos a utilizar.....	9
2.5	Participación del doctorando en el proyecto.....	10
3	Motivación de la tesis	10
3.1	Objetivo que persigue	10
3.2	Problema a abordar en la investigación	12
4	Justificación del proyecto de tesis doctoral.....	13
4.1	Justificación de la relevancia del proyecto de tesis doctoral	13
4.2	Justificación de la necesidad de desarrollar el proyecto bajo la modalidad de Doctorado Industrial.....	14
5	Resultados esperables y otras aplicaciones	14
5.1	Productos de la investigación industrial: patentes, etc.....	14
5.2	Publicaciones y otras formas de difusión.....	15
6	Otras cuestiones relevantes para el Doctorado Industrial.....	15
6.1	Utilización de información confidencial de la empresa	15
6.2	Titularidad de derechos de propiedad industrial e intelectual	15
7	Plan de trabajo con cronograma	15
8	CV del doctorando	18
8.1	Perfil académico.....	18
8.2	Experiencia profesional previa	19
9	Anexo.....	19

1 TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL

Diseño y modelización de procesos de extrusión reactiva heterogénea en la fabricación de nitrocelulosas.

2 RESUMEN DEL PROYECTO DE TESIS DOCTORAL

2.1 Explicación del contenido del proyecto completo y encaje dentro del conjunto de actividades de la empresa o institución

En esta tesis doctoral se pretende aplicar los conocimientos existentes de reacción extrusiva, generados principalmente en la industria de los plásticos, a la producción de nitrocompuestos orgánicos mejorando significativamente y de forma innovadora los procesos industriales actuales.

El proceso de fabricación de nitrocompuestos que se emplea actualmente en la empresa Maxam Corp Holding tienen una antigüedad superior a los 100 años. Las pequeñas mejoras tecnológicas introducidas no han conseguido eliminar los principales problemas del mismo: elevada peligrosidad del proceso, gran dependencia de recursos humanos, bajo control de la calidad del producto y alto impacto ambiental. Se hace necesario, por lo tanto, actualizar el proceso industrial de producción de nitrocompuestos mediante el diseño de una nueva tecnología más segura, productiva y que mejore la calidad de los productos a la vez que minimice su impacto ambiental y los riesgos para la salud de los trabajadores. Dadas las características del sector y su peligrosidad cualquier cambio en este sentido debe estar avalado por un profundo conocimiento científico del proceso que no existe a día de hoy.

La extrusión reactiva es una tecnología sostenible e innovadora y se considera una propuesta interesante a nivel industrial como alternativa a los métodos tradicionales de producción que implementan reactores discontinuos. Esto es debido a su mayor eficiencia; consigue "más por menos" en términos de consumo de materias primas, reactivos y energía. Al mismo tiempo, requiere inversiones menores, produciendo una mejora ambiental y económica en el proceso. Por tanto, esta tecnología contribuiría a mejorar los procesos de producción que implementan reactores discontinuos, favoreciendo su sostenibilidad, y ayudaría a las empresas a mantener su competitividad.

Dado que el número de variables de diseño y operación que intervienen en el rendimiento de la reacción y en las propiedades del producto, y en vista del carácter inestable de los nitrocompuestos, antes de abordar una modificación industrial tan importante como la que se propone, es necesario

conocer en detalle los mecanismos de interacción de los mencionados parámetros. Así también, de cara a seleccionar las mejores alternativas de diseño y operación para el nuevo proceso, es necesario modelizar adecuadamente el proceso de extrusión reactiva. Disponer de una herramienta "in silico" que facilite la modelización es primordial para realizar simulaciones, estudiar los diferentes riesgos implicados y realizar un diseño óptimo del equipo que consiga controlar las propiedades finales del producto obtenido.

En esta tesis doctoral se pretende aplicar los conocimientos existentes de reacción extrusiva, generados principalmente en la industria de los plásticos, a la producción de nitrocompuestos orgánicos mejorando significativamente y de forma innovadora los procesos industriales actuales mediante la aplicación de técnicas experimentales y de simulación que permitan generar un modelo matemático que pueda ser usado posteriormente en el diseño de un nuevo proceso industrial para producir nitrocompuestos orgánicos.

2.2 Equipo investigador

- ALUMNO: Jhinet Vargas Adames
- TUTORES Y DIRECTORES DE TESIS:
 - MAXAM: Amalio Garrido Escudero. Licenciado en CC. Químicas. Dr. En Ingeniería Química.
 - UNIVERSIDAD COMPLUTENSE: Angeles Blanco Suarez. Licenciado en CC. Químicas. Dr. En ingeniería Química.

2.3 Metodología (pruebas, ensayos, experimentación, etc.)

La metodología que se empleará para llevar a cabo la investigación consta de una serie de métodos de eficacia ampliamente probada a lo largo de la historia académica, los cuales se listan a continuación:

Revisión bibliográfica: Una revisión bibliográfica sistemática identifica, evalúa y sintetiza los resultados de investigación de estudios individuales basados en un protocolo estricto y, en consecuencia, es una valiosa fuente de información. Este enfoque riguroso garantiza que todas las bases para las investigaciones posibles y relevantes se ha considerado y se ha realizado un análisis válido de los estudios originales, minimizando el riesgo de sesgo, proporcionando un estudio transparente que permita la replicación. El propio investigador debe poder extraer las mismas conclusiones o juicios sobre

los hallazgos individuales de los investigadores. El cuidado meticuloso para la inclusión de las conclusiones de cada estudio analizado de una manera imparcial y equilibrada sirve como medida de la calidad de la revisión realizada. Una revisión no debe ser exhaustiva sino más adaptada y en una perspectiva deseable. Se trata de enfatizar la salvaguardia, la vigilancia y la productividad de la calidad y adecuación de los datos recogidos. Las revisiones sistemáticas son mejores para temas muy concretos y especificados. En suma: "una revisión sistemática intenta llevar el mismo nivel de rigor que las pruebas experimentales de investigación que deben utilizarse para producir esa evidencia de investigación". Por tanto, su valor es crucial para la investigación. El meta-análisis se puede considerar una metodología adecuada para agrupar los resultados de los estudios individuales.

Recogida de datos de partida: La recogida de datos primarios de los procesos existentes es fundamental para su comprensión y obtención de valores de variables físico-químicas de materiales (incluyendo termodinámica y cinética de reacciones involucradas). Esta recogida se puede realizar consultando archivos históricos en las instalaciones de investigación o producción existentes. Para ello será necesaria la participación de investigadores de los centros de MAXAM en Murcia, Páramo y Galdácano. Los datos secundarios ya elaborados suelen estar disponibles en los centros de investigación de MAXAM para los nitrocompuestos orgánicos.

Descripción detallada del problema: La importancia de basar la investigación en una declaración bien articulada del problema es bien aceptada en disciplinas tales como sistemas de información, educación e ingeniería. Desafortunadamente, lo que constituye un problema digno de investigación no es fácilmente identificable, en particular para los investigadores principiantes. Aunque la mayoría de los eruditos convendrían que no todo lo que es problemático podría servir como el punto de partida para una investigación significativa, no siempre es fácil identificar qué constituye tal problema. Según muchos investigadores con gran experiencia en la empresa MAXAM, la identificación del problema de investigación es "la parte más difícil e importante de todo el proceso de investigación". Aunque la definición del problema sirve como el punto de partida para la investigación, la revisión bibliográfica sirve como la base sobre la que se construye la investigación. La definición del problema de la investigación se establece casi siempre a través de la revisión bibliográfica.

Establecimiento de las bases científicas: El establecimiento de las bases científicas para procesos industriales debe basarse en dos pilares fundamentales:

- 1) El conocimiento existente descrito en la bibliografía

2) El conocimiento existente en los centros de investigación y producción y que muchas veces no es explícito.

En esta actividad se trata de describir en detalle todo el conocimiento existente independientemente del origen de la fuente consultada pero que permita conocer bien las bases científicas tanto del proceso existente como del que se desea estudiar. Naturaleza de los materiales, propiedades, naturaleza de los procesos de transformación física y química, etc.

En la empresa MAXAM se cuenta con bases de datos sobre propiedades de materiales bien documentadas así como experiencia y datos históricos suficientes para establecer bases científicas para la resolución del problema. Realización de ensayos de observación para la obtención de respuestas que validen el planteamiento científico que explica el comportamiento de las reacciones de producción de nitrocompuestos orgánicos en fase heterogénea. Para aquellos aspectos científicos que carecen de suficiente soporte experimental o teórico deben establecerse unos periodos de observación y medición en los procesos existentes, si es posible. Este proceso puede incorporar el uso de equipos de medición de parámetros nunca observados. En este sentido, es una actividad que requerirá mucho tiempo desde la definición del periodo de observación, la selección de equipos de medida, la obtención de datos, su análisis e integración para la obtención de una ley de comportamiento. Incluso se pueden realizar ensayos para la obtención de datos sobre montajes experimentales que simulen partes del proceso con el fin de obtener datos. El diseño de dichos montajes experimentales es utilizado en Maxam con frecuencia y requeriría la intervención del grupo de ingeniería y del personal de las plantas de Murcia, Páramo o Galdácano. Los ensayos analíticos necesarios incluyen la cromatografía líquida HPLC, Gel Permeation Chromatography (GPC), determinaciones por titulación química, Determinación del tamaño de fibras, Microscopía con luz polarizada, microscopía electrónica, difracción de rayos X entre otras.

Obtención de los criterios de selección del tipo de extrusores reactivos de acuerdo con las bases científicas validadas experimentalmente: La metodología a utilizar en la selección del tipo de extrusores reactivos será la evaluación por análisis MCDM. MCDM o MCDA son las siglas bien conocidas para la toma de decisiones de múltiples criterios y el análisis de decisiones utilizando múltiples criterios (multiple-criteria decision-making y multiple-criteria decision analysis). MCDM se ocupa de estructurar y resolver problemas para obtener una decisión que impliquen criterios múltiples. El propósito de esta metodología es apoyar a los responsables de la toma de decisiones frente a tales problemas. Por lo general, no existe una solución óptima única para estos problemas y es necesario utilizar las preferencias del equipo de toma de decisiones para diferenciar entre las soluciones. "Resolver" se puede interpretar de diferentes maneras. Podría corresponder a elegir la "mejor" alternativa de un conjunto

de alternativas disponibles (donde "Mejor" puede ser interpretado como "la alternativa más preferida" del equipo de toma de decisiones). Otra interpretación de la "solución" podría ser elegir un pequeño conjunto de buenas alternativas, o agrupar alternativas en diferentes conjuntos de preferencias. Una interpretación extrema podría ser encontrar todas las alternativas "eficientes" o "no dominadas" (que se definirán en breve). La dificultad que presenta este problema se origina por la presencia de más de un criterio. Ya que no existe una solución óptima única para resolver un problema MCDM sin incorporar información de preferencia. El concepto de una solución óptima se sustituye a menudo por el conjunto de soluciones no dominadas. Una solución no dominada tiene la propiedad de que no es posible alejarse de ella a cualquier otra solución sin sacrificarse en al menos un criterio. Por lo tanto, tiene sentido para el tomador de decisiones elegir una solución del conjunto no dominado. De lo contrario, la "solución óptima" podría hacerlo mejor en términos de algunos o todos los criterios, y no hacerlo peor en ninguno de ellos. En general, sin embargo, el conjunto de soluciones no dominadas es demasiado grande para ser presentado al equipo de toma de decisiones para la elección final. Por lo tanto, necesitamos herramientas que ayuden al responsable de la toma de decisiones a centrarse en las soluciones preferidas (o alternativas). Normalmente se tienen que considerar factores de "compensación" para ciertos criterios con respecto a otros. Debido a la complejidad de este proceso es fundamental que el equipo de toma de decisiones tenga la participación de técnicos de los fabricantes de equipos, personal investigador de MAXAM con experiencia y personal de plantas de fabricación de MAXAM y de ingeniería que conozcan al menos tecnologías cercanas a la estudiada.

Implementación de algoritmos de simulación. Preparación del modelo matemático: Una vez definido el tipo de extrusor reactivo y disponiendo de todas las bases bibliográficas, la definición del problema, la disponibilidad de datos de partida y las bases científicas, se puede abordar la elaboración del modelo matemático que permita simular desde el punto de vista teórico el proceso de transformación de la materia. La metodología a utilizar será la realización de los siguientes pasos:

1. Diseño y planificación del estudio para la realización del modelo matemático de simulación.
2. Diseño del modelo conceptual – durante esta etapa, el primer nivel de mapeo de procesos se realiza para comprender las dependencias que existen en el proceso y validar los datos recopilados. Es importante determinar en esta etapa las variables de salida.
3. Formular las variables de entrada, supuestos y definición de procesos – en esta fase, el investigador establece las relaciones matemáticas entre las variables del proceso y los parámetros de diseño del extrusor reactivo a simular, alimenta los datos recogidos en el modelo para generar la

simulación. Un paso crítico aquí es considerar los supuestos hechos mientras se simula el proceso. Este paso determina la previsibilidad y la precisión del modelo de simulación.

4. **Elaboración, verificación y validación simplificada del modelo de simulación** – la salida del modelo de simulación se utiliza para validar la precisión del modelo de forma aproximada. El modelo de simulación debe ser capaz de replicar el escenario real del proceso lo más estrechamente posible. La aceptación final de la precisión de modelado depende de las hipótesis hechas y del objetivo de la simulación.

Planificación de ensayos de validación del modelo: Se trata de llevar a cabo el diseño de experimentos (DOE). Una vez finalizada la etapa de elaboración del modelo, entonces se puede establecer la validación final del modelo mediante la realización de varios análisis "What-if". Esto debe hacerse en una forma de DOE estructurada (diseño de experimentos) para asegurar que se simulen todos los escenarios "POSIBLES" y se seleccione el modelo más apropiado. Es importante notar que el modelo final puede no explicar el escenario más optimizado. Esto se debe al hecho de que algunas restricciones de proceso no se pueden excluir en tiempo real.

Diseño y construcción del prototipo necesario para la realización de ensayos de validación: Como resultado de la planificación de la validación del modelo matemático y el establecimiento de un diseño de experimentos (DOE) se necesitará realizar el diseño y construcción de un prototipo necesario para el desarrollo de estos ensayos. Para el diseño y construcción de este prototipo será necesaria la realización de una Ingeniería Conceptual que permita identificar las características de dicha instalación. Una vez definida conceptualmente la instalación se deberá realizar la Ingeniería Básica y de detalle que permitirá construir el prototipo, comisionarlo y ponerlo en marcha.

Realización de los ensayos planificados utilizando el prototipo: La ejecución de los ensayos planificados en la actividad de planificación mediante el uso del prototipo construido en la actividad precedente es el objetivo de esta actividad. La metodología a utilizar será la realización de periodos de observación durante la ejecución de los ensayos de las variables definidas en el modelo matemático con el fin de poder identificar las desviaciones sobre los resultados previstos. La captación de estas variables es el propósito de esta actividad. En esta actividad se involucrará personal de operación de planta, técnicos de proveedores tecnológicos y personal investigador y de los grupos de ingeniería de Maxam.

Obtención de datos experimentales de validación: Documentar y presentar los resultados obtenidos en los ensayos de validación del modelo es otro paso crítico que asegura que el equipo de investigadores es capaz de aprovechar el aprendizaje del modelo en el largo plazo. La documentación

debe incorporar las condiciones de entorno, las variables de entrada, los datos observados incluyendo incidencias y finalmente el tratamiento estadístico de los datos de salida tanto los observados como los previstos por el modelo matemático de simulación.

Revisión del modelo matemático: Una vez obtenidos los datos experimentales y conocidas bien las desviaciones sobre las predicciones del modelo matemático podrá realizarse ajustes a dicho modelo matemático con el fin de mejorar el grado de precisión. Estas modificaciones y ajustes al modelo deben quedar bien documentadas y razonadas con el fin de que dicho modelo no pierda su significación físico-química. El resultado de esta actividad será un modelo matemático modificado y validado en los entornos y con la precisión que resulte de dicha validación. Podrá en esta etapa realizarse algún ensayo experimental para la confirmación de ajustes.

Búsqueda de las condiciones óptimas de operación: Una vez que se disponga de un modelo matemático validado se procederá a la optimización de las variables de salida mediante la utilización de criterios económicos y de nivel de riesgo utilizando metodología SIMPLEX. El método SIMPLEX es un algoritmo creado por George Dantzig que permite la solución de muchos problemas de programación lineal. El Método Simplex es un método iterativo que permite ir mejorando la solución en cada paso. La razón matemática de esta mejora radica en que el método consiste en caminar del vértice de un poliedro a un vértice vecino de manera que aumente o disminuya (según el contexto de la función objetivo, sea maximizar o minimizar), dado que el número de vértices que presenta un poliedro solución es finito siempre se hallará solución. El Método Simplex trabaja basándose en ecuaciones y las restricciones iniciales que se modelan mediante programación lineal no lo son, para ello hay que convertir estas inecuaciones en ecuaciones utilizando unas variables denominadas de holgura y exceso relacionadas con el recurso al cual hace referencia la restricción y que en el tabulado final representa el "Slack or surplus" al que hacen referencia los famosos programas de resolución de investigación de operaciones, estas variables adquieren un gran valor en el análisis de sensibilidad y juegan un rol fundamental en la creación de la matriz identidad base del Simplex.

Validación de las condiciones óptimas de operación: La validación de las condiciones óptimas de operación resultantes del proceso de optimización de la etapa anterior se puede simular y dicha simulación procedente del modelo matemático puede validarse mediante la realización de un ensayo experimental en dichas condiciones.

Establecimiento de conclusiones del trabajo: Una vez concluidas todas las actividades precedentes deberán establecerse las conclusiones del trabajo mediante el resumen razonado y

explicativo de los hallazgos verificados científicamente y el inventario de logros materiales e intangibles.

Redacción de la tesis doctoral: Una vez descritas las conclusiones del trabajo se da por concluido el mismo, desde el punto de vista de la actividad científica. La documentación de un trabajo de Tesis Doctoral es pieza clave para su publicación y defensa. La elaboración de la Memoria de la Tesis Doctoral se atenderá a los requisitos de la Universidad, así como a las demandas de sus directores y de la empresa MAXAM en cuanto a la confidencialidad de algunos aspectos objeto del estudio.

Defensa de la tesis doctoral: La defensa de la Tesis Doctoral se realizará de acuerdo a los requisitos de la universidad y utilizando la metodología prevista.

2.4 Equipos, materiales, y otros elementos a utilizar

- Medios Electrónicos:
 - Base de datos de la Universidad Complutense de Madrid
 - Base de datos de Maxam
- Equipos:
 - Valorador automático: Tritando Metrohm 809
 - Microscopio óptico de luz polarizada
 - Baterías mantas Devarda
 - Centrifuga
 - Viscosímetro
 - Agitador magnético y mecánico
 - Agitador orbital
 - Baño térmico y refrigerado
 - Autoclave
 - Estufa de secado
 - Extrusora
 - Espectroscopio FT-IR y FT-NIR
 - Cromatógrafo iónico y HPLC

2.5 Participación del doctorando en el proyecto

El doctorando participará de forma activa en todas las etapas de la investigación. Con ayuda y la dirección de los directores tanto académico como industriales, el doctorando realizará de forma dirigida una búsqueda bibliográfica que le permita conocer y entender asimismo y a otros el problema que se quiere abordar y conocer el estado del arte. También, tendrá un papel predominante en la descripción del problema y en la redacción de un documento en el que se plasme el plasmase las bases sobre las cuales se asentará la investigación. A partir de dicha base el doctorando llevará a cabo la selección del extrusor reactivo y la preparación del modelo matemático teórico tomando para el mismo los datos experimentales previamente analizados y recogidos por el doctorando en las instalaciones industriales de la empresa colaboradora. Tras la elaboración del modelo matemático, el doctorando deberá planificar y realizar ensayos a escala de laboratorio que le permita validar y ajustar el modelo.

Una vez establecido el modelo matemático a escala de laboratorio, el doctorando participará en el diseño y la construcción de un prototipo de extrusor reactivo a escala de planta piloto. Dicho prototipo será usado por el doctorando para realizar ensayos que le permita reajustar el modelo previamente definido, de forma tal que éste pueda ser usado para diseñar, prever el comportamiento y optimizar un extrusor reactivo a escala industrial, etapa en la cual será imprescindible la participación del doctorando.

Por último, el doctorando deberá establecer la conclusiones de la investigación realizada y redactar y defender ante un tribunal los hallazgos fruto de la investigación realizada.

3 MOTIVACIÓN DE LA TESIS

3.1 Objetivo que persigue

Los **objetivos generales y específicos** de esta Tesis Doctoral Industrial se centran en:

1. Establecer los criterios de selección del tipo adecuado de extrusor reactivo para el desarrollo de reacciones de fabricación de nitrocompuestos en fase heterogénea.
 - 1.1. Fijación de los requisitos del proceso a diseñar en materia de seguridad intrínseca, comportamiento ambiental, capacidad del proceso en términos de calidad, disponibilidad y productividad.
 - 1.2. Obtención de los parámetros de clasificación de los equipos de extrusión, en especial de los susceptibles de ser utilizados para extrusión reactiva.

- 1.3. Adquisición de las propiedades físico-químicas (incluyendo las termodinámicas y cinéticas) necesarias de los nitrocompuestos orgánicos tipo a fabricar en fase heterogénea.

2. **Fijar los criterios de diseño de un equipo de extrusión reactiva heterogénea** adecuado para su empleo como alternativa a los tanques discontinuos agitados en los procesos de producción de nitrocompuestos orgánicos.
 - 2.1. Obtención de los parámetros descriptores de un proceso de extrusión reactiva.
 - 2.2. Establecimiento de las relaciones entre los parámetros descriptores y los criterios de diseño de un reactor por extrusión reactiva para nitrocompuestos orgánicos en fase heterogénea.

3. **Obtener un modelo matemático** que permita pronosticar el comportamiento y definir las condiciones óptimas de funcionamiento de un reactor de extrusión reactiva heterogénea, describiendo cómo ocurre el proceso. De esta manera, pudiera tener aplicación como herramienta predictiva para seleccionar en cada caso las condiciones de operación óptimas para alcanzar los resultados requeridos.
 - 3.1. Obtención de las relaciones matemáticas que explican la variación de las propiedades físico-químicas de las materias primas hasta convertirse en un compuesto orgánico tipo, mediante un proceso de reacción en fase heterogénea en diferentes condiciones de acuerdo a los requisitos especificados.
 - 3.2. Fijación de las relaciones matemáticas que modelizan mejor la variación de las propiedades físico-químicas de las materias primas, productos intermedios y finales en función de la variación de los parámetros descriptores de un proceso de extrusión reactiva.

4. **Validar experimentalmente del modelo matemático** mediante el diseño y ejecución de los ensayos pertinentes proyectados expresamente, construyendo y utilizando los montajes experimentales, instrumentos de medida, prototipos y bancos de pruebas necesarios para la obtención de los datos que se requieran.
 - 4.1. Definición de los ensayos experimentales que permitirían validar las relaciones matemáticas de índole teórica establecidas en el modelo matemático de simulación.
 - 4.2. Obtención del diseño de los dispositivos experimentales necesarios para la realización de los ensayos de validación.
 - 4.3. Establecimiento de los criterios de aceptación para el modelo matemático.

- 4.4. Adquisición de los valores de dispersión entre los datos previstos por el modelo y los obtenidos experimentalmente.

3.2 Problema a abordar en la investigación

El problema que se pretende abordar es el diseño de un proceso para la síntesis de nitrocelulosa de bajo riesgo a nivel industrial. Para lo cual se necesita abordar los siguientes problemas contemplados en el proceso tradicional de producción de nitrocelulosa.

Los puntos críticos en materia de seguridad, medio ambiente y calidad se listan a continuación:

- Alta peligrosidad y corrosividad de los reactivos: ácido nítrico y sulfúrico altamente concentrados
- Peligro de atasco de las líneas debido a la formación de depósitos debido a la alta viscosidad de ácido sulfúrico concentrado y debido al desprendimiento del material del depósito por la acción corrosiva del ácido
- Generación de NOx tanto durante el almacenamiento del ácido nítrico como durante el proceso de nitración y de estabilización.
- Peligro de incendio durante la mezcla nítrico-sulfúrico debido al aumento de temperatura durante la mezcla
- Peligro de incendio debido a la generación de finos durante la apertura de las láminas de celulosa.
- Peligro de ignición de los finos durante la etapa de nitración: los finos se sitúan en la superficie del reactor y por contacto con el aire y la mezcla sulfonítrica pueden incendiarse.
- Peligro de degradación e incendio de la nitrocelulosa provocado por la hidrólisis del ácido o por alta temperatura durante todo el proceso.
- Peligro de ignición de la nitrocelulosa debido al aumento de la temperatura y generación de puntos calientes
- Falta de homogeneidad del producto debido al sistema de reacción y a la falta de homogenización de la temperatura
- Peligro de descomposición e incendio durante el lavado y separación de la nitrocelulosa del ácido debido al calor de mezcla del ácido/agua

- Peligro de no conformidad del producto y de incendio debido a la alta intervención del personal.
- Elevado consumo de agua y generación de agua residual
- Elevado consumo energético
- Elevadas etapas de proceso
- Estabilización con un gran número de etapas y consumo de tiempo
- Peligro de incendio durante la estabilización debido a operar en condiciones de alta temperatura y presión.

4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS DOCTORAL

4.1 Justificación de la relevancia del proyecto de tesis doctoral

Los beneficios de la alternativa propuesta en esta tesis doctoral son muy significativos:

- o Disminución radical de inventario de productos intermedios y finales que en el caso de la fabricación de materiales energéticos es clave. (70%)
- o Reducción o eliminación de efluentes (>50%)
- o Aumento exponencial de la productividad (>20%)
- o Reducción del espacio necesario para la fabricación
- o Mejora de la calidad de los productos al mejorar el control de los procesos.
- o Menor riesgo de accidentes debido al control óptimo del proceso y a la minimización de intermedios de reacción.

Por otro lado, el proyecto va a mejorar la imagen de la investigación universitaria a nivel social como generadora de valor, foco de innovación e impulsora de economías sostenibles y dinámicas basadas en el conocimiento.

El Grupo de Investigación de Celulosa y Papel verá también aumentado su conocimiento en lo relativo a los métodos de simulación en fase heterogénea. Y es previsible que el desarrollo del presente trabajo doctoral contribuya a incrementar el interés de la industria y de otros centros de investigación por colaborar con el Grupo de Investigación de Celulosa y Papel.

El resultado de esta investigación, si como se espera tiene éxito, permitirá construir nuevas plantas de fabricación en los próximos 15 años que supondrían una inversión superior a los 35 millones de euros. El ámbito geográfico afectado es internacional con la participación de más de 5 países donde existen plantas de producción de nitrocompuestos obsoletos.

4.2 Justificación de la necesidad de desarrollar el proyecto bajo la modalidad de Doctorado Industrial

La aplicabilidad en la empresa proponente del proceso de extrusión reactiva va a servir a nivel académico como referencia de las amplias posibilidades que ofrece el trabajo conjunto universidad empresa. Asimismo, la variedad de enfoques que se consideran en el ciclo de vida del proyecto propuesto, empezando por la investigación básica que supone la comprensión en detalle de los mecanismos de reacción de producción de nitrocompuestos, hasta la investigación aplicada a nivel industrial que implica el desarrollo del extrusor, pueden animar a grupos concentrados principalmente en la investigación básica, a abordar investigaciones más cercanas al mercado.

El proyecto va a mejorar la imagen de la investigación universitaria a nivel social como generadora de valor, foco de innovación e impulsora de economías sostenibles y dinámicas basadas en el conocimiento.

Por otro lado, La realización de esta Tesis Doctoral será el inicio de la actividad de un nuevo centro de desarrollo avanzado de procesos a implantar en la Comunidad de Madrid por Maxam. Este Centro de Investigaciones Avanzadas y Desarrollo Industrial permitirá alojar a nuevos investigadores en campos de la física, matemáticas y química junto con ingenieros químicos, industriales y de minas de esta Comunidad, así como personal técnico de apoyo de diferentes disciplinas de formación profesional.

En el desarrollo de esta Tesis Doctoral Industrial participarán más de 20 técnicos e investigadores de la empresa MAXAM. La empresa tiene previsto invertir más de 350.000 euros en equipos, maquinaria y horas de dedicación de personal.

5 RESULTADOS ESPERABLES Y OTRAS APLICACIONES

5.1 Productos de la investigación industrial: patentes, etc.

Se espera que al finalizar la investigación la empresa Maxam Corp Holding obtenga como beneficio la posesión de una nueva tecnología, en forma de patente u otro mecanismo, que le

proporcione una gran ventaja competitiva frente a sus competidores; además de una mejora de su proceso de producción en materia de seguridad, medio ambiente, calidad y productividad.

5.2 Publicaciones y otras formas de difusión

Se realizarán diferentes publicaciones en forma de Posters, presentaciones en congresos, artículos y la redacción de una memoria de tesis mostrando aquellos hallazgos de importancia para la comunidad científica pero que no supongan un riesgo para el producto de la investigación industrial, el cual es la finalidad principal de esta investigación.

6 OTRAS CUESTIONES RELEVANTES PARA EL DOCTORADO INDUSTRIAL

6.1 Utilización de información confidencial de la empresa

La doctoranda tendrá acceso a toda la información confidencial de Maxam en los términos establecidos en el acuerdo específico de confidencialidad firmado con la empresa.

La dirección académica tendrá acceso a la información industrial necesaria para el desarrollo de la tesis doctoral de acuerdo con las autorizaciones de Maxam Corp Holding pertinentes, los acuerdos que la empresa mantiene con la universidad y la normativa vigente.

6.2 Titularidad de derechos de propiedad industrial e intelectual

La doctoranda cede todos sus derechos, excepto el de autoría, industriales e intelectuales derivados del trabajo de investigación a la empresa Maxam Corp Holding para su uso libre por parte de ella de acuerdo con la normativa vigente y los acuerdos firmados por la misma.

Con respecto a la propiedad intelectual e industrial, la dirección académica se somete a lo establecido en los acuerdos firmados entre empresa y universidad y la normativa vigente.

7 PLAN DE TRABAJO CON CRONOGRAMA

Año I:

T1: Búsqueda bibliográfica (incluyendo avances recientes) sobre características físico-químicas de celulosa procedentes de algodón y madera (linters) así como tratamientos para la obtención de fracciones homogéneas de fibras naturales para preparación y síntesis de derivados nitrados.

ensayos de caracterización de celulosas de origen natural pretratadas y tratadas. Estancia en el laboratorio del Grupo de Investigación de Celulosas de la Facultad de Química de la UCM.

T2: Búsqueda bibliográfica (incluyendo avances recientes) y recogida de información en instalaciones industriales sobre la fabricación industrial de derivados nitrogenados de celulosas naturales. Búsqueda bibliográfica y recogida de información en planta industrial de los métodos y ensayos de caracterización física y química de diferentes derivados nitrogenados de interés industrial de celulosas naturales. Búsqueda bibliográfica sobre métodos de fabricación por Extrusión Reactiva (ER) para el desarrollo de reacciones en fase heterogénea y para la obtención de derivados nitrogenados. Estancia en el laboratorio del Grupo de Investigación de Celulosas de la Facultad de Química de la UCM.

T3: Obtención de información bibliográfica e información técnica del uso industrial de nitrocelulosas energéticas. Estancia breve en la planta de nitrocelulosa energética del grupo MAXAM en Murcia. Observación de los procesos de producción de derivados nitrogenados de celulosas naturales a partir de linters de madera o algodón para conocer como variando las diferentes condiciones del proceso influyen en las propiedades del producto final. Observación de los procesos de fabricación industrial de productos comerciales que utilizan derivados nitrogenados de celulosas naturales. Obtención de las relaciones fundamentales entre características y propiedades físico-químicas de los derivados nitrogenados de celulosas naturales obtenidos mediante el proceso industrial y las propiedades y características físico-químicas de los productos comerciales de interés industrial. Obtención de información sobre procesos de extrusión no reactiva para la preparación de productos comerciales de interés industrial derivados de la nitración de fibras de celulosa natural.

T4: Estancias breves en el Centro Tecnológico de Propulsantes del grupo MAXAM en Murcia y en el departamento de I+D del grupo Maxam en Galdaco (Vizcaya). Estudio del mecanismo de reacción química de la nitración de linters de celulosa para la producción de nitrocelulosas energéticas (NCE) en procesos industriales. Estudio de procesos alternativos a los usados industrialmente en la actualidad para producir NCE de acuerdo con el mecanismo de reacción conocido. Realización de ensayos de nitración de celulosas en laboratorio mediante procesos alternativos susceptibles de utilizarse mediante reactores de Extrusión Reactiva (ER). Evaluación y selección del proceso alternativo de mayor interés industrial. Estudio de las variables clave de influencia en el proceso alternativo y su relación con las propiedades características del producto comercial final a obtener.

8.2 Experiencia profesional previa

El doctorando se encuentra desde 2018 trabajando como INGENIERO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO para la empresa Maxam Corp Holding. Pero tiene experiencia en varios sectores de la industria e investigación como se muestra a continuación:

- DESARROLLADOR RPA (2017-2018). Prosegur S.A (Empresa de seguridad). 4 meses
 - o Desarrollo y automatización de procesos de negocio empleando la herramienta Blue Prism.
- TÉCNICO DE MEJORA CONTINUA (2016-2017). Beca: Total España (Petroquímica). 6 meses
 - o Implantación de un proyecto de excelencia operacional en los departamentos de producción y logística (diseño e implantación de herramientas Lean Manufacturing, seguimiento de acciones, etc).
 - o Coordinación de reuniones y gestión y evaluación de resultados.
 - o Control y seguimiento de inventario de materias primas y productos.
- INVESTIGADORA (2016). Beca: Universidad Complutense de Madrid. 8 meses.
 - o Estudio termodinámico de mezclas de Copolímero EVA – Disolvente mediante análisis cromatográfico y térmico.
- INGENIERA DE PROCESOS (2015-2016). Beca: Hutchinson Ind. (Industria del automóvil). 3 meses
 - o Análisis de datos de producción y de paradas y seguimiento de indicadores.
 - o Puesta en conformidad de documentación y registros y elaboración de procedimientos.

9 ANEXO

Se adjunta al documento la resolución de la Comunidad de Madrid (Resolución de convocatoria Orden 4586/2017, de 13 de diciembre (BOCM nº 8, de 10 de enero de 2018) por la cual se aprueba para este proyecto una ayuda para realizar el doctorado industrial.

MAXAM

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

En Madrid, a 28 de mayo de 2019

REUNIDOS

De una parte, D^a María Angeles Blanco Suarez, profesor del programa de Doctorado, en nombre y representación de la Universidad Complutense de Madrid (la "UCM"), y director de la tesis doctoral titulada: "Diseño y modelización de procesos de extrusión reactiva heterogénea en la fabricación de nitrocelulosas" (la "Tesis Doctoral") que se realiza con mención de "Doctorado Industrial"

De otra parte, D^a Jhired Vargas Adames, estudiante del programa de doctorado de Ingeniería Química de la UCM, y autor de la Tesis Doctoral.

De otra parte, D. Miguel Angel Flórez Martinez, actuando en calidad de representante de la empresa MaxamCorp Holding, S.L. ("Maxam" o "Entidad Colaboradora"),

Y de otra parte, D. Amalio Garrido Escudero, actuando como responsable de D^a Jhired Vargas Adames (el "Responsable"), según designación de Maxam, para supervisar y coordinar su participación en el proyecto de investigación al que está vinculada la Tesis Doctoral (el "Proyecto de Investigación").

EXPONEN

Que la Entidad Colaboradora y la UCM firmaron el 27 de noviembre de 2017 un convenio de colaboración para el desarrollo de un proyecto de doctorado industrial (el "Convenio") y para completarlo están interesados en realizar el presente acuerdo de confidencialidad vinculado al Proyecto de Investigación en el que participa la estudiante D^a Jhired Vargas Adames, cuya Tesis Doctoral está vinculada al mismo, y para cuya realización las partes tendrán que intercambiar información que puede tener carácter confidencial y/o estar sujeta a derechos de propiedad.

Y en consecuencia, acuerdan las siguientes

CLÁUSULAS

PRIMERA: FINALIDAD

El objeto del presente acuerdo es fijar los términos y condiciones bajo las cuales las partes considerarán como confidencial la información intercambiada entre ellas, y especialmente la que la Entidad Colaboradora y/o cualquiera de las sociedades que pertenecen al grupo de empresas encabezado por Maxam (el "Grupo Maxam") pondrá/n a disposición del doctorando D^a Jhired Vargas Adames y su director de Tesis Doctoral para la elaboración de la Tesis Doctoral.

A los efectos de este acuerdo, tendrá la consideración de información confidencial toda aquella información susceptible de ser revelada por escrito, de palabra o por cualquier otro medio o soporte, tangible o intangible, actualmente conocido o que posibilite el estado de la técnica en el futuro, y que una parte señale o designe como confidencial a la otra.

Las partes reconocen y declaran que todo el Proyecto de Investigación es confidencial exceptuando los supuestos en los que el Responsable de la Entidad Colaboradora señalará expresamente por escrito los elementos que no deban ser considerados por el doctorando D^a Jhired Vargas Adames, su Director de Tesis Doctoral, y cualquier otro investigador participante en la Tesis Doctoral, como información confidencial a los efectos de este acuerdo. La comunicación de los elementos no confidenciales se realizará por escrito y será firmada por todas las partes.

Este acuerdo no constituye ningún acuerdo de licencia, contrato de desarrollo o similar, obligándose las partes a adoptar las medidas oportunas para asegurar tanto el tratamiento confidencial de dicha información, medidas que no serán menores que las aplicadas por ellas a su propia información confidencial, como el tratamiento de los derechos de propiedad intelectual o industrial. En el caso de que de los trabajos de la Tesis Doctoral y/o del Proyecto de Investigación se deriven resultados susceptibles de protección mediante patentes, registros de *software* u otros títulos de propiedad industrial, el doctorando D^a Jhired Vargas Adames figurará como inventor. Asimismo, se considerarán coinventores el/los Director/es de la Tesis Doctoral, y los investigadores que hayan participado activamente en la obtención del resultado a proteger. La distribución de la autoría corresponderá a los autores en la proporción que ellos determinen. La titularidad de los derechos de propiedad industrial se analizará caso a caso en función de la naturaleza de los trabajos, del porcentaje de financiación del doctorado, de los contratos previos suscritos y de la participación de los investigadores, que en el caso de ser profesores de la UCM corresponden a la UCM. En todo caso se reconocerá a los autores/inventores de los trabajos en cualquier difusión o registro que se realice de los mismos y se actuará conforme a lo dispuesto en la legislación vigente.

SEGUNDA: EFECTOS DE LA CONFIDENCIALIDAD

La Entidad Colaboradora dará acceso al doctorando D^a Jhired Vargas Adames y su Director de Tesis Doctoral a toda la información, relativa al Proyecto de

Investigación en el que participe el doctorando D^a Jhired Vargas Adames para alcanzar los objetivos previstos.

El doctorando D^a Jhired Vargas Adames y el Director de Tesis Doctoral así como cualquier otro investigador participante en la Tesis Doctoral se obligan a:

- Utilizar la información de la Tesis Doctoral y/o del Proyecto de Investigación como confidencial, en forma reservada y solo para los fines para los que haya sido facilitada.
- No divulgar ni comunicar la información que la Entidad Colaboradora les facilite.
- Impedir la copia o revelación de la información a terceros, salvo que éstos dispongan de una aprobación expresa y realizada por escrito por parte de un responsable autorizado de la Entidad Colaboradora.
- No utilizar la información facilitada, o partes de la misma, para fines distintos a la ejecución del Proyecto de Investigación y /o la Tesis Doctoral.

TERCERA: DURACIÓN

Este acuerdo tendrá la misma duración que tenga el Convenio o la elaboración de la Tesis Doctoral, lo que termine más tarde, y entrará en vigor desde la fecha de su firma.

En caso de que el doctorando D^a Jhired Vargas Adames se desvincule del Proyecto de Investigación al que está asociado la Tesis Doctoral, este acuerdo se dará por finalizado en la misma fecha en la que termine su relación contractual con la Entidad Colaboradora.

Cualquier parte podrá requerir de las otras la devolución de la documentación, publicación, material, o antecedente sustentado en cualquier tipo de soporte, que constituye información confidencial, así como cualquier documento que la contenga o se derive de ella, en cualquier momento y en todo caso, a la finalización de la Tesis Doctoral o a la desvinculación del doctorando D^a Jhired Vargas Adames. La parte requerida deberá remitirla de forma inmediata y comprometerse a la destrucción de cualquier copia tangible de la misma de la que pudiera disponer.

No obstante, lo establecido en esta cláusula, todas las partes se comprometen a guardar la confidencialidad de forma indefinida tras la finalización del presente acuerdo, de toda aquella información intercambiada con objeto del mismo.

CUARTA: MODIFICACIÓN

Este acuerdo sólo podrá ser modificado con el consentimiento expreso de todas las partes involucradas, en documento escrito y mencionando la voluntad de

las partes de alterar el contenido del presente acuerdo.

QUINTA: RESOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Las partes se comprometen a intentar resolver de manera amistosa cualquier controversia que pudiera surgir en el desarrollo o interpretación de las condiciones de confidencialidad establecidas en el presente acuerdo.

En caso de divergencias de interpretación del acuerdo, las partes acuerdan el sometimiento, a todos los efectos, a los Tribunales de Madrid, con renuncia expresa a cualquier otro fuero que pudiera corresponderles.

En prueba de conformidad con cuanto antecede, todas las partes firman el presente acuerdo en cuatro ejemplares (uno para cada parte) en el lugar y fecha indicados en el encabezamiento.

La UCM

BLANCO
SUAREZ MARIA
ANGELES - DNI
00815833T

Fdo. D^a María Angeles Blanco Suarez,

Por la Entidad Colaboradora , El doctorando/a

Fdo. D. Miguel Ángel Flórez Martínez

Fdo. D^a Jhilet Vargas Adames

Por el Responsable,

Fdo. D. Amalio Garrido Escudero



MAXAM

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

En Madrid, a 28 de mayo de 2019

REUNIDOS

De una parte, D^a María Angeles Blanco Suarez, profesor del programa de Doctorado, en nombre y representación de la Universidad Complutense de Madrid (la "UCM"), y director de la tesis doctoral titulada: "Diseño y modelización de procesos de extrusión reactiva heterogénea en la fabricación de nitrocelulosas" (la "Tesis Doctoral") que se realiza con mención de "Doctorado Industrial"

De otra parte, D^a Jhilet Vargas Adames, estudiante del programa de doctorado de Ingeniería Química de la UCM, y autor de la Tesis Doctoral.

De otra parte, D. Miguel Angel Flórez Martinez, actuando en calidad de representante de la empresa MaxamCorp Holding, S.L. ("Maxam" o "Entidad Colaboradora"),

Y de otra parte, D. Amalio Garrido Escudero, actuando como responsable de D^a Jhilet Vargas Adames (el "Responsable"), según designación de Maxam, para supervisar y coordinar su participación en el proyecto de investigación en el que está vinculada la Tesis Doctoral (el "Proyecto de Investigación").

EXPONEN

Que la Entidad Colaboradora y la UCM firmaron el 27 de noviembre de 2017 un convenio de colaboración para el desarrollo de un proyecto de doctorado industrial (el "Convenio") y para completarlo están interesados en realizar el presente acuerdo de confidencialidad vinculado al Proyecto de Investigación en el que participa la estudiante D^a Jhilet Vargas Adames, cuya Tesis Doctoral está vinculada al mismo, y para cuya realización las partes tendrán que intercambiar información que puede tener carácter confidencial y/o estar sujeta a derechos de propiedad.

Y en consecuencia, acuerdan las siguientes

CLÁUSULAS

PRIMERA: FINALIDAD

El objeto del presente acuerdo es fijar los términos y condiciones bajo las cuales las partes considerarán como confidencial la información intercambiada entre ellas, y especialmente la que la Entidad Colaboradora y/o cualquiera de las sociedades que pertenecen al grupo de empresas encabezado por Maxam (el "Grupo Maxam") pondrá/n a disposición del doctorando D^a Jhired Vargas Adames y su director de Tesis Doctoral para la elaboración de la Tesis Doctoral.

A los efectos de este acuerdo, tendrá la consideración de información confidencial toda aquella información susceptible de ser revelada por escrito, de palabra o por cualquier otro medio o soporte, tangible o intangible, actualmente conocido o que posibilite el estado de la técnica en el futuro, y que una parte señale o designe como confidencial a la otra.

Las partes reconocen y declaran que todo el Proyecto de Investigación es confidencial exceptuando los supuestos en los que el Responsable de la Entidad Colaboradora señalará expresamente por escrito los elementos que no deban ser considerados por el doctorando D^a Jhired Vargas Adames, su Director de Tesis Doctoral, y cualquier otro investigador participante en la Tesis Doctoral, como información confidencial a los efectos de este acuerdo. La comunicación de los elementos no confidenciales se realizará por escrito y será firmada por todas las partes.

Este acuerdo no constituye ningún acuerdo de licencia, contrato de desarrollo o similar, obligándose las partes a adoptar las medidas oportunas para asegurar tanto el tratamiento confidencial de dicha información, medidas que no serán menores que las aplicadas por ellas a su propia información confidencial, como el tratamiento de los derechos de propiedad intelectual o industrial. En el caso de que de los trabajos de la Tesis Doctoral y/o del Proyecto de Investigación se deriven resultados susceptibles de protección mediante patentes, registros de *software* u otros títulos de propiedad industrial, el doctorando D^a Jhired Vargas Adames figurará como inventor. Asimismo, se considerarán coinventores el/los Director/es de la Tesis Doctoral, y los investigadores que hayan participado activamente en la obtención del resultado a proteger. La distribución de la autoría corresponderá a los autores en la proporción que ellos determinen. La titularidad de los derechos de propiedad industrial se analizará caso a caso en función de la naturaleza de los trabajos, del porcentaje de financiación del doctorado, de los contratos previos suscritos y de la participación de los investigadores, que en el caso de ser profesores de la UCM corresponden a la UCM. En todo caso se reconocerá a los autores/inventores de los trabajos en cualquier difusión o registro que se realice de los mismos y se actuará conforme a lo dispuesto en la legislación vigente.

SEGUNDA: EFECTOS DE LA CONFIDENCIALIDAD

La Entidad Colaboradora dará acceso al doctorando D^a Jhired Vargas Adames y su Director de Tesis Doctoral a toda la información, , relativa al Proyecto de

Investigación en el que participe el doctorando D^a Jhired Vargas Adames para alcanzar los objetivos previstos.

El doctorando D^a Jhired Vargas Adames y el Director de Tesis Doctoral así como cualquier otro investigador participante en la Tesis Doctoral se obligan a:

- a) Utilizar la información de la Tesis Doctoral y/o del Proyecto de Investigación como confidencial, en forma reservada y solo para los fines para los que haya sido facilitada.
- b) No divulgar ni comunicar la información que la Entidad Colaboradora les facilite.
- c) Impedir la copia o revelación de la información a terceros, salvo que éstos dispongan de una aprobación expresa y realizada por escrito por parte de un responsable autorizado de la Entidad Colaboradora.
- d) No utilizar la información facilitada, o partes de la misma, para fines distintos a la ejecución del Proyecto de Investigación y /o la Tesis Doctoral.

TERCERA: DURACIÓN

Este acuerdo tendrá la misma duración que tenga el Convenio o la elaboración de la Tesis Doctoral, lo que termine más tarde, y entrará en vigor desde la fecha de su firma.

En caso de que el doctorando D^a Jhired Vargas Adames se desvincule del Proyecto de Investigación al que está asociado la Tesis Doctoral, este acuerdo se dará por finalizado en la misma fecha en la que termine su relación contractual con la Entidad Colaboradora.

Cualquier parte podrá requerir de las otras la devolución de la documentación, publicación, material, o antecedente sustentado en cualquier tipo de soporte, que constituye información confidencial, así como cualquier documento que la contenga o se derive de ella, en cualquier momento y en todo caso, a la finalización de la Tesis Doctoral o a la desvinculación del doctorando D^a Jhired Vargas Adames. La parte requerida deberá remitirla de forma inmediata y comprometerse a la destrucción de cualquier copia tangible de la misma de la que pudiera disponer.

No obstante, lo establecido en esta cláusula, todas las partes se comprometen a guardar la confidencialidad de forma indefinida tras la finalización del presente acuerdo, de toda aquella información intercambiada con objeto del mismo.

CUARTA: MODIFICACIÓN

Este acuerdo sólo podrá ser modificado con el consentimiento expreso de todas las partes involucradas, en documento escrito y mencionando la voluntad de

las partes de alterar el contenido del presente acuerdo.

QUINTA: RESOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Las partes se comprometen a intentar resolver de manera amistosa cualquier controversia que pudiera surgir en el desarrollo o interpretación de las condiciones de confidencialidad establecidas en el presente acuerdo.

En caso de divergencias de interpretación del acuerdo, las partes acuerdan el sometimiento, a todos los efectos, a los Tribunales de Madrid, con renuncia expresa a cualquier otro fuero que pudiera corresponderles.

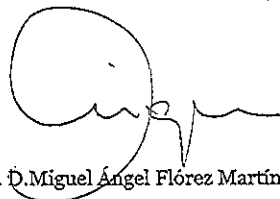
En prueba de conformidad con cuanto antecede, todas las partes firman el presente acuerdo en cuatro ejemplares (uno para cada parte) en el lugar y fecha indicados en el encabezamiento.

La UCM

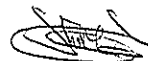
**MEMORIA TÉCNICA PARA LA SOLICITUD DE LA MENCIÓN
DE DOCTORADO INDUSTRIAL**

Fdo. D^a María Angeles Blanco Suarez,

Por la Entidad Colaboradora , El doctorando/a

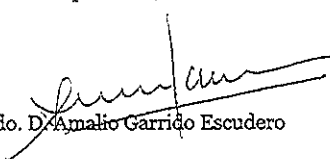


Fdo. D. Miguel Ángel Flórez Martínez



Fdo. D^a Jhilet Vargas Adames

Por el Responsable,



Fdo. D. Amalio Garrido Escudero

Javier Cañas Jiménez

ÍNDICE

1. Título de la tesis doctoral.
2. Palabras clave.
3. Antecedentes y estado actual de las investigaciones.
4. Resumen (español e inglés)
5. Objetivos principales y secundarios.
6. Metodología de la investigación.
7. Plan de trabajo y cronograma.
8. Bibliografía más relevante.
9. Aspectos éticos relevantes y su consideración en las actividades de I+D a desarrollar, si procede.
10. Impacto esperado de las actividades de I+D a desarrollar.

CRONOGRAMA

CURRICULUM VITAE

1. Título del proyecto de doctorado industrial.

“Valorización de efluentes de la tecnología OSCAR en el tratamiento de lodos con una elevada carga orgánica”

2. Palabras clave.

Valorización de efluentes, economía circular, vertido coro, sostenibilidad, oxidación húmeda, lodos.

3. Antecedentes y estado actual de las investigaciones.

La depuración de aguas es un proceso vital para garantizar el desarrollo y sostenibilidad de las sociedades actuales, tanto desde el punto de vista de la salud pública como medioambiental. El tratamiento de aguas residuales cuenta con una enorme variedad de estudios y operaciones. En estos procesos se generan como residuo sólido los lodos, cuyo tratamiento se encuentra aún en desarrollo.

Actualmente se llevan a cabo tratamientos de los lodos con un alto coste, que conllevan un elevado gasto térmico y medioambiental. Se estima que el coste de eliminación de lodos representa entre el 40 y el 60% de los costes totales de explotación de las plantas depuradoras de aguas residuales. [1] Solo en España se generan más de 1,2 millones de toneladas (en materia seca) y se calcula que en el año 2020 la generación de lodos de EDAR en Europa exceda los 13 millones de toneladas anuales. [2]

La incineración y la disposición en vertederos para generar abonos son las tecnologías más empleadas en la actualidad en la gestión de lodos, aunque no se presentan como opciones sostenibles a medio y largo plazo. Por un lado, en el proceso de incineración se generan compuestos tóxicos (dioxinas, furanos) y cenizas. Por otro lado, la necesidad de un pretratamiento de estabilización y la presencia de patógenos junto con compuesto tóxicos ha limitado su empleo como abono agrícola. [3][4]

Surge de ello la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías viables, sostenibles y que cumplan los principios de la economía circular. La empresa ECOLOTUM, Energía Recuperable S.L. ha desarrollado la tecnología OSCAR (Oxidación Sub-Crítica de Aguas Residuales). El objetivo de la tecnología se centra en complementar y/o sustituir los procesos empleados actualmente en la gestión de lodos procedentes de la depuración de aguas residuales urbanas y/o industriales.

Las condiciones de operación de la tecnología OSCAR, unido a un diseño capaz de controlar la temperatura de reacción y el desarrollo de un algoritmo de simulación del proceso capaz de predecir el comportamiento térmico, han logrado minimizar los costes de operación e inversión haciendo que sea una técnica realmente interesante para el tratamiento de ciertos residuos.

El análisis de la viabilidad técnica y económica de la tecnología OSCAR aplicada a distintos efluentes, se ha desarrollando con éxito gracias a la ayuda para la realización de doctorado industrial concedida en 2017 (*“Desarrollo y optimización de la tecnología OSCAR para el tratamiento de efluentes con una elevada carga orgánica”* ref: IND2017/IAMB7720).

Por otro lado, en los últimos años, la Unión Europea parece haber sido consciente del reto que plantea el tratamiento de lodos de aguas residuales financiando proyectos de desarrollo

tecnológico en esta dirección, como son los proyectos ROUTES, Water Renew o BIO- OXIDATED-S2, enmarcados en el Horizonte 2020. [5]

En este contexto Europeo ECOLOTUM presentó un proyecto en el call *H202-SMEInst-2018-2020-2* con el objetivo de implantar la tecnología OSCAR. Este proyecto (*850154 OSCAR*) bajo el título *"Sustainable and zero-discharge technology for sewage sludge treatment"* ha recibido el sello de excelencia por parte de la comisión europea, en el marco del programa para la investigación e innovación Horizonte 2020, que lo califica como un proyecto de alta calidad en un proceso de evaluación altamente competitivo.

Uno de los puntos de este proyecto galardonado con el sello de excelencia europeo es la valorización de los subproductos obtenidos tras el tratamiento de lodos con la tecnología OSCAR. Se ha iniciado la investigación de este punto en estrecha colaboración entre ECOLOTUM y el CyPS, liderada por el profesor Gabriel Ovejero, se ha descubierto un gran potencial en la valorización de residuos presentes en los efluentes de OSCAR. Esta valorización permitirá a ECOLOTUM desarrollar una tecnología para la gestión de lodos acorde con los principios de economía circular, sostenibilidad y vertido cero

ECOLOTUM ha validado esta tecnología mediante la experimentación en un reactor a escala laboratorio "ALFA" y cuenta con un prototipo a escala piloto "BETA" sobre el que se trabaja actualmente. De este trabajo se han obtenido las siguientes conclusiones hasta el momento.

- Eliminación de hasta un 90% de compuestos orgánicos.
- Optimización de condiciones de operación (P=240 bar T=315-330°C)
- Eliminación total de sólidos orgánicos a la salida.
- Energéticamente sostenible, gracias a la recuperación de calor generada en el tratamiento.
- Ahorro de hasta un 82% en los costes respecto a los tratamientos que actualmente requieren los lodos (desde deshidratación o secado hasta transporte, vertido o incineración)
- Flexible, capaz de tratar diferentes tipos de lodos según su procedencia, ya sea de depuradora, de industria alimentaria, farmacéutica, etc.
- Sistema automatizado que requiere bajo mantenimiento y mano de obra.
- Efluentes generados estabilizados y potencialmente recuperables, lo que aporta gran valor añadido al proceso, acorde con la economía circular y persiguiendo la sostenibilidad.

En el doctorado industrial iniciado en 2017 se han logrado alcanzar los objetivos principales marcados en cuanto al desarrollo de la tecnología OSCAR. Debido a que la investigación preliminar de la valorización de los efluentes es muy positiva, tanto la empresa ECOLOTUM como el grupo de investigación CyPS consideran de vital importancia profundizar en este último aspecto. Sin embargo, debido a que el doctorado industrial de 2017 de la Comunidad de Madrid finaliza en 2020, se considera absolutamente necesario continuar con la colaboración de ambos organismos para el desarrollo de un proceso integral que logre la implantación definitiva de la tecnología en el mercado.

En concreto, el proyecto iniciado requiere un análisis tecno-económico que englobe la valorización de residuos, debido al potencial visto en los estudios preliminares realizados.

Se han considerado 3 fuentes distintas de valorización de efluentes que requieren una investigación detallada sobre su posible alcance técnico y viabilidad económica.

- El **efluente gas** se considera potencialmente valorizable por la presencia de CO₂, que puede ser capturado y empleado en múltiples aplicaciones, por ejemplo, como agente de control de pH en depuradoras, donde actualmente se emplea ácido sulfúrico. [6][7]
- El **efluente líquido** puede ser valorizado de diversos modos. Por un lado, destaca la presencia de compuestos orgánicos refractarios a la oxidación, siendo mayoritario el ácido acético, que puede ser utilizado como fuente de carbono en tratamientos biológicos, mejorando los mismos. [8]
Por otro lado, este efluente cuenta con una cantidad considerable de nutrientes, principalmente N y P, que pueden ser valorizados en forma de fertilizante, como la estruvita. [9] En este último caso, destaca la importancia la recuperar el P por su valor añadido.[10]
- El **efluente sólido**, de carácter inorgánico y con considerable presencia de metales, debe ser estudiado convenientemente para ajustar sus posibles aplicaciones según legislación. En este caso, se podría emplear como material árido junto con mezclas bituminosas y para tratamiento de superficies de carreteras. [11] En Italia, la compañía 3VGreenEagle, que trata lodos mediante oxidación húmeda, ha sido capaz de valorizar este residuo sólido con gran éxito. [12]

El primer paso para abordar la valorización de los tres efluentes provenientes de la tecnología OSCAR en el prototipo "BETA", es optimizar la separación de las 3 fases que se generan. Se ha de tener en cuenta que este factor tiene gran importancia en el aprovechamiento, puesto que la corriente que sale del reactor se encuentra en condiciones de alta presión y temperatura que pueden aprovecharse para optimizar la separación, de una forma que posibilite el ahorro energético de una forma más sostenible.

4. Resumen (español e inglés)

Español

La motivación de Ecolotum, Energía Recuperable S.L. para llevar a cabo este proyecto reside en aportar a la empresa una visión global del proceso OSCAR ya iniciado, para que, siendo capaz de culminar con la valorización de los residuos, consiga la máxima eficiencia y sostenibilidad del mismo, siempre con el objetivo de vertido cero y aplicando la filosofía de economía circular.

En primer lugar, se desarrollará un estudio sobre el proceso de separación de los tres efluentes (gas, líquido y sólido) encaminado a aprovechar las condiciones de la corriente heterogénea de alta presión y temperatura para maximizar su valorización y eficiencia.

Posteriormente, se propone la valorización de los tres efluentes por separado, lo que incluye, en primer lugar, la caracterización de todos ellos. El efluente gas es susceptible de aprovechar su contenido en CO₂ y O₂, mientras que el sólido es aprovechable como sólido

inorgánico para agregados y mezclas. El efluente líquido, por un lado, es rico en nutrientes (N y P), pudiéndose obtener fertilizantes y, por otro lado, tiene un importante contenido en ácidos orgánicos de cadena corta (mayoritariamente, ácido acético) susceptible de ser aprovechado como fuente de carbono en procesos biológicos.

La viabilidad técnica de las valorizaciones, junto con el análisis económico redondean un proyecto que persigue la sostenibilidad como eje principal.

Inglés

Ecolutum, Energía Recuperable S.L.'s motivation to carry out this project lies in providing the company with a holistic vision of the OSCAR process already initiated. Maximum efficiency and sustainability of the process is sought by valuing the effluent waste, always with the objective of zero waste and applying circular economy philosophy.

Once the technology is developed and validated, trying to take advantage of the subproducts generated is key to meet the objectives set in the European project catalogued with the seal of excellence

Firstly, a study to optimize the separation of the three process effluents (gas, liquid and solid) will be developed in order to take advantage of the heterogeneous stream conditions of high pressure and temperature for valorisation and to improve the efficiency of the process.

Secondly, the valuation of the three effluents is proposed separately, which includes, in the first place, the characterization of all of them. From the effluent gas it is possible to take advantage of its CO₂ and O₂ content, while the inorganic solid can be used as a solid for aggregates and mixtures. The liquid effluent, which is rich in nutrients (N and P), can be used to obtain fertilizers. In addition, the important content in short chain organic acids (mostly acetic acid) can be used as raw material for the production of polymeric materials or as a carbon source in biological processes.

The technical feasibility of the valuations, together with the economic analysis round off a project that pursues sustainability as its main axis.

5. Objetivos principales y secundarios.

El objetivo principal del proyecto reside en valorizar los diferentes efluentes generados en el tratamiento OSCAR de diversos residuos para completar el desarrollo de la tecnología, persiguiendo los objetivos tanto de economía circular como de vertido cero.

Todo ello se pretende llevar a cabo concretando los siguientes **objetivos específicos**:

1. Caracterización de los tres efluentes generados en el tratamiento OSCAR de lodos de depuradora.
2. Separación óptima de las tres fases que constituyen los efluentes de OSCAR en el prototipo BETA.
3. Obtención de residuos valorizados en los tres efluentes de OSCAR comercializables o reutilizables, según legislación:
 - 3.1 Efluente líquido: Estruvita y ácidos orgánicos de cadena corta
 - 3.2 Efluente gas: CO₂ y O₂

3.3 Efluente sólido: Arena para mezclas y agregados.

4. Estudio económico de los tratamientos de aprovechamiento viables técnicamente para registrar el valor añadido proporcionado por la valorización de los efluentes.

6. Metodología de la investigación.

Descripción de las actividades a realizar

A continuación, se presentan las actividades concretas y la metodología propuesta para llevar a cabo los objetivos que persigue este proyecto. Todas ellas se desglosarán en un diagrama de Gantt, estableciendo el periodo dispuesto de 36 meses.

Metodología

Actividad 1: Estudios previos y revisión bibliográfica

Actividad 2: Optimización de la separación de fases de los tres efluentes

Actividad 3: Valorización efluente líquido

Actividad 3.1 Caracterización

Actividad 3.2 Aprovechamiento nutrientes. Estruvita.

Actividad 3.3 Aprovechamiento de los ácidos orgánicos de cadena corta

Actividad 4: Valorización efluente gas.

Actividad 4.1 Caracterización

Actividad 4.2 Aprovechamiento del CO₂ y O₂

Actividad 5: Valorización efluente sólido

Actividad 5.1 Caracterización

Actividad 5.2 Aprovechamiento como arena para mezclas y agregados.

Actividad 6: Análisis económico

Actividad 7: Redacción de informes

Actividad 8: Redacción de la Tesis Doctoral

Actividad 1: Estudios previos y revisión bibliográfica

Se trata de una actividad que perdurará en el tiempo durante todo el proyecto. Es crucial mantener la bibliografía relacionada con todas las áreas que abarca el proyecto actualizada en todo momento.

Supone el reconocimiento bibliográfico de los antecedentes, y tecnologías actuales. El estudio de los nuevos posibles tratamientos y obtención de residuos valorizables, así como las posibilidades tecnológicas que ofrezcan mejoras resulta esencial.

Por último, resulta un apartado clave para la selección de las opciones más adecuadas de valorización, así como de su experimentación y análisis económico

Actividad 2: Optimización de la separación de fases de los tres efluentes.

Con el objetivo de aprovechar de forma eficiente las condiciones de temperatura y presión (330°C y 240 bares) de la corriente heterogénea de salida del proceso, se efectuará un análisis de las posibles técnicas para la separación de las 3 fases presentes, que favorezca en primer lugar la valorización de los residuos y, en segundo lugar, tanto la energía presente como la eficiencia del proceso.

Actividad 3: Valorización y cuantificación del efluente líquido

En esta actividad se pretenden valorizar los compuestos de interés presentes en la fracción líquida del efluente de salida de la tecnología OSCAR, siempre acorde con la legislación y con la filosofía de economía circular. Se cuantificará la proporción de cada compuesto en función del lodo tratado y de las condiciones de operación óptimas definidas para dicho lodo por el proyecto: *“Desarrollo y optimización de la tecnología OSCAR para el tratamiento de efluentes con una elevada carga orgánica”* ref: IND2017/AMB7720

3.1 Caracterización y cuantificación

Se llevará a cabo la caracterización de la corriente líquida para definir, principalmente, el contenido en nutrientes (N, P) y en ácidos orgánicos de cadena corta (principalmente, ácido acético), así como del posible contenido en metales u otros compuestos que se han de tener en cuenta según legislación. Análisis específicos de contenido en N y P por métodos fotométricos, así como cromatografía de gases y líquidos, unido a fluorescencia de rayos X se consideran las técnicas principales para esta caracterización. El sólido obtenido también precisará caracterización por difracción de rayos X, entre otras. Se medirá la cantidad de los distintos compuestos presentes en cada lodo tratado por la tecnología OSCAR.

3.2 Aprovechamiento nutrientes. Estruvita.

Se desarrollará una serie de experimentos que conduzcan a la recuperación de nutrientes (N y P), por ejemplo, en forma de estruvita, entre otros. Se debe posteriormente caracterizar la estruvita obtenida.

3.3 Aprovechamiento de los ácidos orgánicos de cadena corta.

Se estudiará la viabilidad técnica para recuperar los ácidos orgánicos de cadena corta presentes (mayoritariamente, ácido acético) y se estudiará la reutilización de dichos ácidos como fuente de carbono para mejorar tratamientos biológicos, integrándolos en otras etapas de la depuradora.

Actividad 4: Valorización y cuantificación del efluente gas.

En esta actividad se pretenden valorizar los compuestos de interés presentes en la fracción gaseosa del efluente de salida de la tecnología OSCAR, siempre acorde con la legislación y con la filosofía de economía circular. Se cuantificará la proporción de cada compuesto en función del lodo tratado y de las condiciones de operación óptimas definidas para dicho lodo por el proyecto: *“Desarrollo y optimización de la tecnología OSCAR para el tratamiento de efluentes con una elevada carga orgánica”* ref: IND2017/AMB7720

4.1 Caracterización

En esta tarea se realizará la caracterización del efluente gas para determinar principalmente la presencia de CO₂ y de O₂ que se encuentran en la misma, así como de posibles compuestos minoritarios para asegurar el cumplimiento de la legislación. La cromatografía de gases será el método principal que se utilice para ello. Se medirá la cantidad de los distintos compuestos presentes en cada lodo tratado por la tecnología OSCAR.

4.2 Aprovechamiento del CO₂ y O₂

Se tratará de valorizar el CO₂ formado en la reacción de oxidación, por ejemplo, para reutilizar en acidificación de corrientes que en depuradoras utilizan ácidos inorgánicos como

el ácido sulfúrico, valorándose asimismo su captura y almacenamiento. El O₂ presente se puede recuperar de la corriente y reutilizado en el mismo proceso.

Actividad 5: Valorización y cuantificación subproducto sólido

En esta actividad se pretenden valorizar los compuestos de interés presentes en la fracción sólida del efluente de salida de la tecnología OSCAR, siempre acorde con la legislación y con la filosofía de economía circular. Se cuantificará la proporción de cada compuesto en función del lodo tratado y de las condiciones de operación óptimas definidas para dicho lodo por el proyecto: *“Desarrollo y optimización de la tecnología OSCAR para el tratamiento de efluentes con una elevada carga orgánica”* ref: IND2017/AMB7720

5.1 Caracterización

Para la caracterización del sólido serán necesarias técnicas de fluorescencia de rayos X con el objetivo de definir los compuestos mayoritarios, así como la presencia de metales pesados o compuestos que sean necesariamente controlados según legislación. Será importante conocer aspectos como la granulometría del mismo. Se medirá la cantidad de los distintos compuestos presentes en cada lodo tratado por la tecnología OSCAR.

5.2 Aprovechamiento como arena para mezclas y agregados.

Se buscará el máximo aprovechamiento del sólido según la composición del mismo, tratando de adaptar su reutilización acorde con la filosofía de economía circular y cero vertidos. Por ejemplo, se estudiará la idoneidad de este sólido como agregado en mezclas bituminosas para asfaltado de carreteras.

Actividad 6: Análisis económico

A partir de la experimentación realizada y de los residuos valorizados obtenidos, se debe evaluar la viabilidad económica del aprovechamiento los residuos y el impacto que provoca en la economía global del proceso.

Actividad 7: Redacción de informes

A medida que se obtengan resultados en la valorización de los diversos efluentes, se elaborarán informes técnicos para plasmar las conclusiones obtenidas, dando respuesta a los objetivos descritos.

Actividad 8: Redacción de la Tesis Doctoral

Una vez concluidas las actividades anteriores, se procederá a la redacción y presentación de la tesis doctoral. Se considerará la repetición de ensayos, o analíticas en caso de ser precisas para completar la memoria.

Recursos disponibles y necesarios para llevar a cabo la actividad propuesta.

La empresa ECOLOTUM, nació con el propósito de llevar al mercado la Tecnología OSCAR de descontaminación de efluentes. ECOLOTUM tiene como recursos clave, por un lado, el conocimiento de la tecnología OSCAR, personalizado en el grupo científico que la desarrolló y que se encuentra comprometido con la empresa. Y por otro lado un algoritmo de cálculo propietario que es capaz de predecir el comportamiento del proceso, garantizando el control térmico del mismo y la eficacia descontaminante de la tecnología.

Estos dos recursos clave son los que nos permiten diferenciarnos de la competencia, al poder operar la tecnología en el punto óptimo de la misma

Para el desarrollo de este proyecto, consta además de dos prototipos de la tecnología:

- El prototipo ALFA, de una escala semi piloto capaz que ha sido capaz de probar la viabilidad de la tecnología.
- El prototipo BETA, que ha sido financiado por el CDTI, es más completo que el anterior, incluyendo recuperadores de calor.

Este prototipo se emplea actualmente para probar la viabilidad económica de la tecnología y la viabilidad técnica respecto a trabajar en régimen continuo ininterrumpidamente.

ECOLOTUM, tendrá la posibilidad de proseguir el exitoso trabajo iniciado en 2017, con el personal y las infraestructuras del Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS), un personal de investigación con alto nivel científico y en la vanguardia del conocimiento, y un equipamiento e infraestructura de alto nivel, que ha sido fundamental en estos años de colaboración. Por otro lado, CyPS, contribuirá a la formación del personal de Ecolotum mejorando su competitividad,

El grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS) donde se enmarca la tutorización del doctorando industrial es uno de los grupos de investigación del Departamento de Ingeniería Química y de Materiales de la Universidad Complutense (UCM). En concreto, el grupo de investigación posee una amplia experiencia en el tratamiento de aguas residuales cuya línea de investigación se inició en el año 1990 con la realización de varios proyectos de investigación de financiación pública y privada utilizando fundamentalmente procesos de adsorción y oxidación húmeda.

Actualmente, el grupo investigador está integrado dentro de una red de tratamiento de aguas residuales, en concreto una red de la comunidad de Madrid, "Red Madrileña de Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales (REMTAVARES)". Además, el grupo de investigación coordina una Red de Excelencia (RED2018-102569-T) que se encuentra bajo evaluación y que también se adecúa a lo planteado en la presente memoria. Se estima que esta propuesta presenta estrechos vínculos con proyectos anteriores del grupo solicitante, realizados con éxito, pero con novedosos planteamientos al introducirse nuevas líneas de trabajo.

A continuación, se enumera el equipamiento analítico disponible en el grupo CyPS, así como en los centros de asistencia a la investigación de la UCM:

- Analizador de carbono orgánico total (TOC), carbono inorgánico (IC) y carbono total (TC)
- Espectrofotómetro ultravioleta visible (UV-VIS) multiparamétrico.
- Sistema de digestión y destilación automática de nitrógeno Kjeldahl.
- Digestor y fotómetro para la determinación de la demanda química de oxígeno.
- Sistema de valoración automático con electrodos selectivos, para determinación de pH, potencial, redox, alcalinidad, dureza, ...
- Ionómetro para determinación de pH, cloruros, amoníaco, ...
- Sistema de análisis termogravimétrico.
- Medidor de conductividad, temperatura y sólidos totales en disolución.
- Cromatógrafos de gases/masas
- Cromatógrafos de líquidos de alta eficacia

- Analizador portátil de oxígeno disuelto.
- Turbidímetro.
- Equipo de floculación para ensayos "Jar Test".
- Sistema de centrifugación
- Sistema de digestión por fotólisis ultravioleta para preparación de muestras para analizar trazas de metales pesados
- Sistema de digestión con ultrasonidos
- Sistema de digestión con microondas
- Centro de análisis de Fluorescencia de Rayos X (FRX) y de Análisis Elemental.
- Centro de análisis de Difracción de rayos X (DRX)

Como se detalla en el plan de trabajo y cronograma, las consecuciones de las actividades dispuestas en este apartado se realizarán de forma cíclica con cada efluente a lo largo de la experimentación. A continuación, se resumen los hitos a 18 y a 48 meses.

Previsión de resultados verificables: 18 meses (intermedios).

A los 18 meses la previsión es que se habrá finalizado el trabajo en la optimización de la separación de los tres efluentes, habiéndose logrado un sistema eficiente, que favorezca el aprovechamiento. Además, se habrán logrado valorizar y cuantificar los residuos de la corriente líquida cumpliendo los objetivos específicos 2 y 3 marcados con anterioridad.

Previsión de resultados verificables: 36 meses (finales).

A los 48 meses, o finalización de este proyecto se habrán completado los estudios y se dispondrá de los resultados de valorización para los 3 efluentes, así como el análisis económico que debe acompañarlos.

Se habrán cumplido por tanto los 4 objetivos específicos marcados en el presente proyecto.

7. Plan de trabajo y cronograma.

El cronograma en forma de diagrama de Gantt adjunto al final del documento de memoria detalla los hitos a cumplir y las actividades descritas, a modo de estimación temporal del trabajo a desarrollar. Como puede verse, se solapan diversas tareas, por lo que el tiempo es orientativo.

La duración de las tareas se resume a continuación:

- Actividad 1: 36 meses
- Actividad 2: 5 meses
- Actividad 3: 9 meses
- Actividad 4: 6 meses
- Actividad 5: 6 meses
- Actividad 6: 7 meses
- Actividad 7: 7 meses
- Actividad 8: 11 meses

8. Bibliografía más relevante.

[1] Campos, J.L., et al. (2008). *Ozonation strategies to reduce sludge production of a seafood industry WWTP*. Bioresour. Technol. 100, 1069–1073.

[2] Sastre, H., (1995) *Biosólidos: Problemática, tratamientos, alternativas de uso, y tendencias futuras*. II Jornadas sobre medio Ambient. en Asturias, España.

[3] Metcalf & Eddy, et al (1991). *Wastewater engineering treatment, disposal and reuse*. 3rd ed. New York, USA: McGraw Hill.

[4] Spellman, Frank R. (2009) *Handbook of water and wastewater treatment plant operations*. 2nd ed. USA: CRC Press.

[5] Horizon 2020 SME Instrument (2017). Disponible en web: <https://www.horizon2020.es/sme-instrument/> [Consulta 04/09/2019]

[6] Praxair, Inc. (2009): *Carbon dioxide replaces mineral acid to reduce pH*. Disponible en: <https://www.praxair.com/-/media/corporate/praxairus/documents/specification-sheets-and-brochures/industries/water-and-wastewater-treatment/p-10419-carbon-dioxide-to-reduce-ph.pdf?la=en&rev=5ca73716d46742cf933a0eddfe23bf>. [Consulta:03/09/2019]

[7] Al-Mutaz, I.S., Al-Ghunaimi, M. A., (2001) *pH control in water treatment plant by the addition of carbon dioxide*. The IDA World Congress on Desalination and Water Reuse: Bahrain, October 26-31.

[8] Padoley, K.V., et al. (2012) *Wet air oxidation as a pretreatment option for selective biodegradability enhancement and biogas generation potential from complex effluent*. Bioresource Technology, 120, 157-164.

[9] Munir, M. T., et al (2019) *Integrating wet oxidation and struvite precipitation for sewage sludge treatment and phosphorus recovery*. Journal of Cleaner Production, 232, 1043-1052.

[10] Veolia Waters Systems Iberica (2017) *Primera planta de recuperación de fósforo en España*. Disponible en: http://www.veoliawatertechnologies.es/vwst-iberica/ressources/documents/2/59712-FutuEnviro_Junio2017.pdf. [Consulta:03/09/2019]

[11] Slavik, E., et al (2015) *Wet Oxidation as an Advanced and Sustainable Technology for Sludge Treatment and Management: Results From Research Activities and Industrial-Scale Experiences*. Drying Technology. 33:11, 1309-1317.

[12] 3V GREEN EAGLE (2013) *Physical-chemical treatment* Disponible en web: <https://www.3vgreeneagle.com/en/technologies/physical-chemical-treatment> [Consulta: 04/09/2019]

9. Aspectos éticos relevantes y su consideración en las actividades de I+D a desarrollar, si procede.

La propuesta de doctorado industrial no contempla ninguno de los siguientes aspectos que tengan implicaciones éticas:

- No se realiza experimentación clínica con seres humanos.
- No se utilizan células troncales embrionarias humanas o derivadas de ellas.
- No se utilizan tejidos o muestras biológicas de origen humano.
- No se emplean datos personales ni información genética.
- No se realiza experimentación con animales.

- No se utilizan agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o para las plantas.
- No se usan organismos modificados genéticamente.
- No se liberan organismos modificados genéticamente.
- Por ello el presente proyecto no incurre en ningún posible problema ético, ni en ninguna actividad que pudiera derivar en algún problema ético.

10. Impacto esperado de las actividades de I+D a desarrollar.

Con este proyecto se pretende culminar el proceso completo que engloba la tecnología OSCAR, iniciado por Ecolotum, con una idea clara; desarrollar una tecnología medioambientalmente sostenible para el tratamiento de efluentes con elevada carga orgánica, como son los lodos de depuradora.

Por ello se considera crucial este proyecto para lograr aprovechar unas corrientes de salida de proceso que son características y singulares. Así pues, el impacto esperado reside en ser capaces de recibir a la entrada de proceso un lodo con elevada carga orgánica y obtener a la salida tres efluentes valorizados que puedan ser comercializables, reutilizables o simplemente integrables en otra etapa del propio proceso, y, de este modo, completar el estudio de la viabilidad económica de la tecnología objeto de este desarrollo.

El aumento de las restricciones legislativas de los últimos años con respecto al tratamiento de lodos, junto con la creciente idea de economía circular y de procesos de cero vertidos convierten este proyecto y esta tecnología es clave para el futuro del tratamiento de residuos en la Comunidad de Madrid.

Cumpliendo con este objetivo, ECOLOTUM será capaz de comercializar la tecnología de una forma más eficaz, instaurando la mejor técnica disponible para la gestión y el tratamiento de los lodos, que es su eliminación total con cero vertidos.

El Grupo de Catálisis y Procesos de Separación calificado como grupo de excelencia por la Comunidad de Madrid ha sido clave para el desarrollo de la investigación hasta ahora por sus conocimientos científico-técnicos, y la colaboración entre empresas y grupos de investigación es fundamental para aplicar y sacar rentabilidad a los conocimientos científicos adquiridos, por lo que con esta investigación se estrechará la colaboración entre ambos organismos fomentando las sinergias requeridas.

CRONOGRAMA

Actividades	Año 1												Año 2												Año 3													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Act.1																																						
Act.2																																						
Act.3																																						
Act.3.1																																						
Act.3.2																																						
Act.3.3																																						
Act.4																																						
Act.4.1																																						
Act.4.2																																						
Act.5																																						
Act.5.1																																						
Act.5.2																																						
Act.6																																						
Act.7																																						
Act.8																																						

CURRICULUM VITAE

Parte A. DATOS PERSONALES

Fecha 06/07/2021

Nombre y apellidos	Javier Cañas Jiménez		
DNI/NIE/pasaporte	51475352H	Edad	29
Núm. identificación del investigador	Researcher ID		
	Código Orcid		

A.1. Situación profesional actual

Organismo	Universidad Complutense de Madrid		
Dpto./Centro	Departamento de Ingeniería Química y de Materiales/Facultad Ciencias Químicas		
Dirección	Avda. Complutense s/n, 28040, Madrid		
Teléfono	661373553	correo electrónico	icanas@ucm.es
Categoría profesional	Estudiante de doctorado / Doctorado Industrial	Fecha inicio	15/02/2020
Espec. cód. UNESCO			
Palabras clave	Valorización efluentes, lodos depuradora, oxidación húmeda subcrítica.		

A.2. Formación académica (título, institución, fecha)

Licenciatura/Grado/Doctorado	Universidad	Año
Doctorado en Ingeniería Química	Universidad Complutense de Madrid	2019-Actualmente
Master en Ingeniería Química: Ingeniería de Procesos	Universidad Complutense de Madrid	2016-2018
Grado en Ingeniería Química	Universidad Complutense de Madrid	2010-2015

Parte B. RESUMEN LIBRE DEL CURRÍCULUM (máximo 3500 caracteres, incluyendo espacios en blanco)

Mi dedicación a la investigación se centra en el tratamiento de aguas y lodos residuales, concretamente en el estudio de procesos de oxidación de materia orgánica en diversos efluentes. Desde lodos de depuradora hasta aguas residuales industriales de elevada carga orgánica son susceptibles de tratamiento, siempre tratando de reducir el impacto ambiental de los tratamientos actuales.

El proceso en el que me he centrado es el de oxidación húmeda subcrítica de aguas y lodos residuales y su implantación a nivel industrial estudiando el escalado y la viabilidad técnico-económica.

Además, trabajamos en la caracterización de los efluentes de salida del proceso de oxidación de lodos para valorizarlos y buscar subproductos de interés.

1. Historia Profesional

2016-2018 Investigador contratado en Universidad Pontificia Comillas. El proyecto consistía en el desarrollo de concentrados de nanoplaquetas de grafito en resinas termoestables para la industria.

En 2018 desarrollé unas prácticas de 6 meses de duración en la empresa TOLSA S.A. en el departamento de Medioambiente con las tareas de caracterización de aguas y lodos residuales y de tratamientos físico-químicos, como coagulación-floculación de las mismas para la eliminación de materia orgánica o de sales inorgánicas.

Mi trabajo fin de máster fue desarrollado en el grupo de Catálisis y procesos de Separación (CyPS) del departamento de Ingeniería Química y de Materiales de la Universidad Complutense de Madrid tutorizado por Juan García Rodríguez y con título "Eficiencia de la oxidación húmeda en la degradación de compuestos orgánicos".

De 01/03/2019-14/02/2020 fui beneficiario de beca de Investigador Predoctoral de la Comunidad de Madrid, tutorizado por Gabriel Ovejero Escudero, para continuar con el proceso de oxidación de todos en el grupo de Catálisis y procesos de Separación (CyPS) del departamento de Ingeniería Química y de Materiales de la Universidad Complutense de Madrid.

A raíz de ello y del conocimiento de la tecnología, solicitamos y nos fue concedida una beca por parte de la Comunidad de Madrid para la realización de doctorado industrial entre la Universidad Complutense de Madrid en el grupo de Catálisis y procesos de Separación (CyPS) del departamento de Ingeniería Química y de Materiales y la empresa ECOLOTUM, Energía Recuperable, S.L., en la que figuro como Ingeniero de Procesos desde 15/02/2020 a actualmente.

2. Proyectos de investigación

Participé en un proyecto de investigación contratado por la Universidad Pontificia Comillas como investigador y de financiación pública titulado "*Epoxigraphenit: Desarrollo de concentrados de nanoplaquetas de grafito en resinas termoestables para la industria*"

Parte C. MÉRITOS MÁS RELEVANTES (ordenados por tipología)

C.1. Publicaciones

G. Lara-Vegazo, J. Cañas-Jiménez, T. Garicano-Nuez, J.A. Fernández-Gascón, A. Goñi-Urtiaga, Y. Ballesteros, J.C. del Real-Romero, *Improving the mechanical properties of epoxy adhesives using graphene nanoplatelets*, 12th-4th European Adhesion Conference and Luso-Brazilian Conference on Adhesion and Adhesives - EURADH-CLBA 2018. ISBN: 978-989-8927-24-8, Lisboa, Portugal, 05-07 Septiembre 2018

C.2. Proyectos

Título Proyecto: Desarrollo de concentrados de nanoplaquetas de grafito en resinas termoestables para la industria.

Entidad Financiadora: Ministerio de Economía, Industria y Competitividad

Colaboradores: Nanoinnova Technologies S.L., Fundación Centro Tecnológico de Componentes, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP).

Referencia: RTC-2016-5138-4

Periodo: Marzo 2016- Junio 2018

Participación: Investigador colaborador

C.3. Cursos y seminarios

Participación con el poster: "Removal of microplastics and drugs from sewage sludge by wet oxidation" en el congreso 7th Portuguese Young Chemists Meeting, del 19-21/05/2021. Online

Participación con la comunicación oral "Integrating phosphorous recovery in a sewage sludge wet oxidation process" en el congreso "Technological solutions for wastewater reuse and sludge valorization". REMTAVARES. Universidad de Alcalá, 21 de Noviembre de 2019.

Asistencia al congreso "Strategies for the abatement of priority and emerging contaminants in wastewater. Current progress and future challenges.". REMTAVARES. Universidad Complutense de Madrid, 11 de diciembre de 2018.

Seminario sobre Reguladores de Presión organizado por Swagelok Ibérica en colaboración con el Instituto del de Catálisis y Petroleoquímica. 2019

Curso Introducción al software libre. Modalidad online. Universidad Complutense de Madrid, 2018

Curso Introducción a la ofimática. Modalidad online. Universidad Complutense de Madrid, 2018

Director de tesis

Por la entidad colaboradora

Juan
García
Rodríguez

Firmado digitalmente por Juan
García Rodríguez
Nombre de certificado personal (CN)
CN=Juan García Rodríguez,
O=Universidad Complutense,
OU=Departamento de Ingeniería
Química y de Materiales,
email=jgarcia@ucm.es,
fecha: 2021.07.20 14:33:27 +02'00'

Fdo.: Juan García
Rodríguez

Silvia
Álvarez
Torrellas

Firmado digitalmente por Silvia
Álvarez Torrellas
Nombre de certificado personal (CN)
CN=Silvia Álvarez Torrellas,
OU=Universidad Complutense de
Madrid, OU=Departamento de
Ingeniería Química y de Materiales,
email=salvarez@ucm.es,
fecha: 2021.07.20 14:33:27 +02'00'

Fdo.: Silvia Álvarez
Torrellas

50709815J
MARIA BLANCA
HERMANA (R:
B45798931)

Firmado digitalmente
por 50709815J MARIA
BLANCA HERMANA (R:
B45798931)
Fecha: 2021.07.14
18:02:17 +02'00'

Fdo.: Maria Blanca
Hermana Mondioroz

El doctorando

Fdo.: Javier Cañas Jiménez



MODELO DE ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

En Madrid, a 14 de julio de 2021

REUNIDOS

De una parte, D. Juan García Rodríguez y Dña. Silvia Álvarez Torrellas, profesores del programa de Doctorado de la UCM y directores de la tesis doctoral titulada “*Valorización de efluentes de la tecnología OSCAR en el tratamiento de lodos con una elevada carga orgánica*” que se realiza con mención de “Doctorado Industrial”

De otra parte, D. Javier Cañas Jiménez, estudiante del programa de doctorado de Ingeniería Química de la UCM, y autor de la tesis.

Y de otra parte, D^a M^a Blanca Hermana Mendioroz, actuando en calidad de representante de la empresa Ecolotum Energía Recuperable S.L., como Responsable del estudiante para supervisar su participación en el proyecto de investigación al que está vinculada la tesis doctoral.

EXPONEN

Que la empresa Ecolotum Energía Recuperable S.L. en adelante denominada Entidad Colaboradora, y la UCM están interesados en realizar un acuerdo de confidencialidad vinculado al proyecto de investigación denominado *Valorización de efluentes de la tecnología OSCAR en el tratamiento de lodos con una elevada carga orgánica*, en el que participa el estudiante D. Javier Cañas Jiménez, cuya tesis doctoral está vinculada al mismo, y para cuya realización las partes tendrán que intercambiar información que puede tener carácter confidencial y/o estar sujeta a derechos de propiedad.

Y en consecuencia, acuerdan las siguientes:

CLÁUSULAS

PRIMERA: FINALIDAD

El objeto del presente acuerdo es fijar los términos y condiciones bajo las cuales las partes considerarán como confidencial la información intercambiada entre ellas, y especialmente la que la Entidad Colaboradora Ecolotum Energía Recuperable S.L. pondrá a disposición del doctorando y su director para la elaboración de la tesis doctoral.

A los efectos de este acuerdo, tendrá la consideración de información confidencial toda aquella información referente a la tecnología OSCAR susceptible de ser revelada por escrito, de palabra o por cualquier otro medio o soporte, tangible o intangible, actualmente conocido o que posibilite el estado de la técnica en el futuro.

Del mismo modo, tendrán la consideración de información confidencial toda aquella información referente a y derivada de las acciones comerciales o financieras que la Entidad Colaboradora Ecolotum Energía Recuperable S.L. realice para la consecución del proyecto. Esto incluye la información facilitada por terceras partes, así como la mención misma de dichas terceras partes.

En particular, el Responsable de la supervisión del doctorando en su participación en el proyecto de investigación señalará expresamente aquellos elementos que no necesiten ser considerados por el doctorando, su Director de tesis, y cualquier otro investigador participante, como información confidencial.

Este acuerdo no constituye ningún acuerdo de licencia, contrato de desarrollo o similar, obligándose las partes a adoptar las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dicha información, medidas que no serán menores que las aplicadas por ellas a su propia información confidencial.

SEGUNDA: EFECTOS DE LA CONFIDENCIALIDAD

La Entidad Colaboradora dará acceso al doctorando y su Director de tesis a toda la información, confidencial o no, que se necesite para alcanzar los objetivos previstos del proyecto de investigación en el que participe el doctorando.

El doctorando y el director de tesis se obligan a:

- Utilizar la información que se señale como confidencial en forma reservada.
- No divulgar ni comunicar la información técnica, comercial, financiera ni de ningún tipo que la Entidad Colaboradora les facilite.
- Impedir la copia o revelación de la información a terceros, salvo que éstos dispongan de una aprobación expresa y realizada por escrito por parte de la Entidad Colaboradora.
- No utilizar la información facilitada, o partes de la misma, para fines distintos a la ejecución del proyecto de investigación. Incluyendo las publicaciones, a no ser que tenga autorización expresa de la Entidad Colaboradora.

TERCERA: DURACIÓN

Este acuerdo terminará dos años después de la finalización de la elaboración de la tesis doctoral al que está vinculado, y será prorrogable por periodos de igual duración que aquellos para los que, en su caso, se haya prorrogado la permanencia.

En caso de que el doctorando se desvincule del proyecto de investigación al que está asociado la tesis, el acuerdo se mantendrá por un periodo de dos años tras la fecha en la que termine su relación contractual con la Entidad Colaboradora.

Cualquier parte podrá requerir de la otra la devolución de la documentación, publicación, material, o antecedente sustentado en cualquier tipo de soporte, que constituya una información considerada como confidencial. La parte requerida deberá remitirla de forma inmediata y comprometerse a la destrucción de cualquier copia tangible de la misma de la que pudiera disponer.

No obstante, lo establecido en el párrafo anterior, todas las partes se comprometen a guardar la confidencialidad de forma indefinida tras la finalización del presente acuerdo, de toda aquella información intercambiada con objeto del mismo.

CUARTA: MODIFICACIÓN

Este acuerdo sólo podrá ser modificado con el consentimiento expreso de todas las partes involucradas, en documento escrito y mencionando la voluntad de las partes de alterar el contenido del presente acuerdo.

QUINTA: RESOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Las partes se comprometen a intentar resolver de manera amistosa cualquier controversia que pudiera surgir en el desarrollo o interpretación de las condiciones de confidencialidad establecidas en el presente acuerdo.

En caso de divergencias de interpretación del acuerdo, las partes acuerdan el sometimiento, a todos los efectos, a los Tribunales de Madrid, con renuncia expresa a cualquier otro fuero que pudiera corresponderles.

En prueba de conformidad con cuanto antecede, todas las partes firman el presente acuerdo en el lugar y fecha indicados en el encabezamiento.

Por la Entidad Colaboradora

El doctorando

El director de tesis



Fdo. D^a. M^a Blanca
Hermana Mendioroz

Fdo. D. Javier Cañas
Jiménez

Fdo. D. Juan García
Rodríguez y D^a. Silvia
Álvarez Torrellas