

DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES

RD1718.6

Informe final

COORDINACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE
SUBCOORDINACIÓN DE CONSERVACIÓN DE CUANCA Y SERVICIOS
AMBIENTALES.

RESPONSABLE TÉCNICO
Dr. Ulises Dehesa Carrasco

PARTICIPATES IMTA:

Dr. José Javier Ramírez Luna
M.I. Klaus Werner Wruck Spillecke
M.C. Pedro Rivera Ruiz
M. Sc. Marcia Adriana Yañez Kernke
M.I. José Alfredo Díaz Magaña
Dr. Eduardo Venegas reyes

PERSONAL DE APOYO:
LAG. Olga García Villa

México, 2019

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 
Página 1 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

Contenido

INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 3

 Objetivo del proyecto 3

 Objetivos particulares 4

 Plan de aprovechamiento 4

 Metas científicas 5

 Formación de recursos humanos..... 5

 Programa de actividades 6

 Resultados esperados a mediano y largo plazo 6

 Impactos esperados a largo plazo 7

 Entregables esperados 7

Resumen ejecutivo del Informe final 8

 1.- Estimación de recursos y calidad del agua, a fin de terminar los volúmenes aprovechables de agua salobre somera y profunda. 9

 2.- Desarrollar las unidades de NF con producción nominal de 4-6 m³/día, acoplados a los sistemas fotovoltaicos..... 12

 3.- Instalación de equipos en campo y pruebas preliminares 13

 5.-Estudio de la factibilidad del sistema y un estudio de factibilidad para su aplicación en otras zonas del país..... 14

 6.-Evaluación de los efectos de mantenimiento de planta a corto plazo. 15

 7.-Análisis de resultados..... 15

 8.- Proyecto ejecutivo y cursos de capacitación a productores..... 15

 9.-Artículos 15

Principales productos derivados de la aplicación del plan específico de adaptación de los resultados hacia la resolución del problema en el sector público, privado o social. 16

Indique el grado de cumplimiento del objetivo general, objetivos específicos, metas y obtención de productos que usted propuso..... 17

Con base en los productos generados en el proyecto, indique del siguiente listado en cual tuvo los alcances más importantes y justifique su respuesta resaltando los impactos (beneficios) de los productos: 20

En caso de que haya tenido acciones de vinculación indicar con quien y describa brevemente el impacto (beneficio) social, económico, ambiental:..... 22

ANEXOS 25

ANEXO 1: ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DEL ÁREA DE RIEGO EN INVERNADERO VILLA DE COS, ZACATECAS...... 25

ANEXO 2: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN SOLAR DESTINADO PARA RIEGO AGRÍCOLA. 25

ANEXO 3: INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO CON USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN VILLA DE COS, ZACATECAS...... 25

ANEXO 4: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE NF ASISTIDA CON ENERGÍA SOLAR. 25

ANEXO 5: ARTICULO DE DIVULGACIÓN “LA DESALINIZACIÓN CON ENERGÍA SOLAR COMO ALTERNATIVA PARA REDUCIR LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA EN MÉXICO”... 25

ANEXO 6: SISTEMA DE DESALINIZACIÓN PORTÁTIL MEDIANTE NF-PV...... 25

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
Página 2 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

ANEXO 7: EVALUACIÓN AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA SALOBRE POR NANOFILTRACIÓN CON ENERGÍA SOLAR.....	25
ANEXO 8: DESARROLLO DE AGRICULTURA PROTEGIDA A PRODUCTORES DE JITOMATE DE LOS INVERNADEROS VICOZAC.....	25
ANEXO 9: GUÍA PRÁCTICA PARA EL USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO.....	25
ANEXO 10: MANUAL TÉCNICO PARA EL USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DESALINIZACIÓN MEDIANTE NANO FILTRACIÓN SOLAR.....	26
ANEXO 11: ARTÍCULO “INTEGRATION OF THE EXPERIMENTAL RESULTS OF A PARABOLIC TROUGH COLLECTOR (PTC) SOLAR PLANT TO AN ABSORPTION AIR-CONDITIONING SYSTEM”	26
ANEXO 12: THERMODYNAMIC ANALYSIS OF A HALF-EFFECT ABSORPTION COOLING SYSTEM POWERED BY A LOW-ENTHALPY GEOTHERMAL SOURCE.....	26
ANEXO 13: SOLICITUD DE PATENTE	26
ANEXO 14: PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS	26
ANEXO 15: PROYECTO EJECUTIVO: TECNIFICACION DEL ÁREA DE RIEGO EN INVERNADERO VILLA DE COS, ZACATECAS.....	26
ANEXO 16: CULTIVO TECNIFICADO DE FRESA, ARÁNDANO FORRAJE BAJO INVERNADERO”	26
ANEXO 17: PROPUESTA: IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN MEDIANTE TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA Y NANOFILTRACIÓN EN LA MESA CENTRAL DE MÉXICO.....	26
ANEXO 18: TESIS: ESTUDIO TEÓRICO PARA MEJORAR LA TRANSFERENCIA DE MASA EN UNA UNIDAD DE DESTILACIÓN POR MEMBRANA MEDIANTE TÉCNICAS DE DFC	26
ANEXO 19: PARTICIPACIÓN EN CONGRESO.....	27
ANEXO 20: TESIS: ESTUDIO TEÓRICO PARA MEJORAR LA TRANSFERENCIA DE MASA EN UNA UNIDAD DE DESTILACIÓN POR MEMBRANA MEDIANTE TÉCNICAS DE DFC.....	27
ANEXO 21: CONSTANCIA DE EXAMEN.....	27
ANEXO 22: TESIS “EVALUACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL DE DESALINIZACIÓN SOLAR MEDIANTE NANO FILTRACIÓN PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA”	27
ANEXO 23: TESIS DESARROLLO Y CONSTRUCCION DE UNA UNIDAD DE DESALINIZACION SOLAR MEDIANTE NANO FILTRACION SOLAR PARA CULTIVO DE FORRAJE BAJO INVERNADERO”	27
ANEXO 24: COMPROBANTE DE PROCESO DE TITULACIÓN.....	27
ANEXO 25: COMPROBANTE DE PROCESO DE TITULACIÓN.....	27
Anexo 26: INFORME_APOYO A TESIS (LICENCIATURA E1)	27
Anexo 27: INFORME _APOYO A TESIS (LICENCIATURA E2)	27
Anexo 28: INFORME_APOYO A TESIS (MESTRIA).....	27

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	
Página 3 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se enmarca principalmente en el tema Prioritario "Gestión integral del agua, seguridad hídrica y derecho del agua". Más aún, por la gran relevancia del recurso hídrico en zonas aisladas donde las tierras productivas son relegadas por su alto contenido en sales en los mantos acuíferos. También resulta congruente con otros temas prioritarios como lo son: la habilitación de espacios para producción de alimentos, el desarrollo y aprovechamiento de energías renovables limpias, y en el combate a la pobreza y en la seguridad alimentaria.

La aplicación de la energía solar como alternativa para energizar diversos sistemas en la actualidad resulta prometedora, en su carácter como fuente de energía renovable. La desalinización solar con módulos fotovoltaicos es una tecnología que en los últimos años se ha empleado con resultados exitosos, en particular, la desalinización solar para fines de riego, ya es una realidad donde la tecnología debe adaptarse a las condiciones de cada demanda (Hrayshat). La calidad de agua para riego se cataloga con base en ciertos estándares establecidos, siendo las relaciones más ampliamente utilizadas la conductividad, la concentración de sodio, el pH y la concentración de otros iones. La tecnología de mayor uso para este propósito es la ósmosis inversa (OI). Sin embargo, el permeado que se obtiene de las plantas OI tiene un nivel reducido de calcio y magnesio, así como un pH ligeramente ácido.

Utilizar el agua con estas características en los cultivos agrícolas eventualmente podría causar daños en la estructura de los suelos. En estos casos, remineralizar con agua sin tratar es la alternativa a fin de ajustar la relación entre el sodio, calcio y magnesio. Sin embargo, el consumo energético asociado con esta práctica resulta elevado.

Objetivo del proyecto

El objetivo del presente proyecto se enfoca en el estudio de la factibilidad del uso de la Nano filtración u osmosis inversa de baja presión alimentada con energía solar foto

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 
Página 4 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

voltaica para el tratamiento de agua subterránea salobre destinada para riego agrícola en zonas rurales de del estado de zacatecas, México, donde la salinidad de los mantos acuíferos sub-superficiales limita las actividades agrícolas.

Objetivos particulares

Unidades experimentales (plantas piloto)

- Diseñar, construir y evaluar dos unidades modulares móviles de NF/RO-PV.
- Determinar la localización geográfica donde se realizarán las pruebas en campo con base en la calidad de agua a tratar.
- Evaluar del desempeño y funcionalidad del sistema NF/RO_FV en campo, en términos de su energía específica, su productividad diaria y de la operatividad por parte de productores agrícolas.
- Estudiar la influencia de las variables sobre la producción y calidad del permeado tales como la concentración de sulfatos de (SO₄), temperatura, pH y Radiación solar.
- Determinar la rentabilidad del sistema en términos de la producción de biomasa y de los costos de producción.
- Poner en operación una unidad productiva de 1/4 de hectáreas.

Plan de aprovechamiento

- Elaborar un estudio para la estimación de los volúmenes aprovechables de aguas salobres someras a partir de un estudio de calidad del agua de la zona.
- Desarrollar e implementar un programa de capacitación en agricultura sustentable mediante riego por goteo.
- Elaborar una propuesta para el desarrollo agropecuario en el valle en función del potencial de aprovechamiento de agua salobre.
- Elaborar un programa de disposición de salmueras.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
Página 5 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

Metas científicas

- Construir dos sistemas autónomos de NF/RO-FV con una producción nominal de 4-6 m³ de agua al día.
- Evaluación del desempeño del sistema NF/RO-FV en campo en operación continúa a fin de identificar los problemas asociados con la tecnología. Así como determinar el grado de operatividad del sistema por parte de productores usuarios potenciales de la tecnología.
- Realizar un Informe de la factibilidad del sistema en campo, así como un estudio de factibilidad para su aplicación en otras zonas del país.
- Determinar la rentabilidad del sistema en términos de la producción de biomasa y de los costos de producción.
- Reporte de la evaluación del desempeño y funcionalidad del sistema NF/ROFV, en términos de su energía específica, su productividad diaria y de la operatividad por parte de productores agrícolas.
- Publicación de dos a tres artículos con los resultados obtenidos en revistas indexadas, así como una participación en congresos nacionales o internacionales.
- Formación de por lo menos un estudiante de maestría o doctorado y dos estudiantes de licenciatura.
- Presentación de trabajos arbitrados en congresos científicos de reconocido prestigio.

Formación de recursos humanos

- Con el desarrollo de esta propuesta de investigación se tiene contemplado la formación de dos alumnos de nivel licenciatura y un estudiante de maestría o doctorado. Los alumnos de licenciatura que hemos considerado en este proyecto, son estudiantes de la Universidad Autónoma de Morelos (UAEM). Moisés Soto Soto actualmente está colaborando con el grupo de trabajo con fin de obtener sus prácticas profesionales. Por otra parte, la I.C Ana Claudia Siles Zarate y I.Q. Rene

  SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	  INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 6 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

solano Jiménez son estudiantes adjuntos al postgrado de la institución solicitante (IMTA). El alcance de los temas de tesis se define con base en los resultados de esta propuesta.

Programa de actividades

Las actividades programadas a realizar son las siguientes. Sin embargo, en la sección de tablas y figuras se anexa un cronograma para ejecución por etapas.

- 1.- Estimación de recursos y calidad del agua, a fin de terminar los volúmenes aprovechables de agua salobre somera y profunda.
- 2.- Desarrollar las unidades de NF con producción nominal de 4-6 m³/día, acoplados a los sistemas fotovoltaicos.
- 3.- Instalación de equipos en campo y pruebas preliminares.
- 4.- Evaluación del desempeño del sistema en términos de su energía específica y de su productividad diaria.
- 5.- Estudio de la factibilidad del sistema y un estudio de factibilidad para su aplicación en otras zonas del país.
- 6.- Evaluación de los efectos de mantenimiento de planta a corto plazo.
- 7.- Análisis de resultados.
- 8.- Proyecto ejecutivo y cursos de capacitación a productores.
- 9.- Artículos
- 10.- Elaboración de programas y planes de acción
- 11.- Presentación de resultados en congresos

Resultados esperados a mediano y largo plazo

Resultados esperados a mediano

- Desarrollo y construcción de dos sistemas autónomos de NF/RO-FV con una producción nominal de 4-6 m³ de agua al día para comunidades de producción organizadas.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
Página 7 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

- Evaluación del desempeño del sistema NF-FV en campo en operación continúa a fin de identificar los problemas asociados con la tecnología. Así como determinar el grado de operatividad del sistema por parte de productores usuarios potenciales de la tecnología.
- Estudios las interferencias de las variables meteorológicas y efectos de mantenimiento de planta a corto mediano y largo plazo.
- Estudio de sustentabilidad y análisis de ciclo de vida del sistema desalinizador a mediano plazo.
- Titulación de estudiantes de licenciatura.
- Publicación de resultados en revista indexadas.

Impactos esperados a largo plazo

- Transferencia de la tecnología a los productores agrícolas.
- Consolidación de la línea de investigación del joven investigador.
- Titulación de estudiantes de maestría o doctorado.
- Publicación de 2-3 artículos en revistas indizadas a nivel internacional y al menos una publicación en revista nacional, indizada por el JRC. Como Science and Total Environment, Desalination, o Water Science and Technology, o Water Research.
- Realizar la transferencia tecnológica a los productores
- Concluir de manera satisfactoria la propuesta.

Entregables esperados

- Dos prototipos móviles experimentales de NF/RO-PV para aplicaciones de riego agrícola.
- Reporte de la evaluación y caracterización del sistema en operación en campo.
- Habilitar una unidad experimental de 1/4 de hectárea para cultivo, así como la capacitación a los usuarios a fin de transferir la tecnología.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
Página 8 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

- Elaboración de un programa de capacitación para el desarrollo de agricultura protegida tomando como base los resultados de la unidad piloto.
- Elaboración de una propuesta para el desarrollo agropecuario en las partes altas del valle en función del potencial de aprovechamiento de agua salobre.
- Publicación de artículo en revistas que pertenecen al JCR.
- Titulación de los estudiantes en los tiempos que establece el postgrado de nuestra institución.

Resumen ejecutivo del Informe final

El presente documento contiene información que corresponde al informe final de actividades realizadas en el marco del proyecto PN-879 que lleva por título: “DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES”. La información que se presenta en este documento tiene como fundamento los términos de referencia del convenio de asignación de recursos I000/513/2016. Las actividades se realizaron con base en los objetivos y metas descritos en el plan de trabajo (anexo 2) y en apego al cumplimiento de los términos de referencia antes descrito.

Las actividades se realizaron con base en los objetivos y metas descritas en el plan de trabajo. Las actividades programadas durante las dos etapas son las siguientes:

Etapas

- 1.- Estimación de recursos y calidad del agua, a fin de terminar los volúmenes aprovechables de agua salobre somera y profunda.
- 2.- Desarrollar las unidades de NF con producción nominal de 4-6 m³/día, acoplados a los sistemas fotovoltaicos.
- 3.- Instalación de equipos en campo y pruebas preliminares

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
Página 9 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

Etapas 2

- 4.- Evaluación del desempeño del sistema en términos de su energía específica y de su productividad diaria.
- 5.- Estudio de la factibilidad del sistema y un estudio de factibilidad para su aplicación en otras zonas del país
- 6.- Evaluación de los efectos de mantenimiento de planta a corto plazo.
- 7.- Análisis de resultados
- 8.- Proyecto ejecutivo y cursos de capacitación a productores
- 9.- Artículos
- 10.- Elaboración de programas y planes de acción
- 11.- Presentación de resultados en congresos

Las actividades realizadas del 27 de febrero del 2017 al 25 de junio del 2019 se describen a continuación:

1.- Estimación de recursos y calidad del agua, a fin de terminar los volúmenes aprovechables de agua salobre somera y profunda.

Se realizaron los estudios para la estimación de recursos y calidad del agua, a fin de terminar los volúmenes aprovechables de agua salobre somera y profunda de los invernaderos asociados a la empresa VICOZAC. Los resultados de los parámetros de campo, fisicoquímicos y aniones y cationes del agua de pozo de abastecimiento "Productores Villacosenses" son los siguientes:

Por su salinidad y sodicidad el agua del pozo de abastecimiento "Productores Villacosenses" se clasifica en el grupo C3S1, siendo un agua utilizable para riego con precauciones de acuerdo a la clasificación propuesta por el Laboratorio de Salinidad de Riverside (Richards, 1954). Asimismo, esta agua presenta un grado de restricción de "ligero o moderado" para utilizarla como agua de riego con base en lo establecido por la FAO (Ayers y Westcot, 1985). Esto debido a que representa un problema potencial por su

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 10 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

elevada salinidad ($SDT > 900 \text{ mg/L}$ y $CE = 1\,341 \mu\text{S/cm}$) y su posible infiltración al suelo ($RAS > 7$). Respecto a la toxicidad por iones específicos como el sodio (Na^+), cloro (Cl^-) y boro (B^{3+}), esta agua presentó un grado de restricción de uso severo a ligero a moderado. El agua del pozo de abastecimiento “Productores Villacosenses” presentó concentraciones altas de sodio (Na^+), sulfatos (SO_4^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-); clasificándose en un agua bicarbonatado-sódico y bicarbonatada-sulfatada sódica. Este tipo de aguas pueden producir la precipitación de carbonato de calcio, aumentando la concentración de sodio del suelo, con el riesgo de alterar su estructura y, consecuentemente, la permeabilidad del mismo. *Si se continúa regando con este tipo de agua a futuro, se corre el riesgo de tener suelos sódico-salinos, debido principalmente a las altas concentraciones de Na^+ y HCO_3^- .*

El agua del pozo de abastecimiento “Productores Villacosenses” presentó una alcalinidad total elevada, debido principalmente a los bicarbonatos (HCO_3^-) disueltos en el agua, así como una dureza total alta, debido a la presencia de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Asimismo, presentó un pH de 8.2 el cual está en el rango normal del agua para riego de acuerdo a lo propuesto por Ayers y Westcot (1985) el cual oscila entre 6.5 y 8.4. En el Anexo 1 se tiene un informe detallado del estudio. Resumen de evidencia fotográfica.



(a) Pozo de abastecimiento



(b) Filtrado de muestra



(c) Toma de muestra



(d) Material de muestreo



(e) Calibración del equipo
multiparamétrico



(f) Electrodo de CE y pH



(g) Toma de lectura



(h) Registro en bitácora

Figura 1. Toma de muestra y registro de parámetros de campo

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 12 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

2.- Desarrollar las unidades de NF con producción nominal de 4-6 m³/día, acoplados a los sistemas fotovoltaicos.

Se realizaron los diseños de los sistemas de desalinización para ello se empleó el software de Solid Works como herramienta de diseño para generar los planos correspondientes. Para operar el sistema NF-PV se eligieron bombas sumergibles de corriente directa que puedan operar con voltaje variable. Esta condición permitirá operar el sistema sin almacenamiento eléctrico reduciendo los costos de producción. El tipo de bomba hidráulica que puede suministrar la carga necesaria para operar las membranas, es una bomba centrífuga sumergible de corriente directa modelo SQFlex 16 SQF-10. Con base en la ficha técnica, la bomba puede operar de manera continua en un intervalo de 30 a 300 V-DC con una potencia entre 0,40 a 1,42 kW. Sin embargo, por encima de 100 V-DC se puede obtener rendimientos aceptables siendo óptima cuando el voltaje de alimentación es próximo 300 V-DC. Para suministrar la potencia eléctrica al sistema de bombeo se propone construir una planta fotovoltaica con una potencia nominal de 1,92 kW compuesta por ocho módulos de silicio policristalino con una potencia nominal de 240 W cada módulo.

En la Figura 2 y 3 se muestra el modelo físico a construir. También en el anexo 2 se tienen los diseños completos y planos de construcción formarán parte de reportes internos como parte del sustento del trabajo de investigación que actualmente se está desarrollando.

Resumen de imágenes.

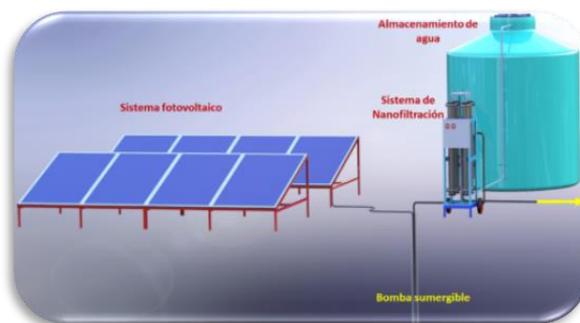


Figura 2. Diseño del sistema de NF-PV

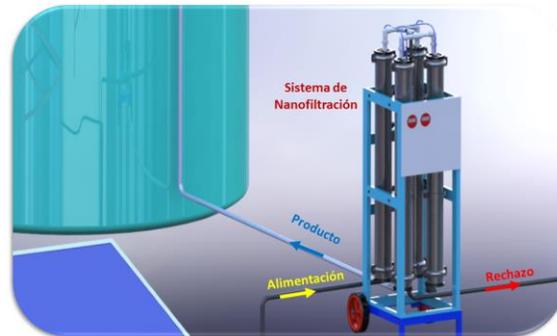


Figura 3. Detalle del sistema de NF

3.- Instalación de equipos en campo y pruebas preliminares

Se realizó la construcción del equipo con base en los diseños realizados. Posteriormente, se iniciaron las pruebas preliminares para garantizar su funcionalidad finalmente los equipos fueron instalados en campo. En la Figura 4 se muestra una imagen de los dispositivos construidos a manera de evidencia física. Una vez construido el sistema desalinizador se instrumentó a fin de evaluar el desempeño del sistema, la cantidad de producto, el costo y la calidad del influente, efluente y permeado. En la figura 5 se muestra un conjunto de imágenes del dispositivo experimental. Como producto de estas actividades se generó un reporte de evaluación y caracterización del sistema NF-PV. En el Anexo 3 se tiene el documento que acredita la entrega del reporte y la calidad.



Figura 4. Prototipos experimentales desarrollados

	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	
Página 14 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

4.- Evaluación del desempeño del sistema en términos de su energía específica y de su productividad diaria.

Una vez construido el sistema desalinizador se instrumentó a fin de evaluar el desempeño del sistema, la cantidad de producto, el costo y la calidad del influente, efluente y permeado. En la Figura 5 se muestra un conjunto de imágenes del dispositivo experimental. Como producto de estas actividades se generó un reporte de evaluación y caracterización del sistema NF-PV Anexo 4. Posteriormente la información fue utilizada para elaborar un artículo para una revista de divulgación científica Anexo 5.

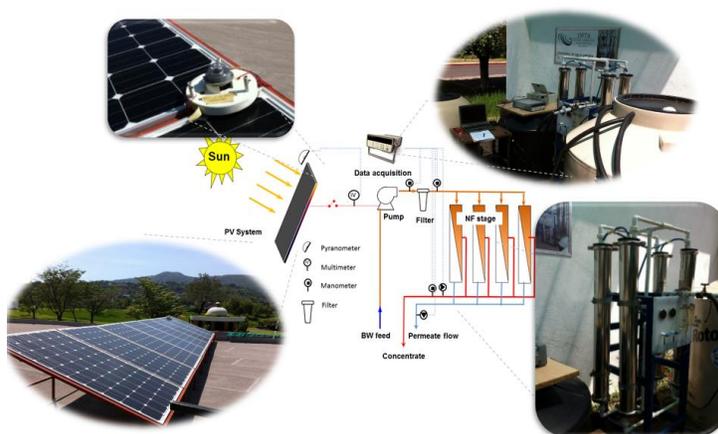


Figura 5 Diagrama conceptual y fotografías del sistema NF-PV evaluado

5.-Estudio de la factibilidad del sistema y un estudio de factibilidad para su aplicación en otras zonas del país.

Se realizó un estudio de factibilidad del sistema para ser utilizado en otras regiones del país. Específicamente se consideraron como caso de estudio la ciudad de Aguascalientes y La ciudad de Samalayuca, en chihuahua. Para el caso de Aguascalientes se elaboró un informe de caracterización de un sistema modular Anexo 6 para el caso de Samalayuca se elaboró un análisis de ciclo de vida. Este último se realizó como trabajo de

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 
Página 15 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

colaboración con la Universidad Autónoma de Morelos como parte de una tesis de maestría del cual formo parte del comité evaluador Anexo 7.

6.-Evaluación de los efectos de mantenimiento de planta a corto plazo.

Se evaluaron los efectos de mantenimiento de planta a corto plazo esta información forma parte de los informes de los Anexos 4 y 5 respectivamente. En este sentido para esta actividad no fue necesaria la elaboración de un reporte. Sin embargo, se establece que el retratamiento representa el 30% del consumo total de energía.

7.-Análisis de resultados

Se realizó el análisis de resultado para las diferentes actividades del proyecto. En este sentido los resultados de los análisis aparecen en los informes correspondientes identificados como anexos.

8.- Proyecto ejecutivo y cursos de capacitación a productores.

Se realizó el proyecto ejecutivo y ejecución del mismo para habilitar un $\frac{1}{4}$ de hectárea para irrigar plántulas de jitomate. Así mismo, se realizó la capacitación de usuarios para utilizar el sistema de desalinización desarrollado el informe de la capacitación se presenta en el anexo 8. Sin embargo, para la capacitación fue necesario la elaboración de un manual técnico para usuarios y una guía práctica para manteniendo de los sistemas PV. Ambos documentos se anexan como Anexo 9 y Anexo 10

9.-Artículos

Se generan tres publicaciones y una solicitud de patente. Las publicaciones están en los anexos siguientes Anexo 5, Anexo 11, Anexo 12 respectivamente mientras que la solicitud de patente se presenta en el Anexo 13.

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 
Página 16 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

10.- Elaboración de programas y planes de acción.

La elaboración de los programas y planes de acción fueron actividades ligadas a la capacitación los cuales fueron reportados en los informes identificados por Anexo 8,9 y 10.

11.- Presentación de resultados en congresos

Para poder patentar es necesario no hacer pública la información puesto que eso pone en riesgo la patentabilidad del proceso y/o producto. En este sentido únicamente se participó en un congreso nacional la constancia se presenta en el Anexo 14

Principales productos derivados de la aplicación del plan específico de adaptación de los resultados hacia la resolución del problema en el sector público, privado o social.

1. Desarrollo de un funcional que actualmente está en operación. Se generó una unidad demostrativa para la producción de plántulas de jitomate. Los resultados fueron catalogados como Exitosos por parte de los productores agrícolas y con el fin de continuar más allá de los alcances de esta propuesta se elaboró un proyecto para acceder a los fondos del programa FORDECYT. Es importante señalar que dicha propuesta busca replicar los resultados en otras regiones del país a fin de garantizar el acceso al agua y alimentos. La propuesta FORDECYT (297486) que se deriva de los resultados de este proyecto fue a probada y financiada por lo cual considero que es uno logros más importante de este proyecto.
2. Se generaron tres publicaciones científicas
3. Se realizó la solicitud de una patente.
4. Se generó una tesis a nivel maestría.

5. Se generó dos tesis a nivel licenciatura (pendiente de titulación)

Indique el grado de cumplimiento del objetivo general, objetivos específicos, metas y obtención de productos que usted propuso.

Para el caso de los objetivos específicos, metas y obtención de productos descríbalos y argumente cómo se cumplió de forma clara y breve e indique el porcentaje de cumplimiento en una tabla.

Ejemplo:

Objetivo 1	Metas	Productos	% (Cumplimiento)	*Observaciones (modificaciones, problemática, justificaciones, etc.)
Diseñar, construir y evaluar dos unidades modulares móviles de NF/RO-PV.	Desarrollar Dos unidades experimentales de sistemas de NF alimentados con energía solar	Dos unidades experimentales	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los documentos probatorios se presentan en los anexos Anexo 2,3 y 6.
Determinar la localización geográfica donde se realizarán las pruebas en campo con base en la calidad de agua a tratar.	Localizar geográficamente el lugar donde se instalará la unidad demostrativa y realizar los estudios de calidad de agua	Estudios de calidad del agua y proyecto ejecutivo de la unidad demostrativa.	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los documentos probatorios se presentan en los anexos Anexo 1y 15.
Evaluar del desempeño y funcionalidad del sistema NF/RO_FV en campo, en	Evaluar de manera experimental el sistema de desalinización en campo.	Reporte que evidencie la instalación y evaluación del sistema	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los documentos probatorios se presentan en los

Objetivo 1	Metas	Productos	%(Cumplimiento)	*Observaciones (modificaciones, problemática, justificaciones, etc.)
términos de su energía específica, su productividad diaria y de la operatividad por parte de productores agrícolas.				anexos Anexo 3y 4.
Estudiar la influencia de las variables sobre la producción y calidad del permeado tales como la concentración de sulfatos de (SO ₄), temperatura, pH y Radiación solar.	Evaluar de manera experimental el sistema de desalinización a nivel laboratorio.	Reporte técnico de la evaluación	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los documentos probatorios se presentan en el Anexo 4.
Determinar la rentabilidad del sistema en términos de la producción de biomasa y de los costos de producción	Realizar un estudio que permita determinar el consumo de energía y los costos de producción.	Artículo	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los documentos probatorios se presentan en el Anexo 5.
Poner en operación una	Habilitar un ¼ de hectárea para	Reporte técnico	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los

Objetivo 1	Metas	Productos	%(Cumplimiento)	*Observaciones (modificaciones, problemática, justificaciones, etc.)
unidad productiva de 1/4 de hectáreas.	cultivo de plántulas de jitomate.			documentos probatorios se presentan en el Anexo 3 y 15
Plan de aprovechamiento				
Elaborar un estudio para la estimación de los volúmenes aprovechables de aguas salobres someras a partir de un estudio de calidad del agua de la zona	Elaborar un estudio de calidad del agua de los pozos de los invernaderos de VICOZAC	Informe técnico	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los documentos probatorios se presentan en el Anexo 1
Desarrollar e implementar un programa de capacitación en agricultura sustentable mediante riego por goteo.	Programa de capacitación de usuarios.	Informe Técnico	100%	El objetivo se cumplió en un 100 %. Los documentos probatorios se presentan en el Anexo 8 y 16
Elaborar una propuesta para el desarrollo agropecuario en el valle en función	Elaborar una propuesta.	Propuesta física	100%	Se elaboró y presentó una propuesta (297486) para participar en la convocatoria de

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 20 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

Objetivo 1	Metas	Productos	% (Cumplimiento)	*Observaciones (modificaciones, problemática, justificaciones, etc.)
del potencial de aprovechamiento de agua salobre.				FORDECYT. La propuesta fue a probada y financiada por el fondo. Esta propuesta será desarrollada en colaboración con la empresa Rotoplas. Los documentos probatorios se presentan en el Anexo 17
Elaborar un programa de disposición de salmueras	Estudio para el tratamiento de salmueras.	Tesis	100%	Se generó una tesis a nivel maestría Anexo 18.

*En caso de existir modificaciones justifique los motivos y describa brevemente el impacto de dichas modificaciones en los resultados finales del proyecto.

Con base en los productos generados en el proyecto, indique del siguiente listado en cual tuvo los alcances más importantes y justifique su respuesta resaltando los impactos (beneficios) de los productos:

a) Publicaciones Científicas de Investigación y/o de divulgación

Se generaron dos publicaciones científicas que pertenecen a revistas indexadas al JCR (Anexo 11 y 12) y una solicitud de patente (Anexo 13). La importancia de estos trabajos radica en el hecho inicialmente se desarrolló una unidad experimental de Destilación por membrana como parte del programa para el tratamiento de

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 
Página 21 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

salmueras. Sin embargo, por falta de equipo especializado fue necesario realizar colaboración con el Instituto de Energías Renovables de la Unam. En un principio utilizamos soluciones de NaCl altamente concentrada. Sin embargo, nos dimos cuenta que la unidad puede tratar soluciones más corrosivas como el bromuro de litio en una combinación conocida como carrol-agua. Puedo decir que gracias a esta colaboración se inició una nueva línea de investigación puesto que los descubrimientos mejoran la eficiencia en procesos de refrigeración en sistemas de absorción. Actualmente hemos desarrollado una versión mejorada que hemos llamado desorbedor por membrana, de ahí que dos de las publicaciones están orientados a este tema.

b) Formación de recursos humanos especializados

Durante el proyecto se desarrollaron tres tesis. Una de maestría (Anexo 20 y 21) y dos de licenciatura (Anexo 22, 23, 24 y 25). La primera forma parte del posgrado de la institución por lo que no se presentó ningún inconveniente y la estudiante se tituló en tiempo y forma. Los estudiantes de licenciatura actualmente se encuentran en proceso de titulación. Para ser más específico en la etapa de revisión final de tesis. No se obtuvo el grado como hubiera deseado por que en la institución de donde provienen los estudiantes entraron en paro laboral lo cual afectó en los procesos administrativos. Sin embargo, considero como resultados sobresalientes el hecho de haber capacitado y formado personal altamente calificado.

c) Participación en congresos y foros académicos.

Se participó en un congreso (anexo 14 y 19) y un foro académico. La importancia radica en la difusión de la ciencia y la importancia de los proyectos para potenciar el desarrollo local a través de convocatorias como la de problemas nacionales.

d) Productos de comunicación pública de la ciencia que promuevan la apropiación social del conocimiento.

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 
Página 22 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

Se generó una publicación de divulgación científica para una revista de circulación nacional (Anexo 5). La importancia radica en el hecho de difundir los conocimientos generados y que pueden ayudar al desarrollo del país.

- e) Participación en Redes, Colaboraciones académicas, o bien con los sectores productivo, social, empresarial, gubernamental.

Actualmente soy miembro de las Red Temática de CONACYT SUMAS. A través de esta red estamos buscando instalar un sistema de desalinización en la zona de samalayuca en chihuahua para aplicaciones de uso humano y animal.

En caso de que haya tenido acciones de vinculación indicar con quien y describa brevemente el impacto (beneficio) social, económico, ambiental:

- a) Con tomadores de Decisiones, Organizaciones Sociales, ONG, Sector productivo, etc.

Actualmente se firmó un convenio específico con la empresa ROTOPLAS para desarrollar la propuesta de FORDECYT que nace de este proyecto. El objetivo de esta interacción es llegar a un producto que se pueda comercializar (si se requiere puede solicitarlo al responsable técnico).

- b) Con Instituciones Académicas.

Por falta de equipo especializado fue necesario realizar colaboración con el Instituto de Energías Renovables de la UNAM. En un principio utilizamos soluciones de NaCl altamente concentrada. Sin embargo, nos dimos cuenta que la unidad puede tratar soluciones más corrosivas como el bromuro de litio en una combinación conocida como carrol-agua. Puedo decir que gracias a esta colaboración se inició una nueva línea de investigación puesto que los descubrimientos mejoran la eficiencia en procesos de refrigeración en sistemas de absorción. Actualmente hemos desarrollado una versión mejorada que hemos llamado desorbedor por membrana,

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 
Página 23 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

de ahí que dos de las publicaciones están orientados a este tema. Actualmente se está colaborando con la UAEM en el marco de las redes temáticas SUMAS.

b) Para la Aplicación y/o Transferencia del conocimiento generado o reproducido.

Actualmente se realizó la solicitud de una patente misma que se pretende comercializar a través de la empresa ROTOPLAS.

d) Otros

Ninguno

1. ¿Cuál considera que fue la aportación científica y/o tecnológica más importante y qué problemática resuelve?

- El desarrollo de las unidades funcionales
- Publicación de artículos
- Solicitud de patente
- Formación de recursos humanos

2. ¿En qué medida considera que los resultados de su proyecto tienen o tendrán impacto para encontrar una solución al problema seleccionado?

El impacto del proyecto está garantizado toda vez que el modelo para replicarlo está siendo actualmente financiado por nuevo proyecto FORDECYT. Este proyecto tenía como objetivo *el estudio de la factibilidad del uso de la Nano filtración u osmosis inversa de baja presión alimentada con energía solar fotovoltaica para el tratamiento de agua subterránea salobre destinada para riego agrícola en zonas rurales de del estado de Zacatecas, México, donde la salinidad de los mantos acuíferos sub-superficiales limita las actividades*

 	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	
Página 24 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

agrícolas. Los objetivos fueron alcanzados y se demostró la factibilidad, así mismo, se está buscando generar proyectos comerciales para generar ingresos y potenciar el desarrollo local.

La desalinización para riego agrícola en México tendrá un impacto mayor cuando los gobiernos de los estados puedan financiar proyectos productivos de cultivos altamente rentables como la fresa y/o arándanos.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
Página 25 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

ANEXOS

ANEXO 1: ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DEL ÁREA DE RIEGO EN INVERNADERO VILLA DE COS, ZACATECAS.

ANEXO 2: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN SOLAR DESTINADO PARA RIEGO AGRÍCOLA.

ANEXO 3: INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO CON USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN VILLA DE COS, ZACATECAS.

ANEXO 4: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE NF ASISTIDA CON ENERGÍA SOLAR.

ANEXO 5: ARTICULO DE DIVULGACIÓN “LA DESALINIZACIÓN CON ENERGÍA SOLAR COMO ALTERNATIVA PARA REDUCIR LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA EN MÉXICO”.

ANEXO 6: SISTEMA DE DESALINIZACIÓN PORTÁTIL MEDIANTE NF-PV.

ANEXO 7: EVALUACIÓN AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA SALOBRE POR NANOFILTRACIÓN CON ENERGÍA SOLAR.

ANEXO 8: DESARROLLO DE AGRICULTURA PROTEGIDA A PRODUCTORES DE JITOMATE DE LOS INVERNADEROS VICOZAC.

ANEXO 9: GUÍA PRÁCTICA PARA EL USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	<p>DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES</p>	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p>Página 26 de 28</p>	<p>México, 2019</p>	<p>Clave: F.C0.2.04.01</p>

ANEXO 10: MANUAL TÉCNICO PARA EL USO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DESALINIZACIÓN MEDIANTE NANO FILTRACIÓN SOLAR.

ANEXO 11: ARTÍCULO “INTEGRATION OF THE EXPERIMENTAL RESULTS OF A PARABOLIC TROUGH COLLECTOR (PTC) SOLAR PLANT TO AN ABSORPTION AIR-CONDITIONING SYSTEM”

ANEXO 12: THERMODYNAMIC ANALYSIS OF A HALF-EFFECT ABSORPTION COOLING SYSTEM POWERED BY A LOW-ENTHALPY GEOTHERMAL SOURCE.

ANEXO 13: SOLICITUD DE PATENTE

ANEXO 14: PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

ANEXO 15: PROYECTO EJECUTIVO: TECNIFICACION DEL ÁREA DE RIEGO EN INVERNADERO VILLA DE COS, ZACATECAS.

ANEXO 16: CULTIVO TECNIFICADO DE FRESA, ARÁNDANO FORRAJE BAJO INVERNADERO”

ANEXO 17: PROPUESTA: IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN MEDIANTE TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA Y NANOFILTRACIÓN EN LA MESA CENTRAL DE MÉXICO.

ANEXO 18: TESIS: ESTUDIO TEÓRICO PARA MEJORAR LA TRANSFERENCIA DE MASA EN UNA UNIDAD DE DESTILACIÓN POR MEMBRANA MEDIANTE TÉCNICAS DE DFC.

  <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>	DESALINIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA SALOBRE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA EN ZONAS RURALES	 <p>IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
Página 27 de 28	México, 2019	Clave: F.C0.2.04.01

ANEXO 19: PARTICIPACIÓN EN CONGRESO.

ANEXO 20: TESIS: ESTUDIO TEÓRICO PARA MEJORAR LA TRANSFERENCIA DE MASA EN UNA UNIDAD DE DESTILACIÓN POR MEMBRANA MEDIANTE TÉCNICAS DE DFC.

ANEXO 21: CONSTANCIA DE EXAMEN

ANEXO 22: TESIS “EVALUACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL DE DESALINIZACIÓN SOLAR MEDIANTE NANO FILTRACIÓN PARA APLICACIONES DE RIEGO AGRÍCOLA”

ANEXO 23: TESIS DESARROLLO Y CONSTRUCCION DE UNA UNIDAD DE DESALINIZACION SOLAR MEDIANTE NANO FILTRACION SOLAR PARA CULTIVO DE FORRAJE BAJO INVERNADERO”

ANEXO 24: COMPROBANTE DE PROCESO DE TITULACIÓN

ANEXO 25: COMPROBANTE DE PROCESO DE TITULACIÓN

Anexo 26: INFORME_APOYO A TESIS (LICENCIATURA E1)

Anexo 27: INFORME _APOYO A TESIS (LICENCIATURA E2)

Anexo 28: INFORME_APOYO A TESIS (MESTRIA)