



Opciones de financiamiento para hacer sostenibles las inversiones realizadas

México



Financiado por



fondo para el medio ambiente mundial
INVERTIR EN NUESTRO PLANETA

Co-implementado por



Co-ejecutado por



OEA Más derechos para más gente

El desarrollo de las opciones de financiamiento para hacer sostenibles las inversiones realizadas fue liderado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) del Gobierno de México y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) bajo el Proyecto GEF CReW+.

El GEF CReW+ es un proyecto de asociación financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) que está siendo implementado conjuntamente por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 18 países de la Región del Gran Caribe (RGC).

Este proyecto se basa en su anterior fase exitosa del proyecto “El Fondo Regional del Caribe para la Gestión de Aguas Residuales (CReW)” (2011-2017). CReW+ está siendo ejecutado por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, la Organización de los Estados Americanos (OEA) y la Secretaría del Convenio de Cartagena (CAR/RCU) en nombre del BID y el PNUMA, respectivamente.

Los 18 países participantes en el CReW+ (Barbados, Belice, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Grenada, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Saint Kitts and Nevis, Saint Lucia, St. Vincent and the Grenadines, Surinam, Trinidad y Tobago) varían geográficamente, desde grandes países continentales hasta pequeños estados insulares con contextos políticos, lingüísticos y culturales significativamente diferentes.

Sobre el GEF: el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) ha proveído de \$22 millones en donaciones y blended finance y ha movilizado cerca de \$120 billones en cofinanciamiento en más de 5200 proyectos y programas. El GEF es el fondo fiduciario más grande enfocado en permitir a países en desarrollo invertir en la naturaleza y apoya la implementación de convenios internacionales en biodiversidad, cambio climático, químicos y desertificación. Reúne 184 gobiernos, adicionalmente sociedad civil, organizaciones internacionales, sector privado y aliados.

Publicado por:	<i>Proyecto GEF CReW+ Implementando soluciones para la gestión integrada del agua y las aguas residuales para un Caribe limpio y saludable</i>
Autores:	<i>Deloitte Asesoría Financiera S.C.</i>
Diseño:	<i>Proyecto GEF CReW+</i>
Fecha:	<i>Septiembre 2022</i>
Encargado por:	<i>Grupo de Coordinación Inter-Agencial (IACG por sus siglas en Ingles)</i>

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los/as autores/as y no necesariamente reflejan los puntos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Secretaría del Convenio de Cartagena (CAR/RCU), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, la Organización de los Estados Americanos (OEA) o los países que representan.

El uso comercial no autorizado de los documentos está prohibido y puede ser sancionado según las políticas de las agencias y/o las leyes aplicables.

www.gefcrew.org

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Tablas	5
Índice de Figuras.....	7
Listado de Acrónimos y Definiciones	8
Resumen ejecutivo	10
Objetivo del Proyecto	12
Antecedentes.....	12
Componente A - Ecotecnias.....	13
Componente B - Plantas de Tratamiento.....	18
Análisis del componente A - Ecotecnias	26
Introducción	26
Comunidades beneficiadas	27
Análisis de la infraestructura.....	28
Sistemas de Captación de Agua de Lluvia	28
Cisternas.....	32
Sanitarios Ecológicos.....	34
Humedales Artificiales.....	36
Filtros Purificadores de Agua.....	38
Resumen de las Ecotecnias	40
Mapeo e involucramiento de actores.....	48
Presupuesto de Proyecto piloto	59
Fuentes y Mecanismos de financiamiento.....	61
Descripción	61
Análisis de viabilidad	62
Esquema de financiamiento	63
Conclusiones.....	69
Análisis del componente B - Plantas de Tratamiento	71
Introducción	71

Requerimientos para el cumplimiento de la NOM-001.....	74
Principales operadores.....	76
Localización y capacidades de las plantas de tratamiento	77
Análisis de la infraestructura	80
Base financiera de los Organismos Operadores	82
Diferencia entre las plantas de tratamiento en Quintana Roo	83
Opciones de financiamiento para PTARs	90
Factibilidad de la implementación.....	96
Mapeo e involucramiento de actores.....	101
Presupuesto de Proyecto piloto	108
Fuentes y Mecanismos de financiamiento.....	113
Descripción	114
Análisis de viabilidad	115
Esquema de financiamiento	118
Conclusiones.....	121
Anexos	127
Entrevistas	127
Componente A.....	127
Componente B.....	130
Metodología del mapeo de actores clave y el plan de involucramiento del componente A y B.....	133
Metodología para la selección de mecanismo de financiamiento.....	134
Creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua.....	140
Donatarias autorizadas	143
Externalidad - Contaminación de Agua.....	145
Capacitaciones	146
Bibliografía	147

Índice de Tablas

Tabla 1 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente A.....	16
Tabla 2 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente B.....	19
Tabla 3 Vida útil y frecuencia de mantenimiento de las Ecotecnias.....	41
Tabla 4 Montos de inversión y O&M de las Ecotecnias a nivel vivienda de 4 habitantes	42
Tabla 5 Montos de inversión y O&M de las Ecotecnias a nivel comunidad o grupos de 10 viviendas.....	43
Tabla 6 Inversión unitaria por habitante beneficiado, MXN/habitante	43
Tabla 7 Inversión por localidad beneficiada.....	44
Tabla 8 Presupuesto contingente por Ecotecnia a nivel vivienda y comunidad.....	45
Tabla 9 Retos y Oportunidades para la implementación de ecotecnologías.....	46
Tabla 10 Principales factores y elementos de éxito en la implementación de Ecotecnologías	48
Tabla 11 Actores del Componente A del proyecto.....	50
Tabla 12 Actores del Componente A y B del proyecto	52
Tabla 13 Categorización de actores según nivel de importancia Componente A	55
Tabla 14 Plan de Involucramiento de Actores Componente A	57
Tabla 15 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente A.....	59
Tabla 16 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto estimado por el equipo consultor	60
Tabla 17. Ejemplo de hoteles y resorts con objetivos alineados con el proyecto piloto	65
Tabla 18 Esquema de implementación para ejemplo donante RIU Cancún	66
Tabla 19 Ejemplo de posible Bono para Ecotecnias en Qroo con Aguakan.....	68
Tabla 20 Actualizaciones en la NOM-001-SEMARNAT	76
Tabla 21 PTARs con capacidad mayor a 100 l/s en Quintana Roo.....	77
Tabla 22 Listado de PTARs de más de 100 l/s en Quintana Roo.....	79
Tabla 23 Características principales PTARs	80
Tabla 24 Tarifas por venta de agua tratada a carro tanque	82
Tabla 25 Tarifas por venta de agua tratada	83
Tabla 26 Monto de la inversión estimada en el Plan de Acción.....	83
Tabla 27 Costo actual de O & M de las PTARs	85
Tabla 28 Costo actual de O & M de las PTARs por operador	87
Tabla 29 Mecanismo de generación de ingresos por operador.....	89
Tabla 30 Consumo actual de energía eléctrica e indicadores.....	90
Tabla 31 Estimación de la energía generada en un sistema de cogeneración.....	92

Tabla 32 Comparativo de la energía eléctrica con respecto a la energía a producir en el sistema de cogeneración.....	93
Tabla 33 Costo e ingreso por la venta de agua tratada producida en un módulo con capacidad para 50 l.....	95
Tabla 34 Factibilidad de la implementación de un Sistema de Cogeneración	96
Tabla 35 Factibilidad de la implementación del reúso de agua tratada	98
Tabla 36 Actores del Componente B del proyecto	102
Tabla 37 Categorización de actores según nivel de importancia Componente B.....	103
Tabla 38 Plan de Involucramiento de Actores Componente B.....	104
Tabla 39 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente B	110
Tabla 40 Distribución de la inversión por operador	112
Tabla 41 Conclusiones preliminares de la factibilidad de generación de energía eléctrica y reúso de agua trata.....	123
Tabla 42 Conclusiones fuentes y/o mecanismos seleccionados para el componente B	124
Tabla 43 Metodología del mapeo de actores clave y el plan de involucramiento.....	133
Tabla 44 Criterios de la metodología para la selección del mecanismo de financiamiento	137
Tabla 45 Ventajas de contar con la autorización para recibir donativos deducibles del impuesto sobre la renta.....	144

Índice de Figuras

Figura 1 Mecanismos de financiamiento seleccionados	11
Figura 2 Esquema de implementación programa de adopción	18
Figura 3 Esquema de implementación Inversión de Impacto.....	21
Figura 4 Esquema de implementación Blended Finance	22
Figura 5 Esquema de implementación Bono Temático.....	24
Figura 6 Mapa de las comunidades beneficiadas proyecto CReW+, Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.....	28
Figura 7 Precipitación normal mensual, Señor, Felipe Carrillo Puerto (Periodo 1951-2010).....	30
Figura 8 Mapeo de mecanismos de financiamiento.....	61
Figura 9 Comparación tarifa doméstica Quintana Roo y tarifas del proyecto piloto	63
Figura 10 Esquema de implementación programa de adopción	64
Figura 11 Evolución de las inversiones públicas como porcentaje del PIB, (%).	72
Figura 12 Evolución de las inversiones públicas en miles de millones de dólares, (\$USD)	73
Figura 13 Presupuesto de egresos de la CONAGUA, en miles de millones de pesos, (\$MXN).....	73
Figura 14 Evolución de las inversiones públicas en agua por rubro, en miles de millones de pesos, (\$MXN).....	73
Figura 15 Ubicación de PTARS zona sur, centro y norte de Q. Roo.....	78
Figura 16 Distribución de costos por operador	87
Figura 17 Distribución de costos de O&M por operador.....	87
Figura 18 Costo unitario, \$/m ³ por operador	88
Figura 19 Costo unitario, \$/m ³ por PTARs	88
Figura 20 Ingresos versus costo O&M de las PTARs.....	89
Figura 21 Distribución de la inversión por componentes	112
Figura 22 Distribución de la inversión por operador.....	113
Figura 23 Esquema de implementación Inversión de Impacto.....	118
Figura 24 Esquema de implementación Blended Finance.....	119
Figura 25 Esquema de implementación Bono Temático.....	121
Figura 26 Metodología para la selección del mecanismo de financiamiento	135
Figura 27 Universo de mecanismos de financiamiento	136
Figura 28 Mecanismos graficados por nivel de innovación y nivel de factibilidad	139
Figura 29 Comparación tarifaria basada en un consumo de 15m ³ , USD	141
Figura 30 Comparativo del cobro promedio por tipo de usuario.....	141
Figura 31 Representación porcentual del pago de un recibo de agua.....	142

Listado de Acrónimos y Definiciones

Acrónimos

- + AHRM: Asociación de Hotel de la Riviera Maya
- + ANEAS: Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento de México
- + ASK: Amigos de Sian Ka'an
- + ASG: Ambiental Social y Gobernanza
- + BID: Banco Interamericano de Desarrollo
- + BMZ: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania
- + CAPA: Comisión de Agua Potable y Alcantarillado
- + CAWS: Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento de Canadá
- + CCPY: Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán
- + CEMAER: Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables
- + CLPI: Consentimiento Libre, Previo e Informado
- + CONAFE: Consejo Nacional de Fomento Educativo
- + CONAGUA: Comisión Nacional del Agua
- + CRE: Comisión Reguladora de Energía
- + CENACE: Centro Nacional de Control de Energía
- + CONEVAL: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
- + CFE: Comisión Federal de Electricidad
- + CReW: Fondo Regional del Caribe para la Gestión de Aguas Residuales
- + DOF: Diario Oficial de la Federación
- + DQO: Demanda Química de Oxígeno
- + DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
- + EFGHC: Estrategia de Fortalecimiento a la Gobernanza Hídrica Comunitaria
- + EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)
- + FISE: Fondo de Infraestructura Social para las Entidades
- + FVC: Fondo Verde para el Clima
- + GDMTH: Gran demanda en media tensión horaria
- + GEF: Global Environmental Facility (Fondo Mundial para el Medio Ambiente)
- + GIZ: Agencia de Cooperación Alemana
- + IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- + INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- + INPI: Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas
- + kW: Kilovatio
- + LFD: Ley Federal de Derechos
- + LAPA: Ley de Agua Potable y Alcantarillado
- + LCYT: Ley de cuotas y tarifas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el Estado de Quintana Roo
- + l/s: Litros por segundo

- + MDD: Millones de Dólares
- + MDP: Millones de Pesos
- + MXN: Pesos mexicanos
- + O&M: Operación y Mantenimiento
- + ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
- + OEA: Organización de los Estados Americanos
- + OECD: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
- + PAC: Programa Ambiental del Caribe
- + PCA: Programa de Capacitación para el Acompañamiento
- + PGC: Propuesta de Gestión Comunitaria
- + PFC: Programa de Fortalecimiento de Capacidades
- + PFS: Pay for Success / Pago por Éxito
- + PGAS: Plan de Gestión Ambiental y Social
- + PIAC: Plan de Involucramiento de Actores Clave
- + PIB: Producto Interno Bruto
- + PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
- + PTAR(s): Planta(s) de Tratamiento de Agua Residual
- + SAM: Sistema Arrecifal Mesoamericano
- + SEDESO: Secretaría de Desarrollo Social
- + SEFIPLAN: Secretaría de Finanzas y Planeación
- + SCALL: Sistema de Captación de Agua de Lluvia
- + SSB: Suministrador de Servicios Básicos
- + SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- + SIB: Social Impact Bonds / Bonos de Impacto Social
- + SPE: Sociedad de Propósito Específico
- + OMS: Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés)
- + ONU: Organización de las Naciones Unidas

Definiciones

- + Componente A: se refiere a la propuesta de sostenibilidad de las Ecotecnias, las cuales proveerán servicios de agua y saneamiento en las localidades beneficiadas.
- + Componente B: se refiere a la propuesta de fuentes y mecanismos de financiamiento que permitan la sostenibilidad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Quintana Roo, México.
- + Ecotecnias: son instrumentos desarrollados para aprovechar eficientemente los recursos naturales y materiales, permitiendo la elaboración de productos y servicios, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y materiales diversos para la vida diaria.
- + Sostenibilidad financiera: se refiere a la paulatina suficiencia de recursos económicos, humanos y técnicos para alcanzar el adecuado manejo.

Resumen ejecutivo

Se estima que entre el 70 y el 80% de las aguas residuales domésticas se vierten al medio ambiente parcialmente tratadas o sin tratar. La poca rigidez de los marcos normativos y legislativos, así como la falta de recursos financieros para permitir niveles adecuados de tratamiento, agravan aún más el problema. Esto provoca una grave contaminación de las aguas subterráneas, los suelos, las cuencas hidrográficas y, en última instancia, el mar, lo que genera importantes impactos ambientales, económicos y sociales.

El Proyecto GEF CReW+ valora el agua como un recurso precioso y aplica el concepto de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Aguas Residuales basado en las cuatro R del enfoque de economía circular: Reducir, Reutilizar, Reciclar y Recuperar. El proyecto trata las aguas residuales no como desechos, sino como un recurso valioso con potencial de reutilización en la agricultura, las industrias y otros sectores comerciales.

El tratamiento seguro de las aguas residuales apoya los esfuerzos regionales para el desarrollo sostenible al reducir la contaminación, salvaguardar la biodiversidad marina y proteger la salud humana. Por lo tanto, GEF CReW+ contribuye directamente al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3, 6, 11, 13, 14 y 15.

A través del proyecto, GEF CReW+ con ámbito de influencia en estado de Quintana Roo, se busca contribuir a la mejorar la situación sanitaria de las comunidades rurales y periurbanas. El enfoque del proyecto GEF CREW+ en México se basa en 3 componentes: (1) Reformas institucionales, normativas, legislativas y regulatorias para la gestión integrada del agua y aguas residuales (2) Opciones de financiamiento sostenibles y a medida para la gestión integrada de aguas residuales urbana, periurbana y rural (3) Provisión de soluciones innovadoras a pequeña escala, locales, rurales, periurbanas y comunitarias para gestión integral de las aguas residuales.

El alcance de la presente consultoría se enfoca en el componente número dos (2) cuyo objetivo es identificar opciones y mecanismos de financiamiento para la operación sostenible de los sistemas de agua y saneamiento administrados por comunidades rurales Ecotecnias (componente A), así como para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) en Quintana Roo mayores a 100 l/s (Componente B).

El componente A busca identificar opciones y mecanismos de financiamiento para la operación sostenible de las Ecotecnias en tres comunidades rurales en el estado de Quintana Roo, incluyendo: sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL), cisternas, sanitarios ecológicos, humedales artificiales y filtros purificadores de agua. Las tres comunidades se encuentran en el municipio de Felipe Carrillo Puerto dentro del estado

de Quintana Roo. Estas tres comunidades son (i) San Antonio Segundo (ii) Yodzonot Nuevo y (iii) Yaxley.

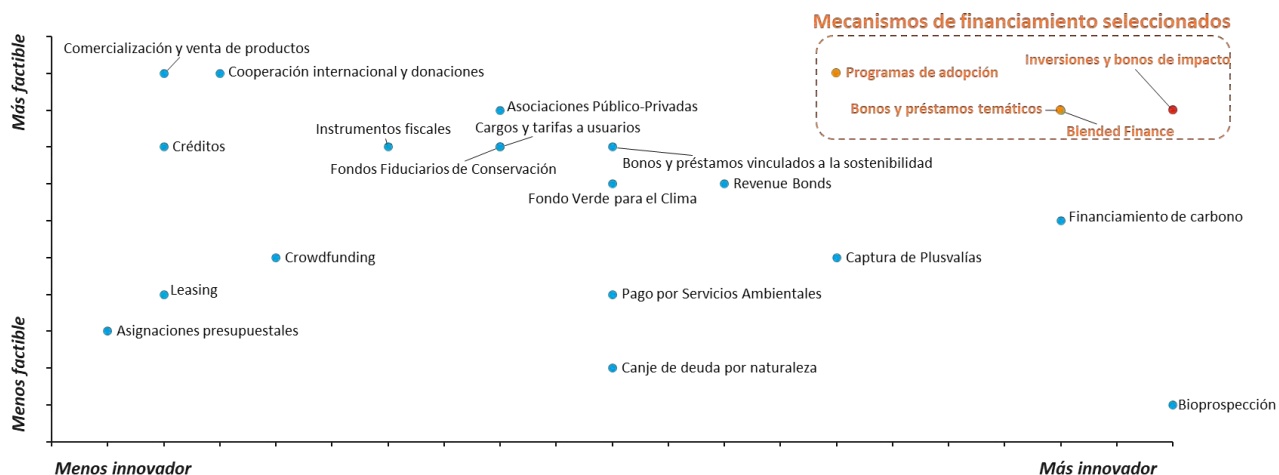
La propuesta de proyecto piloto para la instalación de Ecotecnias considera un total de 34 sistemas y una inversión total de ~2.6 millones de pesos con costos de operación y mantenimiento de ~27 mil pesos anuales, considerando un costo de ~783 mil de pesos por concepto de asistencia técnica por parte de ASK y un presupuesto contingente por posibles fallas en la Ecotecnias de ~345 mil de pesos.

El componente B busca identificar opciones y mecanismos de financiamiento para las 12 PTARs mayores a 100 l/s identificadas en el estado de Quintana Roo mediante un diagnóstico del estado físico y operativo, así como de las acciones necesarias que permitan que estas PTARs cumplan con los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a suelo cárstico.

La propuesta de proyecto piloto para llevar a cabo las acciones necesarias que permitirán que las PTARs cumplan con los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-2021 considera una inversión de ~1,474 millones de pesos con costos de operación y mantenimiento de ~138 millones de pesos anuales para el cumplimiento con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021.

Para el desarrollo de estos proyectos, se analizaron 22 mecanismos de financiamiento de los cuales se priorizaron cuatro que contribuyen a la sostenibilidad financiera de los componentes A y B: (i) Inversión de impacto (ii) Blended Finance, (iii) Bonos temáticos y (iv) Programas de Adopción. Es importante señalar que dado el nivel de inversión requerida para los proyectos del componente A (Proyecto piloto), el mecanismo (iv) es aplicable únicamente a dicho componente.

Figura 1 Mecanismos de financiamiento seleccionados



Fuente: Elaboración propia

Estos mecanismos permiten la movilización de diferentes tipos de inversionistas desde los inversionistas tradicionales que buscan la maximización de rendimientos tomando en cuenta el riesgo de la inversión hasta los inversionistas filantrópicos que buscan generar impacto social o ambiental, y acepta rendimientos financieros por debajo del mercado financiero o sin expectativa de rendimientos financieros.

Objetivo del Proyecto

El objetivo general del proyecto es contar con una propuesta de mecanismos de financiamiento innovadores para la sostenibilidad financiera de Ecotecnias (Componente A) y Plantas de Tratamiento de Agua Residual (Componente B) del proyecto CReW+ que puedan ser desarrollados y aplicados en el estado de Quintana Roo.

- El componente A: se refiere a la propuesta de sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento en las localidades beneficiadas (Ecotecnias).
- El componente B: se refiere a la propuesta de fuentes y mecanismos de financiamiento que permitan la sostenibilidad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) en Quintana Roo, México.

Adicionalmente el proyecto se compone de los siguientes objetivos específicos:

- Contar con un mapeo de la infraestructura con sus mecanismos de gestión (comunitario-voluntario, profesional-privado, municipal, etc.) en Quintana Roo.
- Contar con un análisis detallado de las fuentes y mecanismos de financiamiento para la gestión integrada del recurso hídrico en áreas periurbanas y rural disponibles a comunidades, municipalidades y empresas en Quintana Roo.
- Contar con mecanismos y opciones de financiamiento y arreglos institucionales factibles y viables de implementación para hacer sostenibles las acciones que financia el proyecto CReW+ en Quintana Roo, que han desarrollado y discutido a nivel nacional y local.

Antecedentes

En el 2016, el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) como donante líder y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ) como entidad implementadora lanzaron Sanitation for Millions.

Sanitation for Millions tiene como objetivo proveer acceso adecuado y equitativo al saneamiento. Esta iniciativa busca soluciones sostenibles considerando la cadena de

saneamiento y aplicando criterios para asegurar resultados a largo plazo y que sean económicamente viables y socialmente aceptables sin dejar a ninguna persona atrás.

El programa es apoyado por el BMZ como donante principal y cofinanciado por la Fundación Bill & Melinda Gates, el fondo de solidaridad británico Water Unite, el Ministerio de Asuntos Exteriores y Comercio de Hungría y desde 2020 por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La cooperación con el BID se desarrolla en el ámbito del Proyecto GEF CReW+, “ Enfoque integrado para el manejo del agua y de las aguas residuales usando soluciones innovadoras y promoviendo mecanismos de financiamiento en la Región del Caribe” .

El proyecto GEF CReW+ tiene como objetivo implementar soluciones a pequeña escala para mejorar la gestión del agua, el manejo, la réplica y amplificación de las aguas residuales reduciendo el impacto negativo de estas al no ser tratadas, en el medio ambiente y en las personas de la Región del Gran Caribe, incluido México.

El proyecto GEF CReW+ implementa soluciones a pequeña escala para la gestión mejorada del agua y las aguas residuales que se puedan ampliar y replicar. Uno de sus objetivos es reducir el impacto negativo de las aguas residuales no tratadas en el medio ambiente y en las personas de la Región del Gran Caribe.

En México se implementan 3 componentes, (1) Reformas institucionales, normativas, legislativas y regulatorias para la gestión integrada del agua y aguas residuales, (2) Opciones de financiamiento sostenibles y a medida para la gestión integrada de aguas residuales urbana, periurbana y rural, y (3) Provisión de soluciones innovadoras a pequeña escala, locales, rurales, periurbanas y comunitarias para IWWM.

Componente A - Ecotecnias

Acorde con la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, las Ecotecnias son instrumentos desarrollados para aprovechar eficientemente los recursos naturales y materiales, permitiendo la elaboración de productos y servicios, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y materiales diversos para la vida diaria¹.

En esta sección se hace una breve descripción de las Ecotecnias que serán consideradas para su implementación en las tres comunidades beneficiarias del proyecto GEF CReW+, entre las cuales podemos mencionar: (i) Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

¹ Guía práctica para comunidades Indígenas, Ecotecnias. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

(SCALL), (ii) Cisternas, (iii) Sanitarios Ecológicos, (iv) Humedales Artificiales y (v) Filtros Purificadores.

i. Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

La captación de agua de lluvia permite abastecer de agua potable a zonas rurales que no pueden ser atendidas por los medios convencionales de suministro, asimismo, en los sitios en los que sí hay cobertura de suministro, proporciona a las viviendas una fuente de agua adicional a su fuente principal (agua subterránea o suministro municipal).

La captación de agua de lluvia puede realizarse mediante sistemas pasivos o activos, esto depende de las capacidades y posibilidades del usuario o comunidad, así como del destino que se le pretenda dar al agua captada.

ii. Cisternas

Las cisternas son dispositivos típicamente subterráneos para el almacenamiento de agua, las cuales permiten contar con cierto volumen disponible para eventos en los que no haya suministro de agua por medio de alguna otra fuente.

Las cisternas pueden encontrarse conectadas al sistema de abastecimiento principal, el cual en áreas urbanas generalmente es el sistema municipal, y permiten contar con agua almacenada en caso de que haya cortes o suspensión en el suministro; en otros casos, cuando no se cuenta con abastecimiento municipal, las cisternas suelen ser llenadas por medio de pipas o mediante la captación de agua de lluvia.

iii. Sanitarios Ecológicos

Los sanitarios ecológicos son una opción para las localidades que carecen de sistema de alcantarillado y saneamiento, su objetivo es el manejo, tratamiento y disposición de las excretas humanas de manera segura para evitar la generación de enfermedades. Existen varios tipos de sanitarios ecológicos, entre ellos están los inodoros de compostaje, inodoros secos, inodoros de incineración y los húmedos acoplados a un biodigestor.

iv. Humedales Artificiales

Los humedales artificiales son sistemas construidos que replican los procesos de depuración de contaminantes que ocurren en los humedales naturales. Comúnmente se utilizan como sistemas de tratamiento de agua residual a nivel doméstico o comunitario.

v. Filtros purificadores

En el tratamiento del agua para consumo se utilizan diversos procesos de filtración, incluida la filtración granular, la filtración lenta en arena, la filtración de precapa y la filtración de membrana (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa). Bien diseñada y funcionando correctamente, la filtración puede actuar como barrera permanente y eficaz contra microbios patógenos².

² (WHO, 2017)

La filtración es el proceso por el cual se separa la materia suspendida, mediante el paso del agua a través de una capa porosa que retiene las partículas en suspensión³, típicamente está precedido por procesos fisicoquímicos de coagulación-floculación.

La consultoría tiene como objetivo elaborar una propuesta de sostenibilidad financiera de los servicios de agua y saneamiento en las localidades beneficiadas por el proyecto CReW+. Las localidades beneficiadas contarán con las Ecotecnias mencionadas anteriormente.

Montos de inversión - Operación y mantenimiento

Como parte del trabajo se elaboró un análisis de los montos de inversión, operación y mantenimiento de cada una de las Ecotecnias a nivel vivienda y a nivel comunitario, adicionalmente la GIZ proporcionó un determinado número de Ecotecnias y montos necesarios para su construcción y mantenimiento que fueron utilizados para el diseño de la propuesta de mecanismo de financiamiento.

Como se mencionó anteriormente, el componente A (Ecotecnias) beneficiará a tres comunidades localizadas en el municipio de Felipe Carrillo Puerto en el estado de Quintana Roo. Estas tres comunidades son:

1. Yodzonot Nuevo
2. San Antonio Segundo
3. Yaxley

Acorde al último censo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)⁴ la población y viviendas habitadas en cada una de las localidades es las siguiente:

- Yodzonot Nuevo, 92 habitantes en 20 viviendas
- San Antonio Segundo, 21 habitantes en 9 viviendas
- Yaxley, 629 habitantes en 160 viviendas

Dado lo anterior, la propuesta de proyecto piloto beneficiará aproximadamente a 742 personas considerando un total de 189 viviendas, teniendo en cuenta un total de 34 sistemas y una inversión total de ~2.6 millones de pesos con costos de operación y mantenimiento de ~27 mil pesos anuales, considerando un costo de ~783 mil de pesos por concepto de asistencia técnica por parte de ASK y un presupuesto contingente por posibles fallas en la Ecotecnias de ~345 mil de pesos tal como se puede ver en la siguiente tabla:

³ (MWH, 2005).

⁴ (INEGI, 2020)

Tabla 1 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente A

Localidad	Nivel	Ecotecnias						Total
		SCALL	Cisterna	Sanitario Ecológico	Rehabilitación Sanitario ²	Humedal	Filtro Purificador	
1	Comunitario (20)	1	1	-	1	-	1	4
2	Vivienda (9)	-	-	-	8	8	8	24
3	Comunitario (160)	1	1	2	-	1	1	6
Total # de Ecotecnias		2	2	2	9	9	10	34
Costo unitario (v) CAPEX					\$36,546	\$119,177	\$4,000	
Costo unitario (c) CAPEX		\$18,283	\$127,713	\$138,362	\$60,025	\$676,620	\$20,000	
CAPEX total		\$36,566	\$255,427	\$276,723	\$352,391	\$1,630,039	\$72,000	\$2,623,146
Costo unitario (v) O&M		\$350	\$350	\$500	NA	\$250	\$700	
Costo unitario (c) O&M		\$1,500	\$1,500	\$2,500	NA	\$3,000	\$3,000	
OPEX total		\$3,000	\$3,000	\$5,000	NA	\$5,000	\$11,600	\$27,600
Costo asistencia técnica ASK (v)		\$3,052	\$20,902	\$21,360	NA	\$22,885	\$611	
Costo asistencia técnica ASK (c)		\$19,376	\$134,563	\$88,641	NA	\$103,287	\$3,052	
Costo total asistencia técnica ASK¹		\$38,752	\$269,126	\$177,282	NA	\$286,367	\$10,992	\$782,519
Costo contingente**		\$3,657	\$25,543	\$27,672	NA	\$277,107	\$10,800	\$344,778

Fuente: Elaboración con información proporcionada por la GIZ

(v): Vivienda

(c): Comunidad

Nota: ¹Se considera un 15% de sobre costo por concepto de asistencia técnica operativa de ASK.

²Se considera un sobre costo para eventos contingentes de 10% para SCALL, Cisternas y Sanitario Ecológico, 15% para Filtros purificadores y 17% para Humedales Artificiales.

Esquema de financiamiento

Como se describió anteriormente, las Ecotecnias juegan un papel fundamental en el desarrollo de las comunidades beneficiadas. De ahí la importancia de trabajar en el fortalecimiento de las capacidades técnicas, operativas y financieras, con miras hacia la correcta ejecución en su gestión.

En cuanto a la sostenibilidad financiera, las Ecotecnias y sobre todo las comunidades precisan contar con recursos técnicos y/o financieros suficientes, estables, diversificados y oportunos que les permitan consolidar las actividades de operación y mantenimiento de sus sistemas. Actualmente las Ecotecnias que han sido instaladas se han construido a través de donaciones por parte de la Fundación Gonzalo Río Arronte y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOC) a través del Fondo de Infraestructura Social

para las Entidades (FISE).

Uno de los objetivos de estos proyectos es que la comunidad, además de conocer el funcionamiento de las Ecotecnias, se apropie de estas con el objetivo de operarlas y mantenerlas en óptimas condiciones.

El esquema de financiamiento seleccionado para el desarrollo de las Ecotecnias en las comunidades de Yodzonot Nuevo, San Antonio Segundo y Yaxley es el siguiente:

Esquema de Programa de adopción

Consiste en un contrato de donación orientado principalmente a la participación del sector privado cuyo objetivo es conseguir recursos para la gestión de los proyectos que se adopten, a cambio del reconocimiento en la contribución a los fines de conservación del ecosistema.

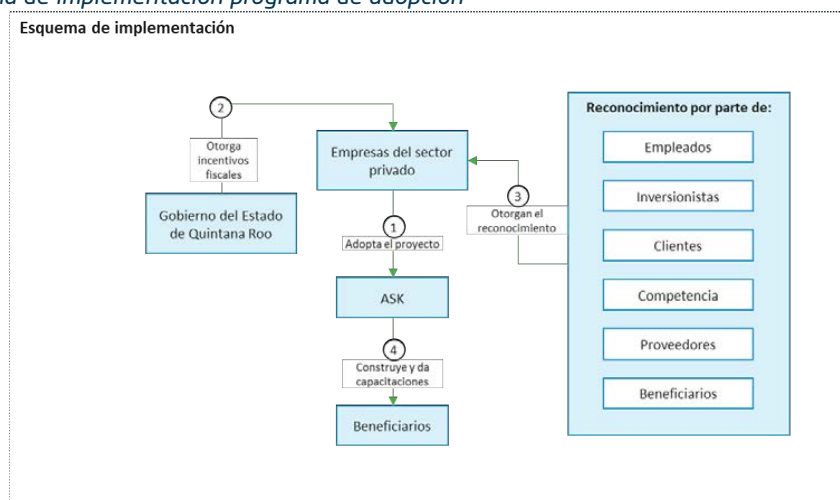
Pueden ser aportes en especie o efectivo, periódicos y programados. De igual forma, podrían combinarse con incentivos fiscales a fin de alentar la participación de las empresas.

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes cuatro pasos:

1. Empresas del sector privado "adoptan" el proyecto, haciéndose cargo del costo de inversión y operación.
2. El Gobierno a su vez proporciona incentivos fiscales, como una reducción sobre el impuesto sobre la renta (ISR).
3. Los diferentes actores involucrados con la empresa otorgan el reconocimiento a las empresas que participen en el Proyecto.
4. ASK construye las Ecotecnias e imparte capacitaciones para que los beneficiarios operen y mantengan la infraestructura.

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 2 Esquema de implementación programa de adopción



Fuente: Elaboración propia

Componente B - Plantas de Tratamiento

Las aguas residuales no tratadas siguen siendo una de las principales amenazas para la salud pública, la rica biodiversidad de cualquier región y su desarrollo a largo plazo. En Quintana Roo, el cuerpo receptor de las aguas residuales es el acuífero, el cual conecta a todos los ecosistemas desde la selva hasta el arrecife. Las aguas residuales mal tratadas tienen como consecuencias la destrucción de la biodiversidad y los ecosistemas, la contaminación de la cadena alimentaria, la escasez de agua potable, enfermedades y un impacto negativo en las actividades turísticas y recreativas.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Esta Norma actualiza la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, renovando aspectos técnicos, así mismo esta nueva actualización también reconoce la existencia del tipo de suelo cárstico que hay en la Península lo cual genera una amplia permeabilidad del suelo.

La actualización de la NOM-001-SEMARNAT-2021 implica que las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTARs) tendrán que hacer ajustes y/o modificaciones en sus procesos para poder dar cumplimiento a los requerimientos de la norma. Lo anterior representa un reto para los operadores de los sistemas de agua debido a que se requiere una inversión en modernización de infraestructura y capacitación del personal.

En este componente se busca elaborar una propuesta de fuentes y mecanismos de financiamiento que permitan la sostenibilidad de las PTARs de 100 l/s o más en

Quintana Roo. Lo anterior con el propósito de implementar las modificaciones necesarias en las PTARs para que cumplan con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 y con ello poder mitigar el rezago presupuestal en la infraestructura hidráulica y contribuir a la preservación de los ecosistemas que se ven afectados por las aguas residuales.

Montos de inversión - Operación y mantenimiento

Como se comentó anteriormente, la propuesta de mecanismos de financiamiento tomó en consideración las PTARs con capacidad mayor a 100 l/s en el estado de Quintana Roo cuyo caudal medio tratado es de 1,916 l/s. La inversión necesaria de capital para el cumplimiento con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 es de ~1,474 millones de pesos con costos de operación y mantenimiento de ~138 millones de pesos anuales.

Tabla 2 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente B

Operador	Localidad	Nombre de la planta	Caudal medio l/s	Requerimiento de inversión	CAPEX estimado modernización NOM-001	Costo O&M, \$/año
AGUAKAN	Cancún	Norte	292	Medio	\$70,275.63	\$22,272,716
AGUAKAN	Cancún	Norponiente I	199	Bajo	\$7,797.48	\$18,507,780
AGUAKAN	Cancún	Norponiente II	200	Alto	\$197,426.32	\$0
AGUAKAN	Cancún	Caribe 2000	132	Alto	\$219,398.24	\$16,270,840
AGUAKAN	Cancún	Polígono Sur	134	Bajo	\$94,281.62	\$13,042,397
FONATUR	Cancún	Pok Ta Pok	200	Medio	\$194,936.95	\$10,987,721
FONATUR	Cancún	Gukumatz	150	Medio	\$101,641.77	\$9,941,271
FONATUR	Cancún	El Rey	70	Medio	\$151,752.10	\$5,232,248
AGUAKAN	Playa del Carmen	Saas Tun Há	234	Medio	\$100,313.99	\$21,416,944
Desarrollador	Playa del Carmen	Playacar	80	Bajo	\$37,116.82	\$0
CAPA	Cozumel	San Miguelito	120	Medio	\$129,972.84	\$6,550,000
CAPA	Tulum	Bicentenario	55	Medio	\$93,192.41	\$4,500,000
CAPA	Chetumal	Centenario	130	Medio	\$76,465.80	\$9,500,000
Total			1,916		\$1,474,571.96	\$138,221,917

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Esquemas de financiamiento

Como se describió anteriormente, las aguas residuales mal tratadas tienen como consecuencias la destrucción de la biodiversidad y los ecosistemas, la contaminación de

la cadena alimentaria, la escasez de agua potable, enfermedades y un impacto negativo en las actividades turísticas y recreativas. De allí, la importancia de una propuesta de financiamiento que permitan la sostenibilidad de las PTARs esto con el propósito de implementar las modificaciones necesarias para que estas cumplan con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 y se pueda contribuir a la preservación de los ecosistemas que se ven afectados por las aguas residuales.

Los esquemas de financiamiento seleccionados que permiten la sostenibilidad financiera de las PTARs y que también consideran las Ecotecnias en las tres comunidades del proyecto CReW+ son los siguientes:

Inversión de impacto

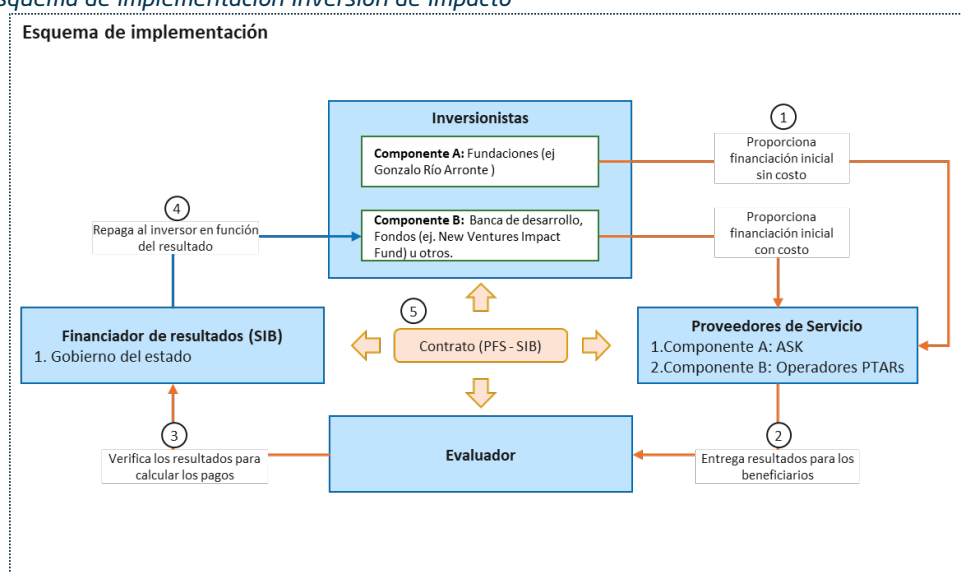
- Es un contrato de pago por resultados. Se refiere a una inversión realizada con la intención de generar impacto social y medioambiental a la vez que generar rendimiento financiero.
- Se suscriben 4 actores: inversionistas, prestadores de servicios, evaluador y el pagador de resultados.
- Es una inversión que buscan un retorno de capital como mínimo igual al invertido, pero que debe producir de manera intencionada, cuantificable y medible un impacto positivo.

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes cinco pasos:

1. Los inversionistas de impacto proporcionan financiación inicial a los proveedores de servicio. Podría darse un *mix* entre financiación a fondo perdido (sin costo) a través de una fundación y financiación con costo a través de un fondo de impacto.
2. Los proveedores de servicio entregan resultados a los beneficiarios.
3. El evaluador verifica los resultados para calcular los pagos que tendrá que hacer el financiador de resultados.
4. Al ser un Bono de Impacto Social (SIB, por sus siglas en inglés), el financiador de resultados es el gobierno del estado de Quintana Roo. El financiador de resultados repaga al inversor de impacto en función de los resultados obtenidos. El repago se realiza a través del nuevo concepto de cobro.
5. Todos los actores adquieren derechos y obligaciones a través de la suscripción de un contrato de pago por éxito (*pay-for-success*).

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 3 Esquema de implementación Inversión de Impacto



Fuente: Elaboración propia

Blended Finance

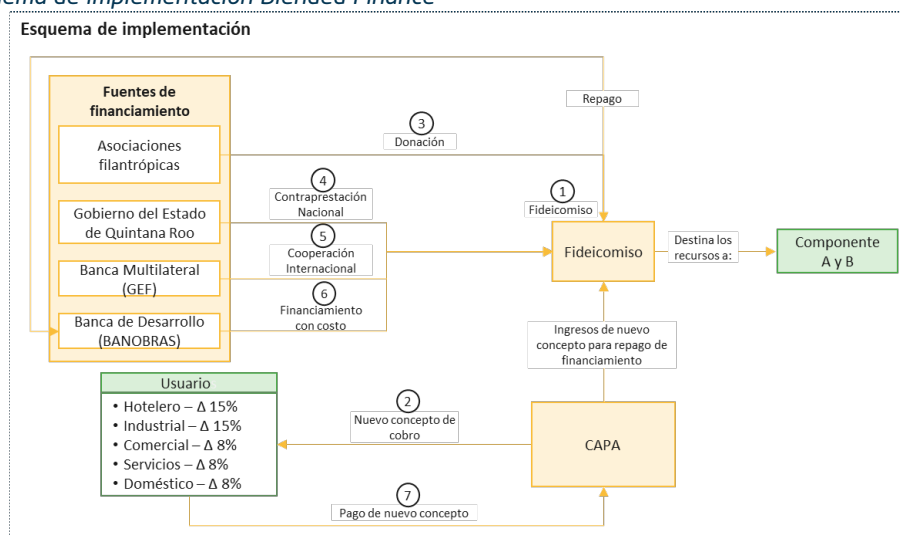
- Consiste en la suscripción de un fideicomiso que permite captar recursos a través de una combinación de distintos perfiles que buscan distinta rentabilidad-riesgo-impacto dentro de un mismo mecanismo.
- Es el uso de capital catalítico (un capital de inversión paciente, flexible y tolerante al Riesgo) de fuentes públicas o filantrópicas para aumentar la inversión del sector privado en el desarrollo sostenible.

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes siete pasos:

1. El Gobierno crea un fideicomiso para captar los recursos provenientes de las fuentes de financiamiento y los ingresos del nuevo concepto para el repago del financiamiento con costo.
2. La CAPA crea un nuevo concepto de cobro para asegurar la sostenibilidad de los proyectos del Componente A y B.
3. Se podría conseguir una donación por parte de asociaciones filantrópicas, que habilite al Gobierno a conseguir una Cooperación Internacional.
4. El Gobierno, a través de las donaciones consigue la Contraprestación Nacional solicitada por la Banca Multilateral y "desbloquea" la Cooperación.
5. La Banca Multilateral proporciona financiamiento a través de una Cooperación Internacional.
6. La Banca de Desarrollo proporciona financiamiento con costo.
7. Los usuarios de CAPA pagan sus recibos con el nuevo concepto de cobro y los ingresos se captan en el fideicomiso para el repago del financiamiento.

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 4 Esquema de implementación Blended Finance



Fuente: Elaboración propia

Bonos temáticos

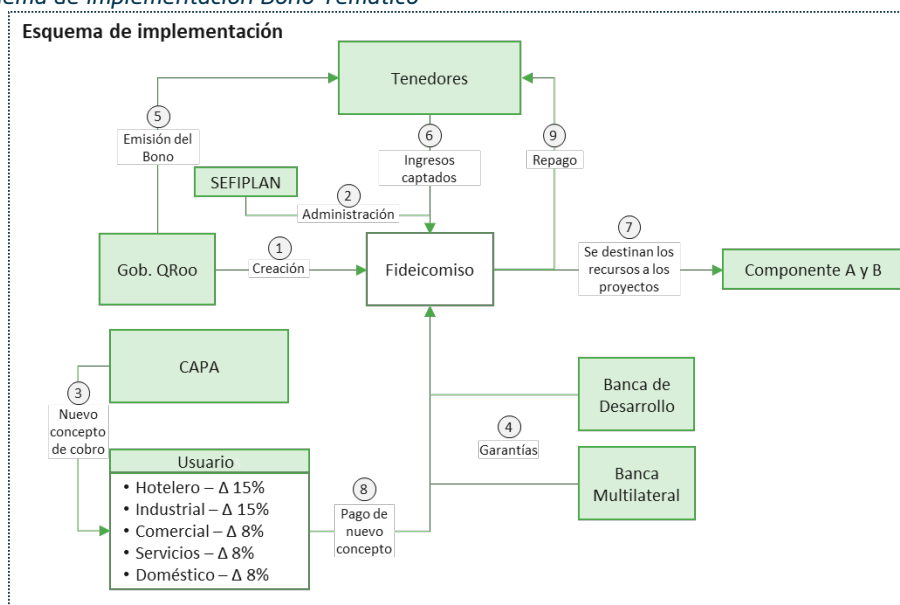
- Es un instrumento de deuda regulado y sujeto al mismo mercado de capitales y regulación financiera que otros valores de renta fija. Se le considera un bono temático en tanto se destinen los recursos de la colocación exclusivamente a proyectos verdes, sociales, sostenibles y vinculados a la sostenibilidad.
- Su objetivo es captar capital para proyectos nuevos o existentes con objetivo específico.

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes nueve pasos:

1. El Gobierno del Estado de Quintana Roo (Gob. Qroo) crea un fideicomiso para captar los recursos del nuevo concepto, las garantías y destinarlos al repago del bono.
2. La Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN) se encarga de administrar el fideicomiso.
3. La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) crea un nuevo concepto de cobro para asegurar la sostenibilidad de los proyectos del Componente A y B.
4. El Gob. Qroo consigue garantías de la banca de desarrollo y multilateral para asegurar el repago del bono en caso de posible incumplimiento.
5. El Gob. Qroo emite un bono temático y lo coloca en el mercado a través de una casa de bolsa o institución financiera.
6. Los inversionistas compran los bonos y los ingresos captados se depositan en el fideicomiso.
7. El fideicomiso destina los recursos al Componente A y B.
8. Los usuarios de CAPA pagan sus recibos con el nuevo concepto de cobro y los ingresos se captan en el fideicomiso.
9. El fideicomiso repaga a los tenedores.

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 5 Esquema de implementación Bono Temático



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, previo a la implementación de cualquiera de los tres mecanismos antes mencionados es necesario realizar las siguientes actividades con el fin de fortalecer el ecosistema de actuación.

1. Desarrollo y fortalecimiento de la normativa para la gestión y financiación de los recursos hídricos.
2. Revisar, rediseñar y definir la política financiera del estado de Quintana Roo
3. Establecer y diseñar instrumentos para la rendición de cuentas de las externalidades por contaminación de agua.
4. Actualizar los instrumentos y normativas de acuerdo con el contexto y prioridades.
5. Desarrollar y fortalecer mecanismos de comunicación entre los actores clave.
6. Promover y fortalecer espacios de diálogos con los actores que intervienen en la gestión hídrica y ambiental.
7. Fortalecer la relación y la cooperación entre los diferentes actores técnicos.
8. Desarrollar las bases para tener un sistema único de indicadores.
9. Fortalecer los programas relacionados a la sensibilización y la cultura del agua.
10. Impulsar el cálculo de las externalidades creadas por la contaminación de agua.
11. Mejorar la articulación de los beneficios multisectoriales de la gestión del recurso

hídrico.

12. Fortalecer la transparencia y la vigilancia social sobre las actuaciones que desempeñan los diferentes sectores en contaminación del agua.

Análisis del componente A - Ecotecnias

Este capítulo tiene como objetivo presentar la propuesta de sostenibilidad financiera de los servicios de agua y saneamiento en las localidades beneficiadas por el proyecto CReW+. Las localidades beneficiadas contarán con sistemas de captación de agua de lluvia, cisternas, sanitarios ecológicos, humedales artificiales y filtros purificadores de agua.

Introducción

En zonas rurales de México, sobre todo en donde habitan poblaciones indígenas, se vive en una preocupante carencia de agua potable. No hay fuentes de agua de fácil acceso debido a que muchas veces los accesos a las comunidades son complicados debido al aislamiento geográfico.⁵ Las comunidades rurales en Quintana Roo que viven en un estado de alta marginación se abastecen de agua en su mayoría de los pozos que se encuentran en sus localidades, esto debido al déficit de infraestructura hidráulica, por ejemplo, falta de conexión al drenaje o distribución de agua en algunos municipios.

Por esta razón en el año 2018 la Asociación Civil Amigos de Sian Ka'an (ASK) apoyado por el GEF CReW+, SAC-TUN y la Fundación Gonzalo Río Arronte implementaron la primera etapa del proyecto **"Manejo adecuado del agua en el destino Maya Ka'an y áreas protegidas de Quintana Roo"** con el propósito de mejorar la accesibilidad al agua segura, suficiente, asequible, tomando en cuenta diferentes cosmovisiones, y bajo un marco de buena gobernanza, con el objetivo de salvaguardar la salud y los derechos humanos básicos; preservar y proteger los ecosistemas y los servicios ambientales, y contribuir al desarrollo socioeconómico.⁶

Este proyecto se planteó en dos etapas, la primera de ellas consideró la instalación y gestión de Ecotecnias en 12 comunidades del estado de Quintana Roo, implementando en total 347 Ecotecnias que beneficiaron a 1,042 usuarios en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, Tulum y José María Morelos.

Con el fin de mejorar los resultados obtenidos para etapas futuras y aumentar el nivel de apropiación de las Ecotecnias instaladas, ASK elaboró un compendio de las lecciones

⁵ Isla Urbana, 2022

⁶ Instituto Internacional de Recursos Renovables México, 2022

aprendidas en la primera etapa y un catálogo de tecnologías acorde con los resultados y lecciones aprendidas.

La segunda etapa consideró implementar las siguientes Ecotecnias en las localidades beneficiadas: Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), Cisternas, Filtros Purificadores de Agua, Sanitarios Ecológicos y Humedales Artificiales. Como parte de esta segunda etapa se desarrolló una Estrategia de Fortalecimiento a la Gobernanza Hídrica Comunitaria (EFGHC) de manera pertinente y adecuada al contexto de las comunidades.

La EFGHC busca fortalecer la participación de las personas de las comunidades en la gestión del recurso hídrico a través de los siguientes tres componentes:

1. Programa de Capacitación para el Acompañamiento (PCA)
2. Propuesta de Gestión Comunitaria (PGC)
3. Programa de Fortalecimiento de Capacidades (PFC)

Las inversiones del programa CReW+ respecto al Componente A están enfocadas en las localidades de Yaxley, Yodzonot Nuevo y San Antonio Segundo, las cuales se ubican en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, en el estado de Quintana Roo. Dependiendo de las características y tamaño de la localidad y del tipo de Ecotecnia, algunas se plantean a nivel vivienda y algunas a nivel comunidad.

Uno de los retos identificados es que, si bien estas Ecotecnias se implementan en estrecha colaboración con los beneficiarios, se tiene el riesgo de que sean abandonadas por falta de capacidades técnicas para dar mantenimiento a los sistemas y en algunos casos por falta de recursos.

Por lo anterior, en este apartado se realiza una propuesta de sostenibilidad financiera en la que se identifican mecanismos de financiamiento tradicionales e innovadores para la sostenibilidad financiera de las Ecotecnias, con la finalidad de que puedan ser replicados en diferentes estados o municipios de la República Mexicana.

Comunidades beneficiadas

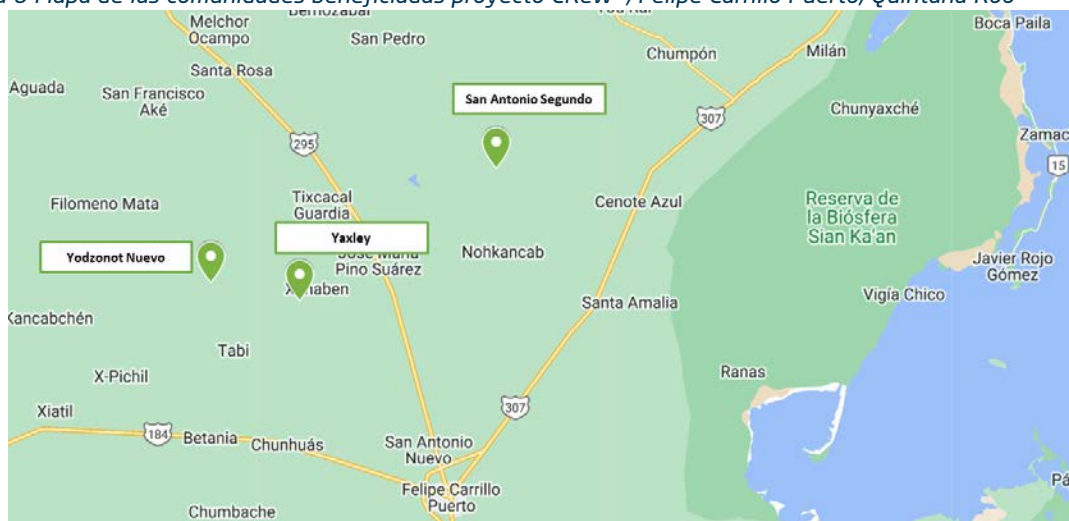
El proyecto CReW+ beneficiara a tres comunidades localizadas en el municipio de Felipe Carrillo Puerto dentro del estado de Quintana Roo. Estas tres comunidades son:

1. San Antonio Segundo
2. Yodzonot Nuevo
3. Yaxley

Acorde al último censo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)⁷ la población y viviendas habitadas en cada una de estas localidades se conformaron de la siguiente manera:

- **San Antonio Segundo:** 21 habitantes en 9 viviendas
- **Yodzonot Nuevo:** 92 habitantes en 20 viviendas
- **Yaxley:** 629 habitantes en 160 viviendas

Figura 6 Mapa de las comunidades beneficiadas proyecto CReW+, Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo



Fuente: Elaboración propia

Análisis de la infraestructura

Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

La captación de agua de lluvia permite abastecer de agua potable a zonas rurales que no pueden ser atendidas por los medios convencionales de suministro, asimismo, en los sitios en los que sí hay cobertura de suministro, proporciona a las viviendas una fuente de agua adicional a su fuente principal (agua subterránea o suministro municipal).

La captación de agua de lluvia puede realizarse mediante sistemas pasivos o activos, esto depende de las capacidades y posibilidades del usuario o comunidad, así como del destino que se le pretenda dar al agua captada.

Sistemas pasivos: este tipo de sistemas permiten captar fácilmente el agua desde las canaletas de desagüe hasta un contenedor, generalmente un tinaco con capacidad de

⁷ (INEGI, 2020)

200 a 400 litros⁸.

En este tipo de sistemas no se utilizan sistemas de bombeo de agua ni tratamiento de esta, por lo que el agua captada puede utilizarse para usos que no sean de consumo humano, como exteriores, riego de jardines, lavado de coches, limpieza, entre otros. El contenedor de agua es superficial, su distribución por gravedad o utilizando cubetas o valdes; se recomienda que el contenedor sea de materiales opacos para prevenir la proliferación de algas. El mantenimiento de este tipo de sistemas es mínimo.

Este tipo de sistemas son los considerados para este análisis dado el poco mantenimiento requerido y a que no se requiere bomba para su operación.

Sistemas activos: Permiten captar y aprovechar un mayor volumen de agua, el cual puede variar entre 4 y 400 metros cúbicos⁹. En este tipo de sistemas se utilizan tuberías de conexión para conducir el agua desde distintas áreas de captación como pueden ser techos u otras superficies. El agua puede ser almacenada en tanques subterráneos o superficiales de materiales diversos como madera, plástico, metal o concreto. Estos sistemas suponen la instalación de dispositivos de bombeo y de tratamiento del agua, lo que permite que ésta pueda ser utilizada tanto en exterior como en interior, en sanitarios, lavado de ropa, regaderas, refrigeración, entre otros.

Principales componentes del SCALL

- Superficie de captación: por lo general es el techo de la vivienda, el cual debe permitir la captación de al menos el 50% de su superficie. Es recomendable maximizar el área de captación, incluso conectando 2 o más superficies por medio de canaletas y tuberías. Las superficies de captación deben encontrarse libres de materiales que pudieran contaminar el agua, como plomo, pinturas o recubrimientos con metales, materiales susceptibles a corrosión, entre otros.
- Canaletas y tuberías: deben contar con una pendiente mínima de 2% para permitir el flujo del agua. Los materiales de las canaletas y tuberías pueden ser comúnmente de PVC, polipropileno, polietileno o metálicas. Es importante mantener las canaletas libres de hojas o escombros que puedan obstruir el flujo del agua y reducir su calidad.
- Cribado de hojas: deben instalarse cribas que retengan hojas y otra basura antes del bajante del agua hacia el tanque de almacenamiento. Éstas deben encontrarse accesibles para su limpieza y mantenimiento de una manera fácil y segura.
- Derivador de primeras lluvias: Este debe instalarse antes del punto de entrada al tanque de almacenamiento y permite realizar un lavado del sistema al inicio de temporada de lluvias para evitar la entrada de contaminantes a la cisterna de almacenamiento. Se

^{8 8} (EPA, 2013)

⁹ Ibid.

recomienda que la primera derivación sea de 20 litros para una vivienda típica¹⁰ o 0.4 litros por cada m² de superficie de captación¹¹.

- Tanque de almacenamiento: la capacidad del tanque depende de la precipitación media anual de la región en la que se instala el SCALL, así como el uso y la demanda de agua en la vivienda o comunidad.
- Bombas: pueden ser externas o sumergibles dentro del tanque, se recomienda el uso de una capacidad mínima para permitir el abastecimiento a los puntos de consumo.
- Válvula de derivación: permite el consumo del agua proveniente del tanque de almacenamiento o de la fuente principal de suministro de acuerdo con la disponibilidad y demanda. También pueden instalarse medidores en cada fuente de suministro para evaluar el ahorro resultante por uso del sistema.
- Sistemas de tratamiento de agua: el tratamiento del agua depende del uso que se le quiera dar y puede ser desde desviadores de primeras descargas, filtros, desinfección por cloro, ultravioleta, ozono, entre otros.

Para un adecuado diseño del SCALL se recomienda que se utilicen como guía los “Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda” elaborados por la CONAGUA. En este documento se menciona que es importante conocer los registros de precipitación en la región por al menos los últimos 15 años y que se deben considerar la demanda de agua de acuerdo con la cantidad de personas abastecidas, considerando una demanda mínima de 50 litros por habitante por día¹².

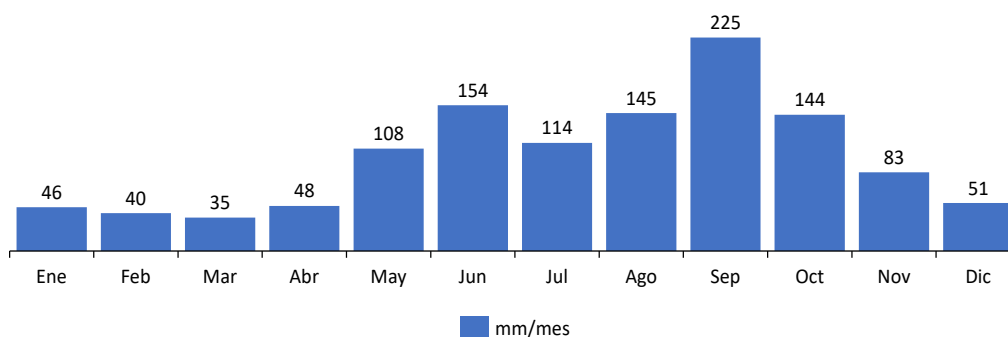
En la siguiente figura se presenta la precipitación mensual en la estación meteorológica más cercana a las localidades beneficiadas, que es Señor (No. 00023022), en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, en donde la precipitación normal anual es de 1,192 milímetros (mm).

Figura 7 Precipitación normal mensual, Señor, Felipe Carrillo Puerto (Periodo 1951-2010)

¹⁰ (RHAA & UWCS)

¹¹ (CONAGUA, 2016)

¹² Ibid.



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (<https://smn.conagua.gob.mx/es/información-climatológica-por-estado?estado=qroo>)

Operación y Mantenimiento

Para mantener la calidad y eficiencia adecuada en el SCALL, se recomienda que el uso del agua captada sea constante y en caso de mantenerse estancada por más de 20 días, deberá purgarse.

El mantenimiento del sistema depende de la cantidad de elementos con que este cuente, se recomiendan las siguientes actividades mínimas¹³:

1. Limpieza de canaletas y bajantes para mantenerse libres de hojas y escombros (2 veces por año).
2. Inspección de las condiciones de tuberías (1 vez por año).
3. Inspección y limpieza de los filtros de entrada y desviadores de primeras descargas (4 veces por año).
4. Limpieza de vegetación y árboles sobre la superficie de captación (cada tercer año).
5. Reemplazar componentes dañados o defectuosos (cada tercer año).

Se estima que el Costo Unitario de una Cisterna a nivel vivienda¹⁴ con una superficie de captación 50 a 70 m² es aproximadamente de \$18,308-\$20,342 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$200-\$350 pesos por año.

Por otra parte, se estima que el Costo Unitario a nivel comunitario¹⁵ con 3 unidades de captación 100 m² c/u es aproximadamente de \$115,950-\$129,172 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$1,000-

¹³ EPA. Op. Cit.

¹⁴ Ecotecnias a nivel vivienda considera 4 habitantes por vivienda.

¹⁵ Ecotecnias nivel comunidad considerar un conjunto de tres Ecotecnias para cada 10 viviendas o escuelas, de esta manera cada Ecotecnia o su conjunto debe tener capacidad para 40 personas.

\$1,500 pesos por año.

Cisternas

Las cisternas son dispositivos típicamente subterráneos para el almacenamiento de agua, las cuales permiten contar con cierto volumen disponible para eventos en los que no haya suministro de agua por medio de alguna otra fuente.

Las cisternas pueden encontrarse conectadas al sistema de abastecimiento principal, el cual en áreas urbanas generalmente es el sistema municipal, y permiten contar con agua almacenada en caso de que haya cortes o suspensión en el suministro; en otros casos, cuando no se cuenta con abastecimiento municipal, las cisternas suelen ser llenadas por medio de pipas o mediante la captación de agua de lluvia.

Las cisternas pueden construirse de materiales resistentes que soporten el peso del agua como son ladrillo, mampostería, concreto armado, polietileno, fibra de vidrio o metal, con base circular o rectangular, se recomienda utilizar materiales disponibles y económicamente viables en la región, siempre y cuando el material no transfiera sabor al agua ni contaminantes como metales pesados o radicales libres que puedan afectar su calidad.

En caso de ser subterránea, para su construcción es necesario realizar una excavación en el suelo, el nivel de dificultad en su instalación es mayor que el de tanques de almacenamiento elevados o depósitos superficiales y, por lo general se opta por este tipo de almacenamiento cuando el suelo no tiene capacidad de soportar cargas superficiales.

La ubicación de una cisterna debe tener en cuenta el tipo de terreno (suelo rocoso, suelo de resistencia media y suelo blando), considerar el talud y alcanzar un ángulo específico en que el material permanezca estable sin que se produzcan derrumbes en la excavación.

Si la cisterna es subterránea tiene como ventajas que permiten proteger al agua de cambios en la temperatura ambiente, no alteran el paisaje, su superficie puede utilizarse para diversas funciones, incluso construcciones, y como desventajas que es de difícil operación y mantenimiento y la excavación y mantenimiento son costosos.

La capacidad, dimensiones, forma y el sitio de instalación de una cisterna dependen de factores específicos de cada usuario y de la disponibilidad de recursos, así como el uso que se le vaya a dar al agua, es importante realizar las evaluaciones necesarias para que la cisterna cumpla su objetivo que es el de dotar de agua potable a la vivienda o comunidad en tiempos de escasez o suspensión del suministro por la fuente regular de

abastecimiento. Para el caso de estudio se eligen cisternas sobre el nivel del terreno.

Las cisternas de captación de agua de lluvia deben contar con protecciones contra insectos, así como una tubería de rebose, la cual puede dirigirse hacia riego de jardín, pozo de absorción o un tanque menor de almacenamiento. La salida de agua del tanque debe ubicarse entre 5 y 10 cm del fondo para evitar el arrastre de sedimentos. Debe preferirse el uso de tanques superficiales sobre subterráneos para minimizar costos y permitir la inspección por parte del usuario, asimismo, previene la contaminación por arrastre de sólidos.

Es importante que la instalación de la cisterna se realice en sitios alejados de fuentes de contaminación como tanques de almacenamiento de combustibles, depósitos de residuos, líneas de drenaje de aguas residuales, entre otros.

Operación y Mantenimiento

Se recomiendan las siguientes actividades mínimas¹⁶:

1. Inspección y limpieza de la tapa del tanque y malla contra insectos (1 vez por año).
2. Inspección de las condiciones de tuberías y filtro de rebose (1 vez por año).
3. Inspección y limpieza de sedimentos en el tanque (1 vez por año).
4. Inspección de la integridad estructural del tanque, tuberías y sistema eléctrico (cada tercer año).

Debido a que las cisternas son consideradas como espacios confinados, se deben de tomar las precauciones de seguridad e higiene pertinentes para su mantenimiento.

Se estima que el Costo Unitario de una Cisterna a nivel vivienda¹⁷ con un volumen útil de 20 m³ es aproximadamente de \$130,189 - \$139,343 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$200-\$350 pesos.

Por otra parte, se estima que el Costo Unitario a nivel comunitario¹⁸ con 3 unidades de volumen útil 50 m³ c/u es aproximadamente de \$814,698 - \$897,083 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$1,000-\$1,500 pesos por año.

¹⁶ EPA. Op. Cit.

¹⁷ Ecotecnias a nivel vivienda considera 4 habitantes por vivienda.

¹⁸ Ecotecnias nivel comunidad considerar un conjunto de tres Ecotecnias para cada 10 viviendas o escuelas, de esta manera cada Ecotecnia o su conjunto debe tener capacidad para 40 personas.

Sanitarios Ecológicos

Los sanitarios ecológicos son una opción para las localidades que carecen de sistema de alcantarillado y saneamiento, su objetivo es el manejo, tratamiento y disposición de las excretas humanas de manera segura para evitar la generación de enfermedades. Existen varios tipos de sanitarios ecológicos, entre ellos están los inodoros de compostaje, inodoros secos y los inodoros húmedos acoplados a un biodigestor.

Inodoros de compostaje: Hay dos variaciones principales del proceso, el compostaje continuo y el compostaje intermitente. Los sistemas de compostaje continuo son de una sola cámara que recibe la orina y el excremento de la zona superior en conjunto con materia seca (paja, hojas, aserrín, tierra y ceniza). En la cámara de compostaje, después de dar a la mezcla tiempo suficiente para eliminar los microbios, se remueve la composta y el hummus de forma manual. Los sistemas de compostaje intermitente consisten en el mismo proceso, con la única diferencia que son dos o más unidades de compostaje que se llenan y se dejan madurar sin la adición continua de nuevo excremento.

Inodoros secos: El principio de funcionamiento de los inodoros secos es muy parecido a los inodoros de compostaje, con la única diferencia que las heces nunca se mezclan con líquidos, esto con la finalidad de que la mezcla seca no permita la reproducción de microbios.

Inodoro húmedo acoplado a un biodigestor: El baño húmedo resuelve la necesidad de saneamiento a falta de drenaje; el biodigestor acoplado a este sistema realiza un tratamiento del agua residual por medio de un proceso anaeróbico en donde se descomponen los residuos, de esta manera se separa el agua de cualquier partícula orgánica y se puede regresar a la naturaleza por medio de pozos de absorción. Este tipo de inodoros son los considerados para este estudio

Principales componentes

Componentes para **inodoros de compostaje:**

- Reactor de compostaje conectado a un inodoro seco o de micro-descarga de agua.
- Una entrada de aire con criba y un sistema de extracción de gases.
- Un mecanismo para proveer la ventilación necesaria para mantener los organismos aeróbicos en la cámara de compostaje.
- Drenado de lixiviados (opcional).
- Una escotilla de acceso para remover el producto final.

Componentes para **inodoros secos:**

- Cámara de secado dónde se depositan las heces hasta transformarse en abono natural.
- Mezcla seca (hierba, hojas, aserrín o paja).

- Tubo de ventilación conectado a la cámara compostera para eliminación de olores.
- Urinario.
- Recolector de orina (bidón o recipiente cerrado).

Componentes para **inodoros húmedos acoplados a un biodigestor:**

- Tinaco de 450 L
- Caseta con lavabo
- WC (sanitario cerámico)
- Tubería Hidráulica
- Biodigestor Autolimpiable de 600 L
- Registro de Lodos

Operación y Mantenimiento

Inodoros de compostaje: Se recomienda agregar materia seca por lo menos cada dos días, así como un mezclado periódicos para sistemas de uso continuo. La remoción del producto final puede ser desde cada 3 meses para un sistema domiciliario, hasta cada dos años para un sistema grande centralizado.

Inodoros secos: Se recomienda realizar dos tipos de mantenimiento para este sistema de inodoros. El mantenimiento diario después de cada uso se deberán cubrir las heces con materia secante y limpiar el urinario con agua. Mantenimiento periódico cuando la cámara este por llenarse, se deberá añadir una capa de material secante y mover el inodoro a otra cámara de secado vacía.

Inodoro húmedo acoplado a un biodigestor: Cada seis meses abrir la válvula de extracción para que el lodo fluya al registro de lodos; agregar cal a los lodos, tapar y deja reposar por dos meses. Para la disposición de los lodos, pueden ser enterrados dentro de un hoyo y cubiertos con tierra o enviados al relleno sanitario.¹⁹

Se estima que el Costo Unitario de un Sanitario Ecológico a nivel vivienda incluyendo la obra civil, equipamiento de 1 sanitario, un biodigestor de 600 litros y un pozo de absorción es aproximadamente de \$101,710 - \$142,394 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$250-\$500 pesos por año.

Por otra parte, se estima que el Costo Unitario a nivel comunitario con 3 conjuntos cada uno con: obra civil y equipamiento de 2 sanitarios, biodigestor de 3,000 litros y pozo de absorción es aproximadamente de \$537,029 - \$590,936 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$1,250-\$2,500 pesos por año.

¹⁹ (CENCA Instituto de Desarrollo Urbano, NE)

Humedales Artificiales

Los humedales son ecosistemas en donde la superficie del agua se encuentra en la superficie del suelo o cerca de ella durante el tiempo suficiente cada año para mantener el suelo saturado y su vegetación asociada. Estos, por sus características naturales, tienen potencial para mejorar la calidad del agua.

La mayoría de los humedales naturales son sistemas de flujo libre donde la superficie del agua está expuesta a la atmósfera; estos incluyen pantanos (musgos y árboles de vegetación primaria) y marismas (pastos de vegetación primaria y macrófitas emergentes).

Los principales humedales artificiales utilizados para el tratamiento de agua son los humedales de flujo libre, humedales de flujo subsuperficial horizontal y los humedales de flujo vertical.

Para este análisis se consideran humedales de flujo subsuperficial horizontal instalados aguas abajo de un tratamiento primario, biodigestor o fosa séptica, acorde a los señalado en el documento Catálogo de tecnologías elaborado por ASK²⁰.

El efluente del tratamiento primario pasa al humedal, donde se lleva a cabo la remoción de la materia orgánica restante, así como otros contaminantes como metales, coliformes fecales y una fracción de nutrientes.

Dentro de este humedal, el agua es tratada mientras fluye a través de un medio de grava de con vegetación plantada. El tratamiento ocurre a través de procesos biológicos, físicos y químicos mientras el agua fluye lateralmente a través del medio.

En este tipo de humedales, usualmente se plantan con vegetación macrófita: espadañas y aneas (*Typha* spp.), los juncos (*Scirpus* spp.) y los carrizos (*Phragmites* spp.), desde un punto de entrada hasta el punto de descarga. La vegetación más utilizada y la más recomendada es de la especie *Typha Dominguesis*, conocidas en México como Tules, debido a que se propaga fácilmente y es capaz de crecer bajo diversas condiciones ambientales y se adapta bien a ellas. Esta especie se encuentra en todo México, por lo que no es necesario introducir una especie nueva, de hecho, es considerada una plaga en lagos y lagunas de la región. La vegetación juega un papel muy importante en el sistema de humedal, ya que provee el sustento para las especies microbianas encargadas de la descomposición de la materia orgánica, y a la vez provee el hábitat para especies vertebradas como insectos y aves que son predadoras de fauna

²⁰Amigos de Sian Ka'an. Op. Cit.

nociva como mosquitos y larvas.

Las raíces se desarrollan en el fondo, y éstas permiten el intercambio de oxígeno atmosférico al interior de las fosas, donde se genera un ambiente aerobio ideal para descomponer materia orgánica, mientras que en el fondo se produce un ambiente anaerobio lo cual permite el proceso de desnitrificación.

El medio de un humedal de flujo subsuperficial tiene varias funciones, como material de enraizamiento para la vegetación, ayuda a distribuir/colectar el flujo en el influente y efluente, provee superficie para el crecimiento bacteriano y además filtra y atrapa partículas.²¹

Los humedales para zonas rurales son una excelente opción ya que requieren poco mantenimiento, ofrecen un buen desempeño, tienen una apariencia natural y además no se requiere personal técnico especializado para su operación. A diferencia de sistemas de tratamiento mecanizados, requieren grandes superficies, sin embargo, en zonas rurales típicamente se tiene terreno disponible a bajo costo.

Operación y Mantenimiento

Los humedales artificiales requieren poca intervención del operador. Su operación requiere procedimientos simples como el control del flujo y nivel del agua, eliminación de malezas y basuras dentro del lecho del humedal, control de plagas e insectos, extracción de basuras acumuladas en las estructuras de entrada y distribución de caudal, reparación de bordos, mallas circundantes, puertas, geomembrana, entre otros.

La vida útil de los humedales es difícil de estimar debido a incertidumbres asociadas con variables naturales que existen con los humedales, como la tasa de carga, el tamaño y mantenimiento, sin embargo, en algunas referencias se indica de 20 a 25 años.²²

Se estima que el Costo Unitario de un Humedal a nivel vivienda con capacidad de 200 a 300 l/d es aproximadamente de \$122,052 - \$152,565 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$250 pesos por año.

Por otra parte, se estima que el Costo Unitario a nivel comunitario con capacidad de 2 a 3 m³/d es aproximadamente de \$518,721 - \$688,577 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$1,500 - \$3,000 pesos por año.

²¹ (EPA, 2000)

²² (Steer, Aseltyne, & Fraser, 2002) (IWA, 2017)

Filtros Purificadores de Agua

En el tratamiento del agua para consumo se utilizan diversos procesos de filtración, incluida la filtración granular, la filtración lenta en arena, la filtración de precapa y la filtración de membrana (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa). Bien diseñada y funcionando correctamente, la filtración puede actuar como barrera permanente y eficaz contra microbios patógenos.²³

La filtración es el proceso por el cual se separa la materia suspendida, mediante el paso del agua a través de una capa porosa que retiene las partículas en suspensión²⁴, típicamente está precedido por procesos fisicoquímicos de coagulación-floculación.

La aplicación de una adecuada concentración de desinfectante es un elemento esencial para la mayoría de los sistemas de tratamiento para lograr alcanzar el nivel necesario de reducción de riesgos por microorganismos, por lo que debe de considerarse después de un sistema de filtración.

En la primera etapa del proyecto "Manejo adecuado del agua en el destino Maya Ka'an y áreas protegidas de Quintana Roo" se implementaron filtros de flujo lento que tenían como medio filtrante zeolita. De acuerdo con las 8 lecciones aprendidas fue de difícil obtención ya que no es material que se encuentre en la región²⁵, por lo tanto, este tipo de medio filtrante no se considera para este análisis. Para este análisis se consideran los filtros de membrana de ultrafiltración.

²³ (WHO, 2017)

²⁴ (MWH, 2005)

²⁵ (Amigos de Sian Ka'an, 2021)

Filtros de membrana de ultrafiltración: desde los años 90s, ha crecido rápidamente el uso de procesos de membranas de fibra hueca de baja presión de microfiltración y ultrafiltración para la producción de agua potable.

Este crecimiento se ha propagado por los cambios en los requerimientos regulatorios en Estados Unidos, que requieren agua de baja turbiedad y la remoción de microorganismos tolerantes a la desinfección como la *Giardia* y el *Cryptosporidium*.

Los procesos de microfiltración y ultrafiltración alcanzan la separación a través de remoción física, esencialmente la exclusión por tamaño, y a diferencia de los procesos convencionales de coagulación floculación no requiere tratamiento fisicoquímico previo a la filtración para alcanzar el nivel deseado de remoción de partículas, además en la tamaño de poro de las membranas es altamente uniforme y por lo tanto capaz de una remoción muy alta o "absoluta" de determinado tamaño de partícula o microorganismo²⁶.

La microfiltración tiene un tamaño de poro de alrededor de 0.1 micras y la ultrafiltración de alrededor de 0.01 micras, por lo que cuando el agua se microfiltra, se eliminan muchos microorganismos, pero los virus por su tamaño permanecen en el agua. En la ultrafiltración eliminaría estas partículas más grandes y podría eliminar algunos virus.

Operación y Mantenimiento

La operación de los filtros consiste añadir agua en la parte superior del filtro y después de un periodo de tiempo tomar el agua del fondo, se recomienda usar un recipiente para recoger el agua que se va a filtrar y otro para recoger el agua filtrada.

El filtro lento de arena debe ser usado todos los días a diferencia del de ultrafiltración donde su uso puede ser de forma intermitente.

El mantenimiento de los filtros lentos de arena consiste en un raspado del medio filtrante cuando este se encuentre saturado, esto será cuando el flujo de salida sea demasiado lento. Se limpia la capa superior de la arena mediante un movimiento circular con la mano, el agua sucia de encima se debe remover con un vaso o balde pequeño, eso se debe de repetir hasta que el agua quede limpia después del movimiento de la arena. También es necesario lavar el difusor, la tapa y la parte exterior del tubo de salida²⁷.

La frecuencia de lavado dependerá de su uso y de la calidad del agua de la fuente de suministro, típicamente varía entre 20 y 30 días²⁸.

²⁶ (AWWA, 2005)

²⁷ (CAWST, 2012)

²⁸ (Kawamura, 2000)

Las membranas de ultrafiltración también requieren un lavado de tipo manual, se realiza cada 2 a 3 semanas.

Se estima que el Costo Unitario de un Filtro Purificador a nivel vivienda con capacidad de 100 l/d es aproximadamente de \$3,560 - \$4,069 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$700 pesos por año.

Por otra parte, se estima que el Costo Unitario a nivel comunitario con capacidad de 250-500 l/d es aproximadamente de \$15,257 - \$20,342 pesos, mientras que el costo de operación y mantenimiento estimado ronda los \$3,000 pesos por año.

Resumen de las Ecotecnias

La propuesta de proyecto piloto para la instalación de Ecotecnias en tres comunidades que beneficiarían a 742 personas, considera un total de 34 sistemas. Las Ecotecnias que serán objeto del proyecto piloto son: (i) Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), (ii) Cisternas, (iii) Sanitarios Ecológicos, (iv) Humedales Artificiales y (v) Filtros Purificadores.

i. Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

La captación de agua de lluvia permite abastecer de agua potable a zonas rurales que no pueden ser atendidas por los medios convencionales de suministro, asimismo, en los sitios en los que sí hay cobertura de suministro, proporciona a las viviendas una fuente de agua adicional a su fuente principal (agua subterránea o suministro municipal).

ii. Cisternas

Las cisternas son dispositivos típicamente subterráneos para el almacenamiento de agua, las cuales permiten contar con cierto volumen disponible para eventos en los que no haya suministro de agua por medio de alguna otra fuente.

Las cisternas pueden encontrarse conectadas al sistema de abastecimiento principal, el cual en áreas urbanas generalmente es el sistema municipal, y permiten contar con agua almacenada en caso de que haya cortes o suspensión en el suministro; en otros casos, cuando no se cuenta con abastecimiento municipal, las cisternas suelen ser llenadas por medio de pipas o mediante la captación de agua de lluvia.

iii. Sanitarios Ecológicos

Los sanitarios ecológicos son una opción para las localidades que carecen de sistema de alcantarillado y saneamiento, su objetivo es el manejo, tratamiento y disposición de las excretas humanas de manera segura para evitar la generación de enfermedades. Existen varios tipos de sanitarios ecológicos, entre ellos están los inodoros de compostaje, inodoros secos, inodoros de incineración y los húmedos acoplados a un biodigestor.

iv. Humedales Artificiales

Los humedales artificiales son sistemas construidos que replican los procesos de depuración de contaminantes que ocurren en los humedales naturales. Comúnmente se utilizan como sistemas de tratamiento de agua residual a nivel doméstico o comunitario.

v. Filtros purificadores

En el tratamiento del agua para consumo se utilizan diversos procesos de filtración, incluida la filtración granular, la filtración lenta en arena, la filtración de precapa y la filtración de membrana (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa).

Montos de inversión - Operación y Mantenimiento

Como parte del trabajo se elaboró un análisis de los montos de inversión, operación y mantenimiento de cada una de las Ecotecnias a nivel vivienda y a nivel comunitario, sin embargo, la GIZ proporcionó un determinado número de Ecotecnias y montos necesarios para su construcción y mantenimiento que fueron utilizados para el diseño de la propuesta de mecanismo de financiamiento.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de la vida útil, frecuencia de mantenimiento de las distintas Ecotecnias analizadas.

Tabla 3 Vida útil y frecuencia de mantenimiento de las Ecotecnias

Ecotecnia	Tipo	Vida útil (años)	Frecuencia mantenimiento
Sistema de Captación de Agua de Lluvia	Canaletas y bajantes de PCV y accesorios	15	4 veces por año
Cisternas	Concreto	25	1 vez por año
Filtros Purificadores	Membrana de ultra fijación	4 a 5	2 a 3 semanas
Sanitario Ecológico	Húmedo - biodigestor	15 a 35	2 veces por año
Humedal Artificial	Horizontal de flujo subsuperficial	20	1 vez por mes

Fuente: SSWM, 2017

Para estimar los montos de inversión y operación y mantenimiento (O&M) de las Ecotecnias se utilizó la siguiente información y consideraciones:

- Información de ASK²⁹
- Cotizaciones previas de proveedores para sistemas similares
- Cotizaciones de marcas comerciales específicas para este estudio
- Para la obra civil, se cuantificaron los volúmenes y principales conceptos, y se utilizaron costos de materiales de la región
- Para la operación y mantenimiento se incluyeron las actividades de mantenimiento mayor y menor y piezas de reposición con una vida útil de 3 años
- Para los filtros purificadores el costo de O&M incluye la reposición de la membrana o medio filtrante cada 5 años

²⁹ Comunicación directa vía correo electrónico (15-sep-22)

- Se considera que la mano de obra para la operación y ejecución del mantenimiento menor y mayor será por los beneficiarios

A continuación, se presenta una tabla resumen con los montos de inversión y operación y mantenimiento de cada una de las Ecotecnias a nivel vivienda. Las capacidades de las Ecotecnias a nivel vivienda fueron determinadas con base en 4 habitantes por vivienda con un consumo mínimo de agua al día de 50 litros por habitante.

Tabla 4 Montos de inversión y O&M de las Ecotecnias a nivel vivienda de 4 habitantes

Ecotecnia	Tipo	Características / Capacidad	Monto de inversión (MXN)*	Costos de O&M (MXN/año)	Costo asistencia técnica ASK ³⁰
Sistema de Captación de Agua de Lluvia	Canaletas y bajantes de PCV y accesorios	Superficie de captación 50 a 70 m ²	\$18,308 - \$20,342	\$200 - \$350	\$3,052
Cisternas	Concreto	Volumen útil 20 m ³	\$130,189 - \$139,343	\$200 - \$350	\$20,902
Filtros Purificadores	Membrana de ultra fijación	100 l/d	\$3,560 - \$4,069	\$700	\$611
Sanitario Ecológico	Húmedo - biodigestor	Obra civil y equipamiento de 1 sanitario Biodigestor de 600 litros Pozo de absorción	\$101,710 - \$142,394	\$250 - \$500	\$21,360
Humedal Artificial	Horizontal de flujo subsuperficial	200 a 300 l/d (4.8 m ³ para 5 personas)	\$122,052 - \$152,565	\$250	\$22,885

Fuente: Elaboración propia con base en información pública disponible

** Nota: Los montos de inversión fueron cotizados el mes de septiembre del 2022, Los montos de inversión fueron cotizados entre el mes de septiembre y octubre del año 2022, sin embargo, se actualizamos los montos por concepto de inflación al mes de diciembre de 2022. La inflación del mes de septiembre al mes de diciembre de 2022 fue de 1.71%.*

Para un SCALL en una vivienda de 4 habitantes lo ideal es que la superficie de captación sea de al menos 70 m² para satisfacer la demanda diaria, esto considerando una cisterna de volumen útil de 20 m³, precipitación media anual de 1,192 mm y un coeficiente de escurrimiento de 0.95. Sin embargo, de acuerdo con lo observado en campo, aprovechando dos lados del perímetro del techo de una vivienda se considera que pueden ser factibles 50 m², con algunos meses complementando el abasto con la fuente actual de suministro.

Para determinar la capacidad de las Ecotecnias a nivel comunidad se propone considerar una Ecotecnia o un conjunto de tres Ecotecnias para cada 10 viviendas o escuelas, de

³⁰ 15% de sobre costo por concepto de asistencia técnica operativa de ASK

esta manera cada Ecotecnia o su conjunto debe tener capacidad para 40 personas.

Para los SCALL, cisternas y sanitarios-biodigestores se propone 3 unidades para cada 10 viviendas y para los filtros purificadores y humedal 1 unidad para cada 10 viviendas. Para este tipo de infraestructura a nivel comunidad, al igual que los de nivel vivienda, también se considera complementar el abasto de agua algunos meses con la fuente actual de suministro, dadas las restricciones en campo de superficie de captación.

En la tabla siguiente se presenta un resumen con los montos de inversión y operación y mantenimiento de cada Ecotecnia a nivel comunidad.

Tabla 5 Montos de inversión y O&M de las Ecotecnias a nivel comunidad o grupos de 10 viviendas

Ecotecnia	Tipo	Características / Capacidad	Monto de inversión (MXN)*	Costos de O&M (MXN/año)	Costo asistencia técnica ASK ³¹
Sistema de Captación de Agua de Lluvia	Canaletas y bajantes de PCV y accesorios	3 unidades Superficie de captación 100 m ² c/u	\$115,950 - \$129,172	\$1,000 - \$1,500	\$19,376
Cisternas	Concreto	3 unidades Volumen útil 50 m ³ c/u	\$814,698 - \$897,083	\$1,000 - \$1,500	\$134,563
Filtros Purificadores	Membrana de ultra fijación	250 - 500 l/d	\$15,257 - \$20,342	\$3,000	\$3,052
Sanitario Ecológico	Húmedo - biodigestor	3 conjuntos cada uno con: obra civil y equipamiento de 2 sanitarios, biodigestor de 3,000 litros, pozo de absorción	\$537,029 - \$590,936	\$1,250 - \$2,500	\$88,641
Humedal Artificial	Horizontal de flujo subsuperficial	2 a 3 m ³ /d	\$518,721 - \$688,577	\$1,500 - \$3,000	\$103,287

Fuente: Elaboración propia con base en información pública disponible

* Nota: Los montos de inversión fueron cotizados el mes de septiembre del 2022, Los montos de inversión fueron cotizados entre el mes de septiembre y octubre del año 2022, sin embargo, se actualizamos los montos por concepto de inflación al mes de diciembre de 2022. La inflación del mes de septiembre al mes de diciembre de 2022 fue de 1.71%.

A continuación, se presenta una tabla comparativa del monto de inversión por habitante para la implementación de las Ecotecnias a nivel vivienda y nivel comunidad, este se calculó con base en el promedio estimado para cada una de las Ecotecnias.

Tabla 6 Inversión unitaria por habitante beneficiado, MXN/habitante

Ecotecnia	Tipo	Inversión unitaria promedio, MXN/habitante	
		Nivel vivienda	Nivel comunidad
Sistema de Captación de Agua de Lluvia	Canaletas y bajantes de PCV y accesorios	\$4,831	\$3,064
Cisternas	Concreto	\$33,692	\$21,397

³¹ 15% de sobre costo por concepto de asistencia técnica operativa de ASK

Filtros Purificadores	Membrana de ultra fijación	\$954	\$445
Sanitario Ecológico	Húmedo - biodigestor	\$30,513	\$14,100
Humedal Artificial	Horizontal de flujo subsuperficial	\$34,327	\$15,091

Fuente: Elaboración propia con base en información pública disponible

Como se muestra en la tabla anterior el costo unitario de instalación de las Ecotecnias a nivel comunidad es menor por la economía de escala generada, por lo que es más conveniente aplicar las Ecotecnias de esta manera en la medida de lo posible, siempre a reserva de la aceptación de los usuarios. Otro beneficio de los esquemas comunales es que las labores de mantenimiento y de operación puede ser dividida entre un mayor número de personas.

Adicionalmente y con la finalidad de contar con montos aproximados de inversión para el desarrollo de todas las Ecotecnias analizadas y no únicamente los 34 sistemas propuestos por el equipo de GIZ para el diseño del proyecto piloto, el Consultor realizó un análisis detallado de la inversión requerida para cada una de las localidades consideradas en este estudio, tomando en cuenta el valor promedio del costo de cada una de las Ecotecnias anteriormente señaladas, tal como se muestra a continuación:

Tabla 7 Inversión por localidad beneficiada³²

Ecotecnia	Inversión promedio en San Antonio Segundo		Inversión promedio en Yodzonot Nuevo		Inversión promedio en Yaxley
	Nivel vivienda	Nivel comunidad	Nivel vivienda	Nivel comunidad	Nivel comunidad
Número de Ecotecnias	9 de cada una	1 conjunto	20 de cada una	2 conjuntos	4 conjuntos
Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL)	\$183,078	\$129,172	\$406,840	\$258,344	\$516,688
Cisternas	\$1,254,087	\$897,083	\$2,786,860	\$1,794,166	\$3,588,332
Filtros Purificadores	\$36,621	\$20,342	\$81,380	40,684	\$81,368
Sanitario Ecológico	\$1,281,546	\$590,936	\$2,847,880	\$1,181,872	\$2,363,744
Humedal Artificial	\$1,373,085	\$688,577	\$3,051,300	\$1,377,154	\$2,754,308
Inversión Total	\$4,128,417	\$2,326,110	\$9,174,260	\$4,652,220	\$9,304,440

Fuente: Elaboración propia con base en información pública disponible

Por el tamaño de Yaxley, sólo se presenta el ejercicio a nivel comunidad, en la cual se

³² La inversión que se muestra en la tabla es a manera de ejercicio dado que GIZ proporciono el número de sistemas a instalar con sus respectivos montos de inversión, operación y mantenimiento.

propone instalar 4 conjuntos de Ecotecnias a nivel comunidad, como complemento de los servicios existentes ya que esta localidad cuenta con abasto de agua potable por parte de la CAPA y biodigestores en las viviendas³³.

Un conjunto de Ecotecnias a nivel comunidad incluye las siguientes Ecotecnias:

- SCALL: 3 unidades con superficie de captación = 100 m² cada una
- Cisterna: 3 unidades con volumen útil =50 m³ cada una
- Filtro purificador: 1 unidad de 1,000 - 2,000 L/d
- Sanitario ecológico: 3 conjuntos cada uno con obra civil y equipamiento de 2 sanitarios, 1 biodigestor 3,000 de litros y 1 pozo de absorción
- Humedal artificial: 1 unidad con capacidad de 2 - 3 m³/d

La inversión máxima considera que la inversión en San Antonio Segundo se realiza a nivel vivienda, en Yodzonot Nuevo y Yaxley a nivel comunitario, con lo que se estima una inversión máxima de \$18,085,077 de pesos.

Presupuesto contingente para Ecotecnias

El presupuesto contingente es un costo que puede o no ocurrir en algún momento futuro, se puede definir como: el rango sobre el monto de inversión que contempla los costos de remediación y compensación de futuros incidentes relacionados con eventos meteorológicos (por ejemplo, huracanes, lluvias torrenciales), por mal mantenimiento y/o uso de la infraestructura o por la falta de mano de obra calificada.

Dado lo anterior, se ha estimado un presupuesto contingente con base en algunas de las fallas más comunes que pudieran ocurrir en las Ecotecnias, tomando en consideración el rango de costos que podría representar la refacción o remediación de estas.

Tabla 8 Presupuesto contingente por Ecotecnia a nivel vivienda y comunidad

Ecotecnia	Posibles fallas	(%) Sobre costo	Costo contingente (Vivienda)	Costo contingente (Comunidad)
Sistema de Captación de Agua de Lluvia	Desprendimiento de la superficie de captación, tuberías o canaletas por fuertes vientos, fugas en las tuberías o canaletas por una mala instalación o caída de soportes.	10%	\$2,035	\$12,918
Cisternas	Falla en la hermeticidad por mala ejecución en la obra, falla en la construcción de las losas de concreto y/o en el aplanado, pulido e impermeabilización de los muros.	10%	\$13,935	\$89,709
Filtros Purificadores	Riesgo de ruptura de la membrana durante el transporte o instalación.	15%	\$611	\$3,052

³³ (Amigos de Sian Ka'an, 2021)

Sanitario Ecológico	Falla en la construcción de la losa de concreto, fugas en alguno de los elementos del sistema.	10%	\$14,240	\$59,094
Humedal Artificial	Ruptura del geotextil, error en la ejecución de la obra.	17%	\$25,937	\$117,059

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

* Nota: El presupuesto contingente considera la experiencia del consultor en proyectos previos con base a los elementos que tienen una alta probabilidad a dañarse o presentar fallas.

Retos y oportunidades en la implementación Ecotecnologías

La adaptación social de las Ecotecnias es el objetivo principal de la implementación de estas. Sin embargo, para lograr una correcta implementación es necesario identificar posibles retos y oportunidades a nivel regional y nacional.

Dado que la instalación de las Ecotecnias por sí solas no resuelve la problemática social y ambiental, es necesario incorporar procesos de acompañamiento técnico-social y ambiental para que la infraestructura se vuelva parte de la dinámica cultural de los beneficiarios.

Para poder incluir a las Ecotecnias como una dinámica cultural es necesario llevar a cabo un proceso de implementación. Para esto se debe realizar un diagnóstico social, económico y ambiental en las comunidades, lo que implica contar con una alta colaboración entre los actores clave. La ausencia de estos procesos influye directamente en el porcentaje de apropiación por parte de los beneficiarios.

Los principales retos que se han identificado para la implementación de ecotecnologías son las siguientes:³⁴

Tabla 9 Retos y Oportunidades para la implementación de ecotecnologías

Retos	Descripción y Oportunidades
La validación de las tecnologías	<ul style="list-style-type: none"> La mayoría de las Ecotecnias no cuentan con regulaciones y/o certificaciones adecuadas, para garantizar el correcto funcionamiento y los criterios mínimos de calidad y durabilidad. No existen esquemas de normalización o certificación para la validación de las ecotecnologías por parte de los beneficiarios.
Una mayor integración de las Ecotecnias en las políticas públicas	<ul style="list-style-type: none"> Aisladamente y con objetivos distintos, un gran número de dependencias gubernamentales han estado involucradas en proyectos de difusión de Ecotecnias. Sin embargo, falta integrar a las Ecotecnias de manera efectiva en las políticas y programas públicos. Falta una mayor articulación entre las agencias federales y locales para la implementación de los proyectos. Falta promover la difusión de Ecotecnias y que se incluyan acciones e incentivos para la innovación y desarrollo tecnológico, así como la validación y monitoreo de

³⁴ La Ecotecnología en México, 2014.

	los impactos.
Aumentar la escala e impacto de los programas sin perder de vista los contextos locales	<ul style="list-style-type: none"> Los esquemas que buscan masificar las Ecotecnias, es decir, en una difusión rápida de equipos estándar manufacturados de forma centralizada, no validados ni adecuados a las necesidades y contextos locales y sin un proceso de sensibilización a los beneficiarios pierden la habilidad de responder y adaptarse a los diferentes contextos socio-ecológicos.
Garantizar la adopción y el uso sostenido de las Ecotecnias	<ul style="list-style-type: none"> Lograr que una tecnología se adapte al contexto cultural y la cotidianidad de los usuarios y se utilice de manera sostenida. Para esto es necesario que la tecnología satisfaga una necesidad real de los usuarios. Una Ecotecnia debe ser percibida como un medio para la solución de los problemas socio-ecológicos, no como un fin en sí misma. Se debe evitar el asistencialismo y el imponer procesos a las comunidades. Se deben fomentar estrategias de corresponsabilidad con participación de los usuarios. Los proyectos no pueden quedarse en la instalación de Ecotecnias, es fundamental realizar acciones de seguimiento y monitoreo del uso de los dispositivos después de su implementación y desarrollar metodologías, herramientas y estrategias costo efectivas para cuantificar los impactos de los proyectos.
Aumentar el financiamiento a las Ecotecnias	<ul style="list-style-type: none"> Se necesita ampliar el financiamiento en materia de Ecotecnias y brindar incentivos a los usuarios para su adquisición o construcción.
Promover la educación y la capacitación en Ecotecnias	<ul style="list-style-type: none"> La implementación de Ecotecnias en muchos casos ha entrado en conflicto con las tradiciones de los usuarios y con sus ideas y aspiraciones de acceder a la “modernidad”. Para esto es necesario desarrollar campañas de educación ambiental y trabajar con los distintos medios de comunicación para mostrar al público que las Ecotecnias no implican un “sacrificio” en las comodidades o en el nivel de vida, sino que, por el contrario, ayudan a una mejor salud y alimentación, brindan ahorros económicos y fortalecen los lazos de solidaridad y cooperación dentro de la comunidad o ciudad.

Fuente: Elaboración propia con base en informe La Ecotecnología en México

Para evitar que las Ecotecnias sean abandonadas, es esencial el involucramiento de los beneficiarios en el proyecto. Dicho involucramiento necesita ser considerado desde la fase de planeación, construcción, hasta la operación y mantenimiento.

Lo anterior para que los beneficiarios cuenten con un entendimiento técnico que les permita darles un correcto mantenimiento a las Ecotecnias; así como un entendimiento de los beneficios sociales y ambientales que están generados por la instalación y uso de dicha infraestructura.

Factores de éxito para el desarrollo de la infraestructura

En este apartado se mencionan los principales factores y elementos de éxito para la apropiación de las Ecotecnias.

Las Ecotecnias deben ser entendidas como nuevas tecnologías, al ser nuevas deben de estar acompañadas de educación técnica y ambiental para que los beneficiarios puedan verlas como un habilitador para mejorar su calidad de vida.

La educación de todos los beneficiarios es el factor clave para una correcta implementación, sin embargo, esta debe de estar acompañada de una gobernanza en las comunidades. Tener claridad en las políticas y actividades dentro de la comunidad con las instancias pertinentes para asegurar que existe una responsabilidad compartida y equitativa para afrontar los desafíos del agua en el presente y los que puedan surgir en el futuro³⁵.

ASK cuenta con un modelo organizacional el cual busca asegurar una responsabilidad compartida que habilite la coordinación efectiva entre las partes interesadas, el fomento de buenas prácticas en el uso y mantenimiento de las ecotecnologías y la educación de la comunidad.

Existen tres principales factores que deben ser tomados en cuenta para una apropiación de las ecotecnologías i) Técnicos, ii) Sociales y iii) Ambientales, tal como se muestra a continuación:

Tabla 10 Principales factores y elementos de éxito en la implementación de Ecotecnologías

Factor	Descripción	Elementos de éxito
Técnico	<p>Los factores técnicos, se refieren principalmente al conocimiento técnico tanto del uso y funcionamiento de las Ecotecnias, así como el mantenimiento de estas.</p> <p>El conocimiento técnico es importante en las Ecotecnias ya que para poder apropiarse debe existir por parte de los beneficiados el entendimiento de su funcionamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir acciones de seguimiento y monitoreo de las ecotecnologías y los impactos. • Acompañamiento técnico- social a los beneficiarios hasta una apropiación completa.
Social	<p>Los factores sociales, se refieren principalmente a que las Ecotecnias estén pensadas y diseñadas en conjunto y para los beneficiarios, con el objetivo principal de mejorar su calidad de vida.</p> <p>Para esto es indispensable apoyarse en la aplicación de métodos de ejecución participativa y responsabilidad compartida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación de las Ecotecnias a la estructura social y cultura de la comunidad beneficiada (estructura familiar, migraciones, composición política, nivel de organización, entre otros). • Evitar prácticas asistenciales y clientelares.
Ambiental	<p>Los factores ambientales se refieren principalmente a que los beneficiarios, cuenten con educación ambiental sobre el cuidado del agua y los beneficios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Educación y capacitaciones técnicas y ambientales a los beneficiados.

Fuente: Elaboración propia con base en informe Retos sociales y ambientales en la implementación gubernamental de Ecotecnias

Mapeo e involucramiento de actores

En este apartado se presenta el mapeo de actores y el plan de involucramiento para el

³⁵ Propuesta de Gestión Comunitaria, 2022

componente A (Ecotecnias).

Mapeo de actores: Esta técnica nos permite identificar aquellos actores que se encuentran relacionados de manera directa o indirecta con el desarrollo de la una propuesta de sostenibilidad financiera de los servicios de agua y saneamiento en las localidades beneficiadas.

Plan de involucramiento: Por su parte el plan de involucramiento es la consecuencia de contar con el mapeo de actores y establecer una guía para proponer espacios y mecanismos para el oportuno y progresivo involucramiento de dichos actores.

La metodología utilizada para el mapeo de actores se puede consultar en el apartado de anexos.

Mapeo de actores clave

El mapeo de actores clave identifica y categoriza actores en función a su rol y nivel de importancia respecto a los componentes del proyecto. Además, propone recomendaciones para impulsar procesos participativos a partir del involucramiento, información y visualización de los actores que faciliten la ejecución de las actividades, y mejoren el posicionamiento de las Ecotecnias.

El componente A cuenta con 35 actores en el ámbito del estado de Quintana Roo. Estos actores incluyen los siguientes:

- Entidades y oficinas gubernamentales (31%)
- Comunidades (24%)
- Organismos multilaterales e internacionales (20%)
- Municipios (3%)
- Empresas privadas (10%)
- ONGs (6%)
- Universidades (3%) y Grupos colegiados (3%).

De estos actores, 17 cuentan con participación en el Componente A y B.

Los actores identificados para el componente A se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 11 Actores del Componente A del proyecto

No.	Actor	Abreviatura y/o Nombre	Tipo de actor	Descripción del actor	Rol en el Proyecto
1	Municipio de comunidades beneficiadas	Felipe Carrillo Puerto	Municipio	Municipio de las comunidades de inversión GEF CReW+	Beneficiarios directos
2	Beneficiarios del Proyecto	San Antonio Segundo	Comunidad	Comunidad de inversión GEF CReW+	Beneficiarios directos
3	Beneficiarios del Proyecto	Yaxley	Comunidad	Comunidad de inversión GEF CReW+	Beneficiarios directos
4	Beneficiarios del Proyecto	Yodzonot Nuevo	Comunidad	Comunidad de inversión GEF CReW+	Beneficiarios directos
5	Beneficiados proyectos anteriores	Santo Domingo	Comunidad	Comunidad visita - Ecotecnias	Beneficiarios de proyectos anteriores, facilitan lecciones aprendidas
6	Beneficiados proyectos anteriores	Sahcabchén	Comunidad	Comunidad visita - Ecotecnias	Beneficiarios de proyectos anteriores, facilitan lecciones aprendidas
7	Beneficiados proyectos anteriores	Tzukum	Comunidad	Comunidad visita - Ecotecnias	Beneficiarios de proyectos anteriores, facilitan lecciones aprendidas
8	Beneficiados proyectos anteriores	Dzaptún	Comunidad	Comunidad visita - Ecotecnias	Beneficiarios de proyectos anteriores, facilitan lecciones aprendidas
9	Beneficiados proyectos anteriores	Yaxché Chal	Comunidad	Comunidad visita - Ecotecnias	Beneficiarios de proyectos anteriores, facilitan lecciones aprendidas

10	Secretaría de Desarrollo Social	SEDESO	Entidades y oficinas gubernamentales	Facilita el acceso a los programas de salud, educación, vivienda y desarrollo social, entre otros.	Facilitador de programas sociales
11	Consejo Nacional de Fomento Educativo	Conafe	Entidades y oficinas gubernamentales	Entidad que imparte educación básica comunitaria	Habilitador de educación sobre la captación de agua pluvial
12	Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas	INPI	Entidades y oficinas gubernamentales	Entidad encargada de garantizar el ejercicio y la implementación de los derechos de los pueblos y cuenta con programas de inversión en infraestructura hídrica	Habilitador de educación sobre la captación de agua pluvial
13	Ecos Indígenas	XHNKA La voz del Gran Pueblo	Entidades y oficinas gubernamentales	Señal en línea de las radiodifusoras del INPI en México	Habilitador de educación sobre la captación de agua pluvial
14	Empresa de captación de agua pluvial Isla Urbana	Isla Urbana	Empresas privadas	Empresa especializada en soluciones de planeación, diseño, instalación y mantenimiento de sistemas personalizados de manejo de agua	Proveedor de servicios
15	Rotoplas	Rotoplas	Empresas privadas	Empresa multinacional mexicana dedicada a la fabricación de tanques de almacenamiento y filtración de agua	Proveedor de servicios
16	Amigos de Sian Ka'an	ASK	ONGs	Organización de la sociedad civil dedicada a la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sustentable	Colaborador del proyecto
17	Centinelas del Agua, A.C.	CA	ONGs	Asociación Civil sin fines de lucro enfocada en preservar y proteger el acuífero de la Península de Yucatán a través del fomento participativo hacia una Nueva Cultura del Agua impulsada con base en nuestras dos áreas sostenidas por el eje de la gobernanza hídrica.	Aliado estratégico
18	Universidades Quintana Roo	Universidades	Universidades	Universidades con programas de compromiso social y actividades de voluntariado en diferentes asociaciones, fundaciones e instituciones	Facilitador de voluntarios para las comunidades beneficiadas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Actores del Componente A y B del proyecto

No.	Actor	Abreviatura y/o Nombre	Tipo de actor	Descripción del actor	Rol en el Proyecto
1	Comisión Nacional de Agua	CONAGUA	Entidades y oficinas gubernamentales	Es un organismo administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, creado en 1989, cuya responsabilidad es administrar, regular, controlar y proteger las aguas nacionales en México.	Administrador de aguas nacionales
2	Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán	CCPY	Grupo colegiado	Instancia de coordinación y concertación entre ésta, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica, determinando como objeto de estos órganos colegiados el formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca	
3	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado	CAPA	Entidades y oficinas gubernamentales	Organismo Público Descentralizado a cargo de la operación de las PTARs: San Miguelito, Centenario, Bicentenario	Prestador de servicios para suministro de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales
4	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	SEMARNAT	Entidades y oficinas gubernamentales	Es la Secretaría a nivel nacional, encargada de diseñar, planear, ejecutar y coordinar las políticas públicas en materia de recursos naturales, ecología, saneamiento ambiental, agua, pesca y sustentabilidad urbana	Miembro de la alianza del proyecto
5	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	IMTA	Entidades y oficinas gubernamentales	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua es un órgano desconcentrado, cuyas atribuciones, son entre otras, realizar investigaciones, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, preparar recursos humanos calificados para el manejo, conservación, rehabilitación y aprovechamiento sustentable del agua, así como prestar servicios de investigación,	Prestador de servicios técnicos del proyecto

				desarrollo tecnológico, capacitación y asesoría en materia del agua	
6	Banco Interamericano de Desarrollo	BID	Organismos multilaterales e internacionales	Implementador del proyecto GEF CREW+	Co-implementador del proyecto
7	Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania	BMZ	Organismos multilaterales e internacionales	Donante líder, Sanitation for Millions	Co-implementador del proyecto
8	Fondo Mundial para el Medio Ambiente	GEF	Organismos multilaterales e internacionales	Financiador del proyecto GEF CREW+	Principal donante del proyecto.
9	Agencia de Cooperación Alemana	GIZ	Organismos multilaterales e internacionales	Entidad implementadora, Sanitation for Millions y ejecución del proyecto CREW+	Co-ejecutador del proyecto del proyecto
10	Organización de los Estados Americanos	OAE	Organismos multilaterales e internacionales	Ejecución del proyecto GEF CREW+	Co-ejecutador del proyecto del proyecto
11	Programa Ambiental del Caribe	PAC	Organismos multilaterales e internacionales	Ejecución del proyecto GEF CREW+	Co-ejecutador del proyecto del proyecto
12	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	ONU Programa para el Medio Ambiente	Organismos multilaterales e internacionales	Implementador del proyecto GEF CREW+	Co-implementador del proyecto
13	Asociación de Hotel de la Riviera Maya	AHRM	Empresas privadas	AHRM cuenta con más de 120 hoteles asociados, incluyendo igualmente hoteles en la Riviera Maya y más de 50 miembros aliados	Desarrollan sus actividades en comunidades del ámbito del proyecto
14	Secretaría de Ecología y Medio Ambiente	SEMA	Entidades y oficinas gubernamentales	Definir y conducir la política pública ambiental estatal como cabeza de sector, así como instrumentar el Programa Sectorial de Ecología y Medio Ambiente, con sus estrategias y líneas de	Brazo ambiental del proyecto

				acción a corto, mediano y largo plazo.	
15	Gobierno del Estado de Quintana Roo	Gob. Qroo.	Entidades y oficinas gubernamentales	Representar al Gobierno del Estado de manera permanente en la Ciudad de México; realizar los estudios, proyectos y asesorías que le encomiende el Gobernador del estado y previo acuerdo de este, efectuar trámites ante las autoridades federales y del Distrito Federal o particulares, para auxiliar a las dependencias y entidades del estado. Ejecutar acciones para promover a nivel nacional e internacional, las inversiones nacionales y extranjeras en el estado, instrumentar sistemas de atención e información para la difusión y promoción de las actividades de las ámbitos públicos, social y privado del estado; en coordinación con las secretarías correspondientes, promover ante los diversos sectores en el país y las representaciones extranjeras, los atractivos naturales, culturales, turísticos e industriales y las ventajas competitivas para propiciar las inversiones en el estado; establecer vínculos de cooperación y ayuda mutua con las representaciones de las entidades federativas.	Potencial emisor de bono temático, quien adquirirá la obligación de reintegrarle el capital a los inversionistas más los intereses generados en un determinado plazo. Potencial financiador de resultados de la inversión de impacto. Potencial contribuidor en el mecanismo de Blended Finance a través de la Contraprestación Nacional.
16	Secretaría de Finanzas y Planeación del estado de Quintana Roo	SEFIPLAN	Entidades y oficinas gubernamentales	Contar con una evaluación del desempeño de los fondos y programas que se operan en el Gobierno del estado de Quintana Roo.	Potencial encargado de fungir como fideicomitente de acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica de la Administración Pública del estado de Quintana Roo.
17	Agencias calificadoras	Agencias calificadoras	Empresas privadas	Proveer a los mercados de valores mundiales opiniones crediticias objetivas, oportunas, independientes y prospectivas.	Potenciales encargados de calcular la probabilidad de impago a través del otorgamiento de una calificación crediticia al bono temático.

Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior y de acuerdo con el nivel de importancia de cada uno de los actores identificados, se procedió categorizar a los actores de la siguiente manera:

Actores clave: son aquellos que se deben de incluir en todo el proceso de ejecución del proyecto, ya que son los que fortalecerán y garantizarán la sostenibilidad de las actividades.

Actores primarios: son aquellos que deben ser incluidos en las reuniones de socialización, y deben participar en momentos específicos vinculados con las actividades del proyecto para mejorar su posicionamiento frente a los demás actores. Se busca incrementar el conocimiento, interés y compromiso de estos actores en el proyecto para generar sinergias con los actores clave.

Actores secundarios: son aquellos que deben de estar informados y que de esta forma puedan favorecer la generación de resultados y beneficios recíprocos.

Tabla 13 Categorización de actores según nivel de importancia Componente A

Actores clave	Actores primarios	Actores secundarios
<ul style="list-style-type: none"> • San Antonio Segundo • Yaxley • Yodzonot Nuevo • CONAGUA - Comisión Nacional de Agua • CAPA - Comisión de Agua Potable y Alcantarillado • GEF - Fondo Mundial para el Medio Ambiente • GIZ - Agencia de Cooperación Alemana • SEDESO - Secretaría de Desarrollo Social • INPI - Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas • AHRM - Asociación de Hotel de la Riviera Maya • SEMA- Secretaría de Ecología y Medio Ambiente • Gob. Qroo. - Gobierno del estado de Quintana Roo • SEFIPLAN - Secretaría de Finanzas y Planeación del estado de Quintana Roo 	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales • IMTA - Instituto Mexicano de Tecnología del Agua • Conafe - Consejo Nacional de Fomento Educativo • XHNKA La voz del Gran Pueblo • ASK - Amigos de Sian Ka'an • CA - Centinelas del Agua • BID-/ Banco Interamericano de Desarrollo • BMZ - Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania • OAE - Organización de los Estados Americanos • PAC -Programa Ambiental del Caribe • ONU Programa para el Medio Ambiente • ANEAS - Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento • CCPY - Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán 	<ul style="list-style-type: none"> • Felipe Carrillo Puerto <ul style="list-style-type: none"> ○ Santo Domingo ○ Sahcabchén ○ Tzukum ○ Dzaptún ○ Yaxché Chal • Universidades Quintana Roo • Isla Urbana • Rotoplas

Fuente: Elaboración propia

Plan de Involucramiento de Actores

El PIAC fue elaborado empleando como insumo el Mapeo de Actores Clave. En el plan se identifican aquellos resultados que implican la participación de actores en el ámbito del

proyecto, con el fin de asegurar la participación plena y efectiva de los actores clave. El plan de acción se presenta a continuación.

Tabla 14 Plan de Involucramiento de Actores Componente A

Categoría	Actividad	Descripción	Actores involucrados	Propuesta de participación
Normatividad	Desarrollo y fortalecimiento de la normativa para la gestión y financiación de los recursos hídricos.	<ul style="list-style-type: none"> Promover la normatividad para el desarrollo de mecanismos financieros que puedan captar ingresos, para las Ecotecnias en comunidades vulnerables y sin acceso a los servicios básicos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CONAGUA ✓ ASK 	Promover la iniciativa en cuanto a la gestión y financiación integrada del recurso hídrico.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gobierno del Estado de Quintana Roo 	Evaluar y discutir la iniciativa.
Administrativo	Desarrollar y fortalecer mecanismos de comunicación.	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer la comunicación, coordinación, concurrencia y sinergias entre las dependencias municipales y estatales. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CONAGUA ✓ ASK ✓ Isla Urbana 	Apoyar en el fortalecimiento de comunicaciones entre CONAGUA, ASK en Quintana Roo e Isla Urbana en el centro del país para generar sinergias y mejorar el conocimiento y lecciones aprendidas sobre las Ecotecnias, para que de esta forma CONAGUA pueda implementar Ecotecnias de nivel federal.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ ASK ✓ Isla Urbana 	Participar en reuniones coordinadas por CONAGUA para discutir y conversar sobre la planeación, construcción y operación de Ecotecnias.
	Promover y fortalecer espacios de diálogos con los actores que intervienen en el desarrollo de Ecotecnias.	<ul style="list-style-type: none"> Promover y fortalecer espacios de dialogo para mejorar la planificación y coordinación para el desarrollo, construcción y operación de Ecotecnias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CONAGUA 	Habilitar plataformas para mejorar la articulación y concurrencia de acciones e inversiones.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ ASK ✓ Isla Urbana 	Establecer diálogos entre sí para poder apoyar y compartir lecciones aprendidas al implementar Ecotecnias en zonas vulnerables.
Técnico	Fortalecer la relación y la cooperación entre los diferentes actores técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer la cooperación técnica y financiera para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos Creación de Manuales de operación y funcionamiento Talles de capacitación técnica y educativa 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CONAGUA 	Fortalecer la relación y comunicación con las ONGs que se implementan Ecotecnias a nivel nacional.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ ASK ✓ Isla Urbana 	Contribuir a la gestión sustentable del agua a través del conocimiento y la tecnología.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ IMTA 	
	Fortalecer el sistema de	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer la metodología de 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ASK ✓ CONAGUA 	Fortalecer la metodología y recolección de

	monitoreo de las Ecotecnias en operación.	<p>recolección y validación del funcionamiento de las Ecotecnias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a los promotores comunitarios de XHNKA La voz del Gran Pueblo para que puedan ser un apoyo en el monitoreo de las Ecotecnias instaladas dado que ellos visitan múltiples comunidades en la zona como parte de su trabajo en la radio 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ XHNKA La voz del Gran Pueblo 	información sobre el funcionamiento de las Ecotecnias para poder medir y evaluar su desempeño y con ello proponer mejoras.
	Fortalecer el papel activo de mujeres y niños en la operación y mantenimiento de las ecotecnologías.	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer el rol de las mujeres y niños en las comunidades 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ASK ✓ CONAGUA 	Generar estrategias inclusivas para que las mujeres y niños participen en el mantenimiento y operación adecuado de las Ecotecnias.
Ambiental	Fortalecer los programas relacionados a la sensibilización y la cultura del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer y promover el desarrollo de programas relacionados a la sensibilización y la cultura del agua con ayuda de los interlocutores locales como XHNKA la Voz del Gran Pueblo 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEMA Quintana Roo ✓ Comunidades beneficiadas ✓ ASK ✓ SEDESO ✓ Conafe ✓ XHNKA La voz del Gran Pueblo 	Fortalecer e impulsar programas y campañas relacionadas con la sensibilización y la cultura de agua en Quintana Roo
Financiero	Administración de fideicomisos.	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con una evaluación del desempeño de los fondos y programas que se operan en el Gobierno del estado de Quintana Roo 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEFIPLAN 	Podría ser la encargada de fungir como fideicomitente de acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica de la Administración Pública del estado de Quintana Roo en sus artículos 33 fracción XXXII y 43 fracción XVI
	Otorgar financiamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Otorgar financiamiento para las Ecotecnias con la finalidad de asegurar su sostenibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gobierno del estado de Quintana Roo ✓ Banca de Desarrollo y Multilateral ✓ Inversionistas ✓ Programas federales ✓ Asociaciones filantrópicas 	Encargados de proveer financiamiento, buscar y/o otorgar financiamiento para la sostenibilidad de las Ecotecnias.

Fuente: Elaboración propia

Presupuesto de Proyecto piloto

La propuesta del proyecto piloto para la instalación de Ecotecnias considera un total de 34 sistemas, representando una inversión de \$2,623,146 pesos con costos de operación y mantenimiento de \$27,600 pesos anuales. Adicionalmente se considera un costo de \$782,519 pesos por concepto de asistencia técnica por parte de ASK y un presupuesto contingente por posibles incidentes por un monto de \$344,778 pesos.

Cabe resaltar que el presupuesto contemplado para el proyecto piloto fue proporcionado por GIZ.

Tabla 15 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente A

Localidad	Nivel	Ecotecnias						Total
		SCALL	Cisterna	Sanitario Ecológico	Rehabilitación Sanitario ²	Humedal	Filtro Purificador	
A	Comunitario (20)	1	1	-	1	-	1	4
B	Vivienda (9)	-	-	-	8	8	8	24
C	Comunitario (160)	1	1	2	-	1	1	6
Total # de Ecotecnias		2	2	2	9	9	10	34
Costo unitario (v) CAPEX					\$36,546	\$119,177	\$4,000	
Costo unitario (c) CAPEX		\$18,283	\$127,713	\$138,362	\$60,025	\$676,620	\$20,000	
CAPEX total		\$36,566	\$255,427	\$276,723	\$352,391	\$1,630,039	\$72,000	\$2,623,146
Costo unitario (v) O&M		\$350	\$350	\$500	NA	\$250	\$700	
Costo unitario (c) O&M		\$1,500	\$1,500	\$2,500	NA	\$3,000	\$3,000	
OPEX total		\$3,000	\$3,000	\$5,000	NA	\$5,000	\$11,600	\$27,600
Costo asistencia técnica ASK (v)		\$3,052	\$20,902	\$21,360	NA	\$22,885	\$611	
Costo asistencia técnica ASK (c)		\$19,376	\$134,563	\$88,641	NA	\$103,287	\$3,052	
Costo total asistencia técnica ASK		\$38,752	\$269,126	\$177,282	NA	\$286,367	\$10,992	\$782,519
Costo contingente		\$3,657	\$25,543	\$27,672	NA	\$277,107	\$10,800	\$344,778

Fuente: Elaboración con información proporcionada por la GIZ

Adicionalmente y con la finalidad de contar con montos aproximados de inversión para el desarrollo de todas las Ecotecnias analizadas y no únicamente los 34 sistemas propuestos por el equipo de GIZ para el diseño del proyecto piloto, el Consultor realizó un análisis detallado de la inversión requerida para cada una de las localidades consideradas en este estudio.

Es decir 75 sistemas que permitan cubrir la capacidad necesaria para las tres comunidades se estima una inversión máxima de \$18,085,077 pesos con costos de operación y mantenimiento de \$88,350 pesos anuales. Adicionalmente se considera un costo de \$2,712,804 pesos por concepto de asistencia técnica por parte de ASK y un presupuesto contingente por posibles incidentes por un monto de \$2,201,760 pesos.

Tabla 16 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto estimado por el equipo consultor

Localidad	Nivel	Ecotecnias					Total
		SCALL	Cisterna	Sanitario Ecológico	Humedal	Filtro Purificador	
A	Comunitario (20)	2	2	2	2	2	10
B	Vivienda (9)	9	9	9	9	9	45
C	Comunitario (160)	4	4	4	4	4	20
Total # de Ecotecnias		15	15	15	0	15	75
Costo unitario (v) CAPEX		\$20,342	\$139,343	\$142,394	\$152,565	\$4,069	
Costo unitario (c) CAPEX		\$129,172	\$897,083	\$590,936	\$688,577	\$20,342	
CAPEX total		\$958,110	\$6,636,585	\$4,827,162	\$5,504,547	\$158,673	\$18,085,077
Costo unitario (v) O&M		\$350	\$350	\$500	\$250	\$700	
Costo unitario (c) O&M		\$1,500	\$1,500	\$2,500	\$3,000	\$3,000	
OPEX total		\$12,150	\$12,150	\$19,500	\$20,250	\$24,300	\$88,350
Costo asistencia técnica ASK (v)		\$3,052	\$20,902	\$21,360	\$22,885	\$611	
Costo asistencia técnica ASK (c)		\$19,376	\$134,563	\$88,641	\$103,287	\$3,052	
Costo total asistencia técnica ASK		\$143,724	\$995,496	\$724,086	\$825,687	\$23,811	\$2,712,804
Costo contingente		\$95,811	\$663,659	\$482,716	\$935,773	\$23,801	\$2,201,760

Fuente: Elaboración propia

Fuentes y Mecanismos de financiamiento

El siguiente capítulo tiene como finalidad mostrar las fuentes y/o mecanismos de financiamiento seleccionados para el componente A, con la finalidad de elaborar una propuesta de sostenibilidad financiera de los servicios de agua y saneamiento en las localidades beneficiadas (Ecotecnias).

Descripción

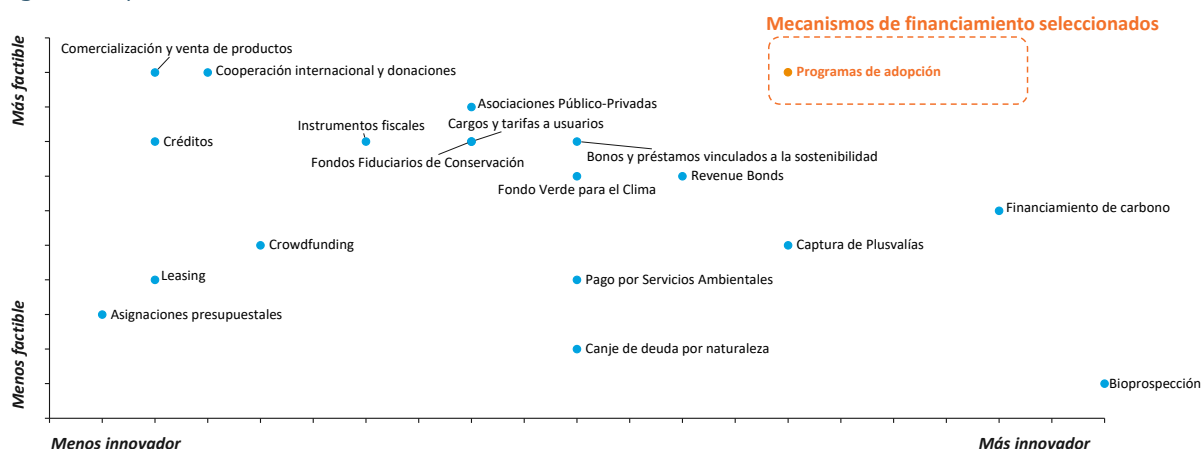
Un mecanismo de financiamiento es aquella forma por medio de la cual una organización, empresa o entidad obtiene los fondos necesarios para el desarrollo de algún proyecto o para garantizar la continuidad de sus operaciones.

Este término es comúnmente utilizado por diversas organizaciones benéficas y grupos sin fines de lucro para obtener recursos para la operación de sus actividades, de igual manera las entidades gubernamentales utilizan este tipo de mecanismos como fondos de recaudación a través de impuestos, prestamos de organizaciones privadas o fondos adquiridos por algún programa internacional para el desarrollo de proyectos.

Para el caso en particular de las Ecotecnias se realizó una investigación respecto de aquellos mecanismos o vehículos financieros más apropiados para el desarrollo de los proyectos.

Al respecto se identificaron alrededor de 22 potenciales mecanismos, sin embargo, el mecanismo identificado con mayor viabilidad fue el del Programa de adopción, tal como se muestra en la figura siguiente:

Figura 8 Mapeo de mecanismos de financiamiento



Fuente: Elaboración propia

Este mecanismo fue seleccionado debido a que el impacto del proyecto piloto está diseñado para implementarse a nivel local y que este no cuenta con una fuente de repago, lo cual inhabilita los demás mecanismos identificados ya que estos requieren de una fuente de repago por parte de los proyectos.

La principal característica de este tipo de mecanismo y por lo cual se considera apto para el desarrollo de las Ecotecnias, radica en que no se requiere una fuente de pago generada por parte del proyecto en cuestión.

Análisis de viabilidad

Los mecanismos de financiamiento para Ecotecnias están enfocados principalmente en la participación del sector privado con el objetivo de obtener recursos para la gestión de proyectos de conservación del ecosistema. A cambio de la contribución de estas empresas se les reconoce y otorgan incentivos fiscales (ISR).

Sin embargo, es importante señalar que las Ecotecnias, por su naturaleza, no generan ingresos directos, lo que puede dificultar su financiamiento a través de mecanismos que requieren un retorno de la inversión. Adicional a ello, el costo de implementación de las Ecotecnias puede ser elevado, lo que hace complicado el justificar la generación de ingresos (p. ej. vender un metro cúbico de agua generado por las Ecotecnias).

Es así como, para activar algún otro mecanismo de financiamiento diferente al programa de adopción, las Ecotecnias tendrían que generar un flujo mínimo de ingresos para contar con una fuente de repago del financiamiento provisto por las empresas privadas.

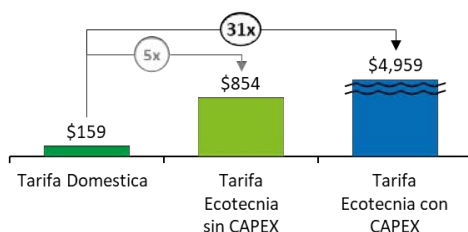
Para poder contar con un mecanismo de financiamiento diferente, se requeriría generar una fuente de ingresos por parte del proyecto, esto involucraría la venta de agua captada, misma que con base en estimaciones realizadas por el Consultor ascendería a un monto de \$4,959 pesos por cada metro cubico (m^3) durante una vida útil de 10 años.

Lo anterior considerando una inversión inicial de 2.9 millones de pesos para el desarrollo del proyecto piloto y una Tasa libre de riesgo (TIIE 28 días) que equivaldría a una TIR del 11.24%.

La estimación de este costo por m^3 incluye de manera general la infraestructura de un Ecotecnia (sistema de captación de agua de lluvia, cisterna, sanitario ecológico, humedal y filtro purificador de agua).

En comparación con la tarifa doméstica actual del estado de Quintana Roo (\$159 pesos por m³), el costo por cada m³ requerido para hacer rentable una inversión por Ecotecnias sería 31 veces más caro y bajo un escenario hipotético de considerar únicamente los costos de operación y mantenimiento que implican las Ecotecnias (~106 mil pesos anuales), el m³ sería 5 veces más caro que la tarifa doméstica.

Figura 9 Comparación tarifa doméstica Quintana Roo y tarifas del proyecto piloto



Fuente: Elaboración propia

En conclusión, por esta razón se considera que el mecanismo más viable y apropiado para la implementación del proyecto piloto son los programas de adopción, ya que lo que se busca con este tipo de mecanismos es que los participantes del sector privado puedan generar un impacto positivo y directo a la sociedad y al medio ambiente, además de ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en las comunidades seleccionadas.

Esquema de financiamiento

Programas de adopción: Consiste en un contrato de donación orientado principalmente a la participación del sector privado cuyo objetivo es conseguir recursos para la gestión de los proyectos que se adopten, a cambio del reconocimiento en la contribución a los fines de conservación del ecosistema. Pueden ser aportes en especie o efectivo, periódicos y programados, o por una sola vez.

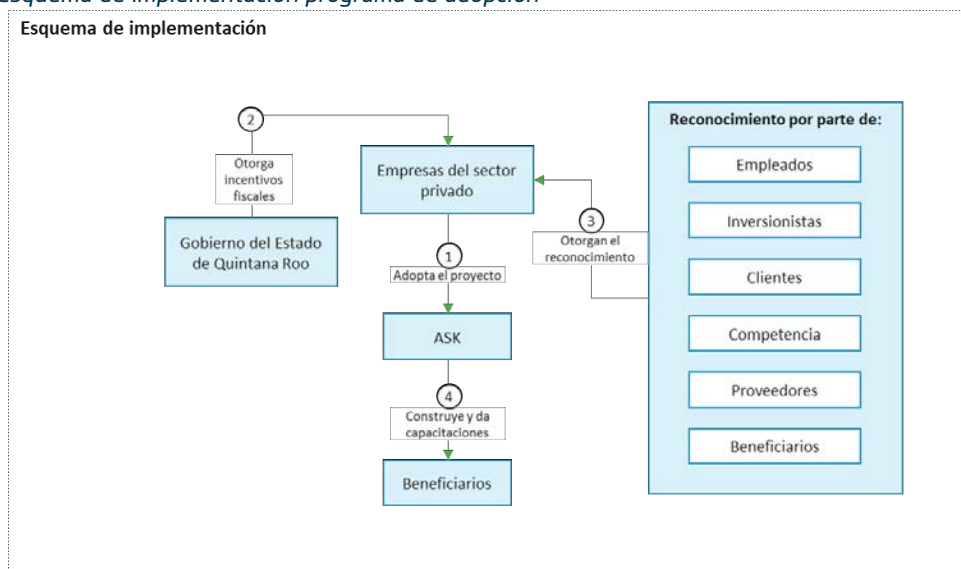
De igual forma, podrían combinarse con incentivos fiscales a fin de alentar la participación de las empresas.

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes cuatro pasos:

1. Empresas del sector privado "adoptan" el proyecto, haciéndose cargo del costo de inversión y operación.
2. El Gobierno a su vez proporciona incentivos fiscales, como una reducción sobre el impuesto sobre la nómina o predial.
3. Los diferentes actores involucrados con la empresa otorgan el reconocimiento a las empresas que participen en el Proyecto.
4. ASK construye las Ecotecnias e imparte capacitaciones para que los beneficiarios operen y mantengan la infraestructura.

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 10 Esquema de implementación programa de adopción



Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de implementación a corto plazo

A continuación, se presenta un ejemplo del mecanismo previamente revisado, el cual ha sido adaptado específicamente al sector hotelero de Quintana Roo debido a su gran potencial como posible donante.

El PIB (Producto Interno Bruto) del estado Quintana Roo se considera como el ingreso generado por todas las actividades económicas del estado, el cual, según datos del INEGI, fue de aproximadamente \$257,699 millones de pesos en 2021. Quintana Roo es uno de los principales destinos turísticos de México, reconocido por sus playas, hoteles y atracciones turísticas. En el año 2021, el turismo contribuyó en un 45% al PIB estatal (representando \$117,510 millones de pesos).

El sector turístico de Quintana Roo, al ser uno de los principales motores económicos del estado, tiene un gran potencial como donante para causas sociales o de beneficencia, generando como posibilidad que este sector pueda aportar donaciones a donatarias autorizadas en el estado. Al realizar este tipo de donaciones, las empresas turísticas podrían reducir su carga tributaria en hasta un 7% de sus ingresos anuales y contribuir a causas benéficas al mismo tiempo.

Se estima que el sector turístico podría contribuir con hasta \$8,226 millones de pesos

a causas benéficas (Ecotecnias), generando un ahorro de impuestos de hasta \$2,468 millones de pesos (30% de \$8,226.75 millones de pesos), lo que podría mejorar su reputación y percepción ante la sociedad e inversionistas.

Dado lo anterior, Amigos de Siaan Kan (ASK) podría establecer alianzas con hoteles y resorts para promover proyectos conjuntos en áreas de interés común, como la preservación del medio ambiente, la mejora de las condiciones de vida de las comunidades locales y mejorar la calidad de vida de los empleados del sector turístico.

Además, podría llevar a cabo campañas de recaudación de fondos dirigidas específicamente al sector turístico, para sensibilizar a las empresas sobre los beneficios de la filantropía corporativa y la importancia de apoyar causas benéficas. De esta manera, la fundación podría aprovechar el potencial del sector turístico para hacer una contribución significativa a la sociedad, fortalecer su capacidad para llevar a cabo su misión y lograr sus objetivos de impacto social.

Tabla 17. Ejemplo de hoteles y resorts con objetivos alineados con el proyecto piloto

	Hotel	N° cuartos	Descripción de objetivos	Proyectos de comunidad	Proyectos de Agua
1	Hotel RIU Cancún	700	Los hoteles Riu buscan llevar a cabo proyectos relacionados con la comunidad y la biodiversidad en los destinos donde operan. Buscan sinergias con organizaciones locales para generar beneficios en las comunidades, trabajando en acciones conjuntas.	✓	✓
2	Presidente Intercontinental Cancún Resort	300	A través de IHG Foundation apoyan a organizaciones sin fines de lucro que trabajan en áreas como la educación, la reducción de la pobreza, el cuidado de la salud y la protección del medio ambiente.	✓	
3	Hard Rock Hotel Cancún	1,789	El hotel participa en varios esfuerzos filantrópicos locales, que incluyen brindar apoyo a las escuelas locales y organizaciones comunitarias, apoyar los esfuerzos de socorro en casos de desastre y promover la sostenibilidad y la conciencia ambiental.		✓
4	Iberostar Selection Cancún	426	Iberostar Selection Cancún brinda apoyo a las comunidades locales. Ha organizado varias campañas de donación para apoyar a las escuelas y organizaciones benéficas de la zona.	✓	
5	Le Blanc Spa Resort	260	Le Blanc Spa Resort retribuye a través de su asociación con Palace Foundation. The Palace Foundation se enfoca en el desarrollo comunitario, la educación, la salud y la conservación del medio ambiente en las áreas donde opera Palace Resorts.	✓	✓
6	Krystal Altitude Cancún	398	El hotel realiza donaciones a organizaciones benéficas locales, programas de voluntariado para empleados, proyectos de conservación ambiental	✓	
7	Live Aqua Beach Resort Cancún	371	Grupo Posadas cuenta con iniciativas que apoyan a las comunidades y crecimiento para el desarrollo de sus habitantes, en donde los hoteles implementan acciones que coadyuvan la preservación de la flora, fauna, suelo, atmósfera y los océanos para el presente y futuro de nuevas generaciones.	✓	✓
8	Crown Paradise Cancún	617	El hotel realiza donaciones a organizaciones benéficas locales, programas de voluntariado para empleados, proyectos de conservación ambiental	✓	
9	Hyatt Ziva Cancún	547	A través de su programa de responsabilidad social corporativa Hyatt Thrive, con un enfoque en el desarrollo comunitario, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los empleados y las comunidades locales.	✓	✓
10	Grand Fiesta	602	Grupo Posadas cuenta con iniciativas que apoyan a las comunidades y	✓	✓

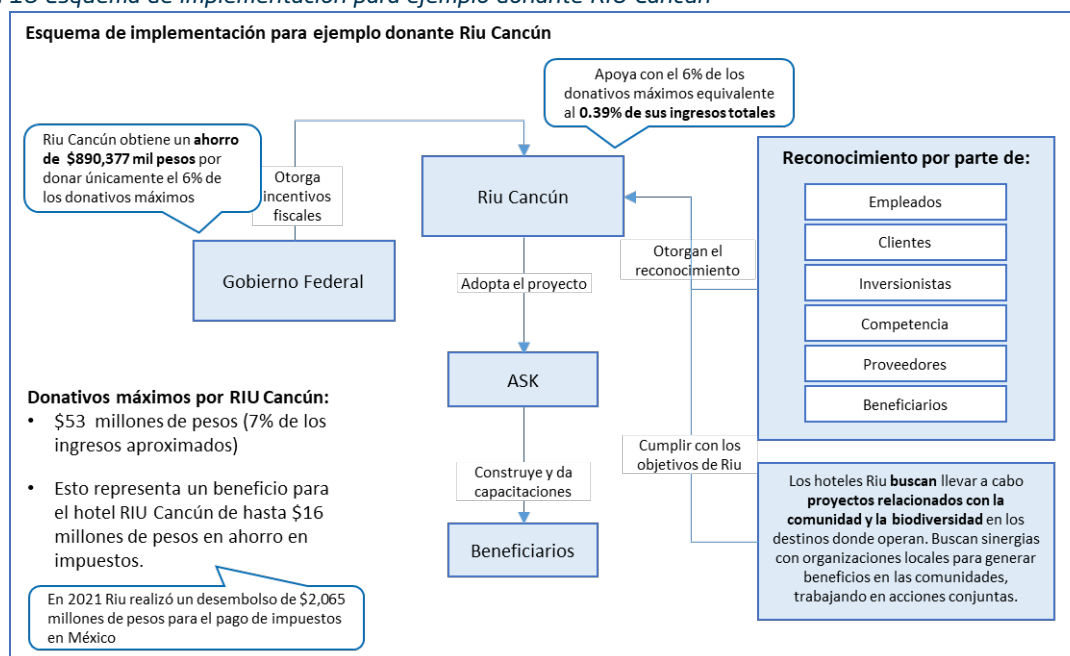
Americana Coral		crecimiento para el desarrollo de sus habitantes, en donde los hoteles implementan acciones que coadyuvan la preservación de la flora, fauna, suelo, atmósfera y los océanos para el presente y futuro de nuevas generaciones.		
Total	6,010 (0.02%)			
Cuartos disponibles de 5 estrellas en Qroo	29,648,049 (100%)			

Tomando como ejemplo el Hotel RIU Cancún que cuenta con un total de 700 habitaciones en el estado de Quintana Roo, en el cual precio por noche oscila entre los \$2,500 y \$7,500 pesos por noche, dependiendo de la temporada y la disponibilidad, asumiendo una ocupación del 60% y un precio promedio por habitación de \$5,000, el hotel podría generar ingresos promedio de aproximadamente \$766 millones de pesos al año.

Además, considerando los beneficios fiscales anteriormente mencionados, si esta cadena hotelera decidiera realizar donaciones a donatarios autorizados, podría deducir hasta el 7% de sus ingresos anuales en impuestos, lo que representaría un máximo de \$53 millones de pesos en donaciones.

Bajo este ejemplo y considerando que el proyecto piloto necesita una inversión de \$2.9 millones de pesos, equivaldría al 0.39% de sus ingresos totales, este porcentaje sería equivalente a tener ocupados tan solo 23 cuartos a un costo de \$5,000 durante todo un año.

Tabla 18 Esquema de implementación para ejemplo donante RIU Cancún



Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que los 23 cuartos antes mencionados representan solo una

porción muy pequeña en comparación con los 29 millones de cuartos disponibles del sector hotelero en el estado de Quintana Roo. Esto demuestra el enorme potencial del sector turístico y el impacto que puede tener la adopción de estos proyectos por parte de empresas turísticas.

Ejemplo de implementación a largo plazo

Esta opción de financiamiento a largo plazo puede realizarse en conjunto con empresas privadas relacionadas con el sector de agua que ya haya emitido algún tipo de bono o que esté interesado en emitir uno. Un ejemplo es el bono de Hidráulicos de Cancún (DHC) que emitió su primer bono azul (blue bond) con clave de pizarra "DHIC 22", con un plazo de tres años y medio, por un monto total de \$1,400 millones de pesos.

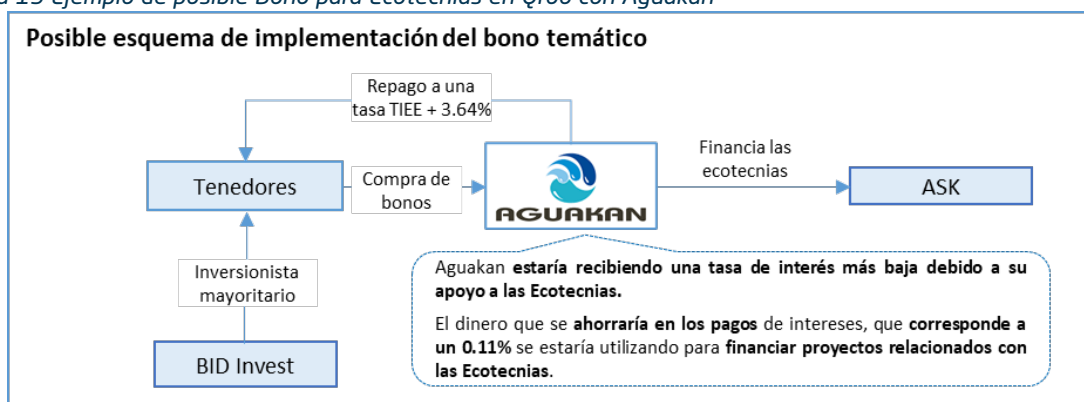
El objetivo principal del bono es conseguir financiamiento para proyectos que ayuden al incremento del acceso al agua potable y para mejorar la calidad de los servicios de saneamiento en Cancún. Algunas de las principales características del bono son las siguientes:

- Fecha de colocación: 18/11/2022
- Fecha de vencimiento: 29/05/2026
- Plazo de emisión: 1288 días (3.5 años)
- Títulos de la emisión: 14,000,000
- Monto de la emisión: \$1,400 millones de pesos
- Tipo de tasa de interés: Rendimiento
- Tipo de rendimiento: Variable
- Tasa de referencia: TIEE 28
- Sobretasa: 3.75%

El repago de este bono por un monto total de \$1,400 millones de pesos es realizado a través de los flujos de caja generados por los proyectos de Aguakan, por otra parte la tasa de interés del bono se estima en alrededor de 14.99%, considerando una TIEE del 11.24% y un margen adicional de 3.75%. Basándonos en esta tasa de interés, se puede estimar que el repago anual del bono es de aproximadamente \$542.7 millones de pesos.

Tomando en consideración lo anterior, a continuación, se muestra un posible esquema que se podría implementarse en conjunto con Aguakan para el proyecto piloto.

Tabla 19 Ejemplo de posible Bono para Ecotecnias en Qroo con Aguakan



Fuente: Elaboración propia

Bajo el esquema propuesto anteriormente, se podrían incluir las Ecotecnias en los proyectos de Aguakan, lo que requeriría una inversión de \$2.9 millones de pesos. Para financiar esta iniciativa, se podría buscar la ayuda de organismos multilaterales (p.ej. BID Invest), quienes podrían ser los inversores mayoritarios del bono.

Con el apoyo de Aguakan se podría negociar una sobretasa menor en el bono para financiar la inclusión de las Ecotecnias. Al incluir las Ecotecnias en los proyectos de Aguakan, se mejoraría la sostenibilidad ambiental en la región, lo que podría tener un impacto positivo a largo plazo en las comunidades, además, la sobretasa del bono podría reducirse de un 3.75% a un 3.64%, lo que podría reducir el costo total de financiamiento para Aguakan.

Otros ejemplos de empresas en México relacionadas con el sector del agua que han emitido bonos temáticos al igual que Aguakan y con los cuales se podría buscar una potencial colaboración son:

1. **FEMSA:** en 2018, la empresa emitió un bono verde de \$1,500 millones de pesos mexicanos destinado a financiar proyectos de conservación del agua y de energías renovables. FEMSA es la empresa matriz de Coca-Cola FEMSA, uno de los mayores embotelladores de Coca-Cola en el mundo.
2. **Banco Interacciones:** en 2019, el banco emitió un bono temático de \$1,500 millones de pesos mexicanos destinado a financiar proyectos de infraestructura en el sector del agua, incluyendo proyectos de tratamiento de aguas residuales, plantas potabilizadoras y sistemas de distribución de agua potable.
3. **Grupo Aeroportuario del Pacífico:** en 2020, la empresa emitió un bono verde de \$4,000 millones de pesos mexicanos destinado a financiar proyectos de eficiencia energética y conservación del agua en sus aeropuertos en México.
4. **Promotora y Operadora de Infraestructura:** en 2021, la empresa emitió un bono temático de \$1,500 millones de pesos mexicanos destinado a financiar proyectos de infraestructura en el sector del agua, incluyendo plantas potabilizadoras y sistemas de

distribución de agua potable.

Una alternativa adicional podría ser la emisión de un bono temático a nivel federal que incluya proyectos relacionados con el agua en diferentes comunidades en todo el país, y no solo en el proyecto piloto de Quintana Roo.

En este caso, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como organismo público encargado de la gestión y administración del agua en México, podría impulsar la emisión de este bono a través de su colaboración con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). A pesar de que la CONAGUA no tiene la facultad de emitir bonos como lo hacen las empresas privadas, podría participar en la identificación de proyectos que podrían financiarse a través del bono temático y en la estructuración del mismo.

Adicionalmente, la CONAGUA podría colaborar en la promoción y difusión del bono, así como en la identificación de proyectos que puedan contribuir a la mejora de la gestión del agua en el país.

Es importante destacar que, en México, la emisión de bonos gubernamentales está a cargo de la SHCP, por lo tanto, cualquier emisión de bonos relacionados con el sector del agua tendría que ser llevada a cabo por el gobierno federal a través de esta Secretaría. La colaboración de la CONAGUA podría ser clave en la identificación de proyectos relevantes y en la promoción del bono para garantizar su éxito en la financiación de proyectos para mejorar la gestión del agua en México.

Conclusiones

El proyecto propone instalar Ecotecnias en tres comunidades, las dos primeras de ellas San Antonio Segundo y Yodzonot Nuevo, contarán con proyectos a nivel vivienda mientras que la tercera comunidad de Yaxley contará con Ecotecnias a nivel comunidad.

Algunos criterios considerados para la selección de las comunidades fueron: la alta marginación, la falta de servicios públicos asociados al agua y el interés mostrado por las comunidades en conjunto con su corresponsabilidad en este tipo de proyectos.

Como se mencionó anteriormente, la propuesta de proyecto piloto para la instalación de Ecotecnias considera un total de 34 sistemas, representando una inversión de ~2.6 millones de pesos con costos de operación y mantenimiento de ~27 mil pesos anuales, considerando adicionalmente un costo de ~783 mil de pesos por concepto de asistencia técnica por parte de ASK y un presupuesto contingente por posibles fallas en la Ecotecnias de ~345 mil de pesos.

En cuanto a la sostenibilidad financiera, las Ecotecnias y sobre todo las comunidades

precisan contar con recursos técnicos y/o financieros suficientes, estables, diversificados y oportunos que les permitan consolidar las actividades de operación y mantenimiento de sus sistemas. Dado lo anterior, el mecanismo de financiamiento seleccionado para el componente A (Ecotecnias) es el siguiente:

Programa de adopción: el cual consiste en un contrato de donación orientado principalmente a la participación del sector privado cuyo objetivo es conseguir recursos para la gestión de los proyectos que se adopten, a cambio del reconocimiento en la contribución a los fines de conservación del ecosistema.

El motivo por el cual se escogió esta fuente de financiamiento deriva de que, al ser una inversión social con impacto en tres comunidades alejadas de la mancha urbana y ciudades más importantes del estado, el inversor de este tipo de proyectos busca en primera instancia generar un impacto positivo, es decir; busca generar un impacto social y ambiental sin la expectativa de contar con rendimientos financieros.

Este mecanismo busca fomentar la participación del sector privado para la gestión de los proyectos a cambio del reconocimiento, mejora la imagen de las compañías y ayuda a cumplir con las métricas ASG (Ambientales Sociales y de Gobernanza).

Adicionalmente, en este tipo de mecanismos el Gobierno podría proporcionar incentivos fiscales. Por ejemplo, cuando se realizan donaciones a favor de Donatarias Autorizadas como lo es AMIGOS DE SIAN KA AN, AC, además de contribuir con causas de beneficio social para el desarrollo del país, las empresas del sector privado obtienen un reconocimiento fiscal que puede aminorar el importe del impuesto sobre la renta al momento de presentar su Declaración anual del ejercicio.

Este donativo es 100% deducible de impuestos, sin embargo, se identifica un monto máximo tal como se explica a continuación:

- En donativos a la Federación, entidades federativas, municipios o a sus organismos descentralizados hasta el 4% de: (i) la utilidad fiscal del ejercicio anterior en caso de ser persona moral, o (ii) los ingresos acumulables del ejercicio fiscal inmediato anterior tratándose de personas físicas.
- En donativos a las Donatarias Autorizadas por el SAT, hasta el 7% de la utilidad fiscal o ingresos acumulables del ejercicio fiscal inmediato anterior.

Las Ecotecnias tiene el propósito de mejorar la accesibilidad a agua segura, suficiente, asequible en las comunidades beneficiadas, así como salvaguardar la salud y los derechos humanos básicos; preservar y proteger los ecosistemas y los servicios ambientales, y contribuir al desarrollo socioeconómico por lo que el Estado de Quintana Roo puede otorgar incentivos fiscales para este tipo de proyectos.

Análisis del componente B - Plantas de Tratamiento

Este capítulo tiene como objetivo elaborar una propuesta de fuentes y mecanismos de financiamiento que permitan la sostenibilidad de las PTARs de 100 l/s o más de Quintana Roo. Esto con el propósito de implementar las modificaciones necesarias en las PTARs para que cumplan con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021, la cual establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación, con el fin de proteger, conservar y mejorar la calidad de las aguas y bienes nacionales.

Introducción

Las aguas residuales no tratadas siguen siendo una de las principales amenazas para la salud pública, la rica biodiversidad de cualquier región y su desarrollo a largo plazo. En Quintana Roo, el cuerpo receptor de las aguas residuales es el acuífero, el cual conecta a todos los ecosistemas desde la selva hasta el arrecife. Las aguas residuales mal tratadas tienen como consecuencias la destrucción de la biodiversidad y los ecosistemas, la contaminación de la cadena alimentaria, la escasez de agua potable, enfermedades y un impacto negativo en las actividades turísticas y recreativas.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. La NOM-001-SEMARNAT-2021 actualiza la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, renovando aspectos técnicos, así como también reconoce la existencia del tipo de suelo cárstico que hay en la Península.

La Norma reconoce que en los ecosistemas con suelos cársticos tienen un elevado valor de uso por su contribución en el abastecimiento de agua, por sus formaciones naturales que son atractivos para la actividad turística proveyendo empleo e ingresos para la población local y por constituir un hábitat de flora y fauna endémicas. Sin embargo, la característica permeable y de rápida filtración de sus rocas hace que este ecosistema sea muy vulnerable a la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales y a la contaminación directa de los acuíferos.³⁶

³⁶ (SEMARNAT, 2022)

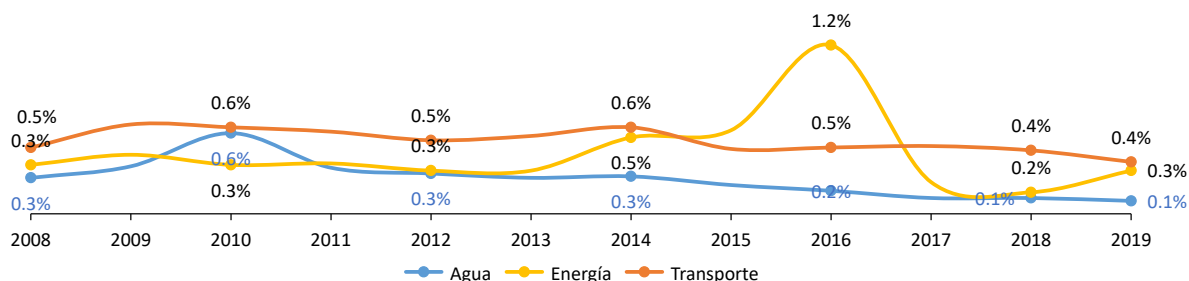
Dicho suelo cárstico filtra las aguas residuales al acuífero el principal cuerpo receptor, y pone en riesgo al Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) una barrera coralina que se extiende por más de mil kilómetros en el Caribe, entre México, Belice, Guatemala y Honduras. El SAM es una de las barreras de arrecifes más grandes del mundo y casi el 40 por ciento de su superficie se localiza en México, de este arrecife se sostiene la principal industria del Caribe mexicano el turismo por lo que preservarla es esencial. Además, la barrera arrecifal también protege la infraestructura costera y habitacional ante los huracanes y tormentas que debido al cambio climático se intensifican.

La actualización de la NOM-001-SEMARNAT-2021 implica modificaciones necesarias en las PTARs por lo que tendrán que llevar a cabo un proceso de complementación o reingeniería, esto representa un reto para los operadores de los sistemas de agua debido a que se requiere una inversión en modernización de infraestructura y capacitación del personal.

Anudados a estos retos en México, el gasto en inversión física está concentrado y destinado a rubros no necesariamente de infraestructura hidráulica, enfocándose principalmente en el sector energético y de transporte.

En los últimos años, la inversión pública promedio en agua ha sido del 0.24% del Producto Interno Bruto (PIB), menos de la mitad de lo que se invierte en otros sectores relevantes como el transporte (0.51%) y por debajo de lo que se invierte en energía (0.42%). En 2019, la inversión en agua representó el 0.1% del PIB.

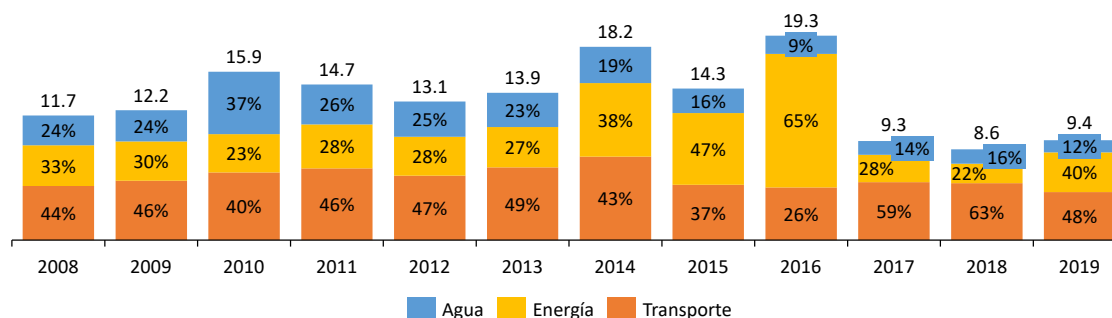
Figura 11 Evolución de las inversiones públicas como porcentaje del PIB, (%)



Fuente: Infralatam

En 2019, la inversión en agua fue de 1,148 millones de dólares, cifra más baja durante la última década. De acuerdo con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se necesita una inversión anual promedio de 49 mil millones de pesos (mdp), aproximadamente 2,390 millones de dólares (mdd) por 20 años para alcanzar la sostenibilidad y seguridad hídrica en México.

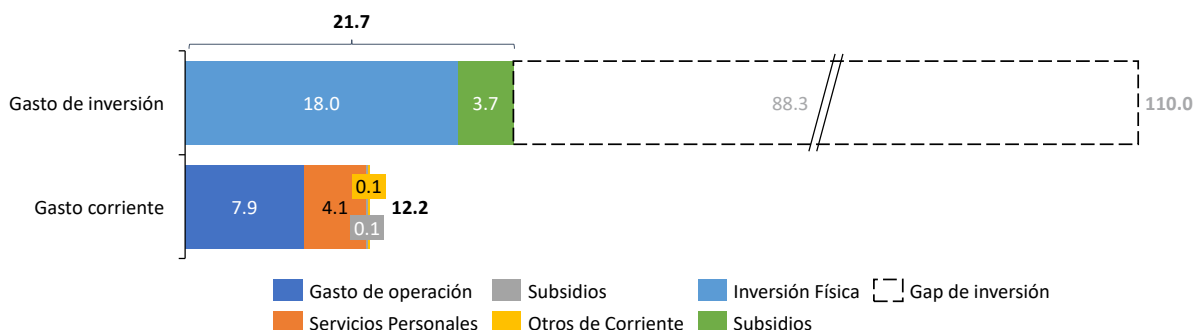
Figura 12 Evolución de las inversiones públicas en miles de millones de dólares, (\$USD)



Fuente: Infralatam

Por otro lado, el presupuesto para gasto de inversión en infraestructura hidráulica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ronda los 21 mil mdp y el gasto corriente 12 mil mdp. Ramón Aguirre, presidente del Consejo Consultivo de la Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento de México (ANEAS), y José Luis Luege, ex titular de la CONAGUA y presidente de la organización Ciudad Posible, apuntaron que el presupuesto debería ser de entre 100 mil mdp y 110 mil mdp anuales³⁷.

Figura 13 Presupuesto de egresos de la CONAGUA, en miles de millones de pesos, (\$MXN)

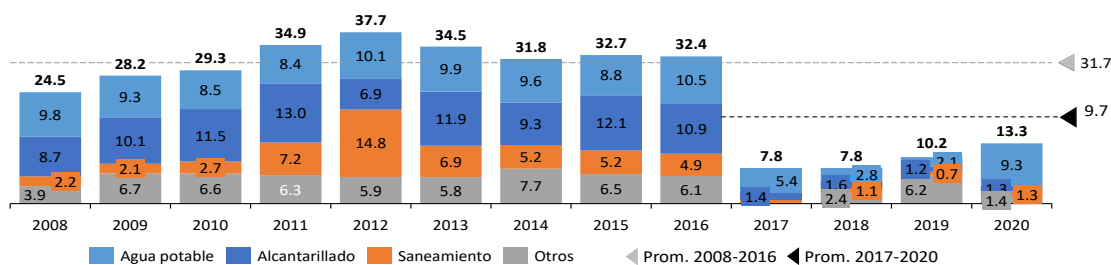


Fuente: Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Presupuesto de Egresos de la Federación 2022

Asimismo, durante 9 años (2008-2016) el promedio en gasto de inversión en agua fue de 31 mil mdp y durante los últimos 4 años (2017-2020) ha sido únicamente de 9 mil mdp.

Figura 14 Evolución de las inversiones públicas en agua por rubro, en miles de millones de pesos, (\$MXN)

³⁷ El Financiero: "Inversión pública en infraestructura hidráulica es 5 veces menor a la recomendada: expertos", publicado el 7 de abril de 2022.



Fuente: Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Presupuesto de Egresos de la Federación 2022

Como se muestra en la figura anterior, a 2020, las inversiones en infraestructura hidráulica representaron un total de 13 mil 300 mdp, de los cuales:

- + 9,272 mdp se destinaron a proyectos de agua potable, lo cual significó una reducción del 11% desde su punto más alto;
- + 1,291 mdp fueron invertidos en proyectos de alcantarillado, con una reducción del 88% desde su punto más alto;
- + 1,322 mdp dirigidos al sector de saneamiento, sufriendo una reducción del 73% desde su punto más alto y;
- + 1,400 mdp fueron destinados a otros proyectos de agua y saneamiento en general, cuya reducción fue del 77% desde su punto más alto.

La consultoría busca elaborar una propuesta de fuentes y mecanismos de financiamiento que permitan la sostenibilidad de las PTARs de 100 l/s o más de Quintana Roo. Esto con el propósito de implementar las modificaciones necesarias en las PTARs para que cumplan con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 y mitigar el rezago presupuestal en infraestructura hidráulica para que de esta forma se pueda contribuir a la preservación de los ecosistemas que se ven afectados por las aguas residuales.

Requerimientos para el cumplimiento de la NOM-001

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la NOM-001-SEMARNAT-2021 es la norma que regula los límites permisibles de contaminantes para las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales y establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

La nueva norma sustituye a la NOM-001-SEMARNAT-1996, la cual fue emitida hace 25 años. Es preciso señalar que dicha normativa será de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales en cualquier tipo de cuerpo receptor propiedad de la nación, a partir de su entrada en vigor el 11 de marzo de 2023, un año después de su publicación, con excepción de: los parámetros y límites permisibles, los

cuales entrarán en vigor el 3 de abril de 2023 y los parámetros y límites permisibles de color verdadero y toxicidad, los cuales entrarán en vigor a partir del cuarto año de la fecha de publicación de la NOM-001-SEMARNAT-2021³⁸.

Los principales cambios hechos en la NOM-001-SEMARNAT-2021:

- Se eliminan los siguientes parámetros: DBO₅, Materia Flotante, Sólidos Sedimentales y Coliformes Fecales. Los límites permisibles se establecen de acuerdo con la naturaleza del cuerpo receptor en donde se descargue: ríos, arroyos, canales y drenes; embalses, lagos y lagunas; zonas marinas mexicanas; y suelos.
- Se incorporan y regulan nuevos parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Toxicidad y Color.
- Se incorpora el uso del parámetro Carbono Orgánico Total para medir la carga orgánica contaminante, en sustitución de DQO, en aguas que presenten concentraciones mayores a 1000 mg/L de cloruros.
- Se establecen los 35° c como la temperatura máxima del agua a descargarse en los cuerpos de agua de jurisdicción federal.

Esta actualización y cambios implica modificaciones principalmente en la clasificación de los cuerpos receptores de descargas de aguas residuales, fortaleciendo los límites permisibles. Asimismo, se actualizan las especificaciones, métodos de prueba, muestreos, parámetros de temperatura, medición de la toxicidad, procedimiento para la evaluación de la conformidad, y el enfoque de usos posteriores para mejorar la gestión y la protección de los cuerpos de agua, así como la concordancia con las normas internacionales.

Dado lo anterior y con el objetivo de cumplir con la normativa, los operadores de los sistemas de agua requerirán realizar inversiones de capital para la modernización de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales, además de impartir capacitaciones al personal responsable de operar dichas infraestructuras.

Como se mencionó anteriormente, el alcance de la consultoría será específico para el estado de Quintana Roo, en donde la práctica común de descarga del agua tratada es a través de pozos de infiltración de más de 80 metros de profundidad. El cuerpo receptor aplicable es "Suelo Cárstico".

³⁸ (ANEAS, 2022)

Tabla 20 Actualizaciones en la NOM-001-SEMARNAT

NOM-001-ECOL-1996 Ley Federal de Derechos (LFD) - 2020	LFD - 2021	NOM-001-SEMARNAT-2021
<p>La totalidad de los cuerpos receptores de descargas de agua residual en Quintana Roo estaban clasificados como cuerpo tipo "A", salvo excepciones:</p> <p>Cuerpos tipo "B": Arroyos Huay Pix y Milagros, Lagunas Milagros, Guerrero y Bacalar, Bahía de Chetumal y Río Hondo o Azul o Santa María en el municipio Othón P. Blanco; Arroyos "Canal Nizuc" y "Canal Playa Linda" en el municipio de Benito Juárez.</p> <p>Cuerpos tipo "C": Sistema Lagunar Nichupté o Bojórquez o Río Inglés o del Amor o Nizuc en el municipio de Benito Juárez.</p>	<p>Se modificó la clasificación del cuerpo receptor de las descargas de agua residual en el estado de Quintana Roo:</p> <p>Cuerpos tipo "B": Arroyos Huay Pix y Milagros, Lagunas Milagros, Guerrero y Bacalar, Bahía de Chetumal y Río Hondo o Azul o Santa María en el municipio Othón P. Blanco; Arroyos "Canal Nizuc" y "Canal Playa Linda" en el municipio de Benito Juárez.</p> <p>Cuerpos tipo "C": Sistema Lagunar Nichupté o Bojórquez o Río Inglés o del Amor o Nizuc en el municipio de Benito Juárez; Acuíferos Península de Yucatán, Cerros y Valles y Xpujil en todos los municipios del Estado.</p>	<p>En marzo de 2022 se publicó en el DOF la NOM-001-SEMARNAT-2021, La NOM-001-SEMARNAT-2021 incorpora la definición de Suelo Cárstico, que a continuación se transcribe: Aquel de formación caliza, caracterizado por rocas carbonatadas y sulfatadas (calizas, dolomitas y yesos) con oquedades o conductos de disolución producidos por el agua subterránea al circular a través de ella.</p>

Fuente: Elaboración propia con información del Diario Oficial de la Federación, 11 de marzo de 2022

Principales operadores

En el estado de Quintana Roo la infraestructura de plantas de tratamiento de agua mayores a 100 l/s están en a cargo de (i)AGUAKÁN, (ii)CAPA, (iii) FONATUR y (iv) otros organismos privados, de acuerdo con el artículo ocho de la ley de agua potable y alcantarillado estos operadores están a cargo de la vigilancia, conservación, operación y mantenimiento de las instalaciones correspondientes, así como la distribución del agua potable.³⁹

Los operadores tienen la responsabilidad de brindar buenos servicios y cumplir con las normativas. Los buenos servicios de agua tienen un impacto directo en la población, ya la población servida goza de mejor salud y bienestar; se reduce la morbilidad y mortalidad, sobre todo en la población infantil, y hay menos ausentismo en las escuelas y en los trabajos. Por ello, los avances nacionales en materia de potabilización de agua y de tratamiento de aguas residuales son importantes, por lo que significan en el objetivo de incrementar y mejorar los servicios, pero también porque se constituyen hoy día, en factor de cumplimiento del derecho humano al agua, que nuestro país ha de haber adoptado como mandato constitucional, el cual a su vez deriva de la declaración de la ONU que establece: "El derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho

³⁹ (Qroo, 2021)

humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos”.⁴⁰

Las PTARs con capacidad mayor a 100 l/s que son operadas por (i)AGUAKÁN, (ii)CAPA, (iii) FONATUR y (iv) otro organismo privado como se muestra en la siguiente tabla:

AGUAKÁN: Es un operador localizado en el estado de Quintana Roo que opera los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de los municipios de Benito Juárez, Isla Mujeres, Solidaridad y Puerto Morelos.

CAPA: Es la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Quintana Roo, cuya misión es administrar eficientemente los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento a los quintanarroenses.

FONATUR: El Fondo Nacional de Fomento al Turismo tiene a su cargo 3 plantas de tratamiento con capacidad mayor a los 100 l/s en el estado de Quintana Roo.

Tabla 21 PTARs con capacidad mayor a 100 l/s en Quintana Roo

Organismo operador	PTARs con capacidad mayor a 100 l/s
AGUAKÁN	<ul style="list-style-type: none"> • Caribe 2000 • Norponiente • Norte • Polígono Sur • Playa del Carmen II (Sáas Tun Há)
CAPA	<ul style="list-style-type: none"> • San Miguelito • Centenario • Bicentenario
FONATUR	<ul style="list-style-type: none"> • Pok ta Pok • Gucumatz • El Rey
Otro organismo privado	<ul style="list-style-type: none"> • Playacar

Fuente: Elaboración propia

Localización y capacidades de las plantas de tratamiento

Las plantas con capacidad mayor a 100 l/s se encuentran ubicadas en sur, centro y norte del estado de Quintana Roo como se puede observar en las siguientes figuras.

⁴⁰ (CONAGUA, 2014)

Figura 15 Ubicación de PTARS zona sur, centro y norte de Q. Roo



Fuente: Elaboración propia

El alcance de la consultoría se limita a realizar el análisis de las 12 PTARs cuya capacidad es mayor a los 100 l/s. La descripción de dichas PTARs fue proporcionada por la GIZ y las cuales se enlistan a continuación.

Tabla 22 Listado de PTARs de más de 100 l/s en Quintana Roo

Municipio	Localidad	Operador	Nombre de la planta	Capacidad instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)	Proceso de tratamiento	Cuerpo Receptor
Benito Juárez	Cancún	AGUAKÁN	Caribe 2000	225	171	Lodos Activados	Acuífero
Benito Juárez	Cancún	FONATUR	El Rey	100	70	Lodos Activados	
Benito Juárez	Cancún	FONATUR	Gucumatz	200	150	Lodos Activados	
Benito Juárez	Cancún	AGUAKÁN	Norponiente (Cancún)	225	294	Filtro Biológico + Lodos Activados	
Benito Juárez	Cancún	AGUAKÁN	Norte	350	284	Filtro Biológico + Lodos Activados	
Benito Juárez	Cancún	FONATUR	Pok-Ta-Pok	245	200	Lodos Activados	
Benito Juárez	Cancún	AGUAKÁN	Polígono Sur	200	52	Filtro Biológico + Lodos Activados	
Cozumel	Cozumel	CAPA	San Miguelito	220	120	Lodos Activados	
Othón P. Blanco	Chetumal	CAPA	Centenario	180	120	Lodos Activados	
Solidaridad	Playa del Carmen	AGUAKÁN	Playa del Carmen II (Saas Tun Ha)	550	300	Filtro Biológico + Lodos Activados	
Solidaridad	Playa del Carmen	Desarrollador	Playacar	150	90	Lodos Activados	
Solidaridad	Tulum	CAPA	Bicentenario	120	9.7	Filtro Biológico + Lodos Activados	

Fuente: Elaboración propia con información de GIZ, Términos de Referencia (TdR)

Análisis de la infraestructura

En este apartado se analiza el diagnóstico de las PTARs⁴¹ con el objetivo de identificar el nivel de cumplimiento de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTARs) con la NOM-001-SEMARNAT-2021 y, en su caso, proponer esquemas de financiamiento para buscar que las PTARs alcancen un nivel de cumplimiento óptimo.

Las características principales y las condiciones generales de las PTARs se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 23 Características principales PTARs

Nombre de la planta	Proceso de tratamiento	Situación actual respecto a la NOM-001-SEMARNAT	Condición de operación tren de agua	Condición de operación tren de lodo	Condiciones de mantenimiento	Otros
Caribe 2000	Lodos Activados	Concluyó actualización de Proyecto Ejecutivo acorde a NOM-001 - 2021	Mala	Mala	Regular	N/A
El Rey	Lodos Activados	Requiere rehabilitación, modernización y mejora para cumplir NOM-001 2021	Regular a buena	Regular	Regular	Estación de bombeo para riego de áreas verdes del Bulevar Kukulcán. Venta de agua tratada a desarrollos hoteleros
Gucumatz	Lodos Activados	Requiere rehabilitación, modernización y mejora para cumplir NOM-001-2021	Regular a buena	Regular	Regular	Estación de bombeo para riego de áreas verdes del Bulevar Kukulcán. Venta de agua tratada a desarrollos hoteleros
Norponiente (Cancún)	Filtro Biológico + Lodos Activados	En rehabilitación y mejora. Por comisionar el reactor de lodos activados (oct - nov. 2022), diseñada para NOM-001-1996.	Mala	Regular	Regular	Paneles solares para generar energía eléctrica 500 kW
Norte	Filtro Biológico + Lodos Activados	El diseño actual es para NOM-001-1996 Pendiente actualizar Proyecto Ejecutivo a la NOM-001-2021	Buena	Buena	Buena	Paneles solares para generar energía eléctrica 500 kW

⁴¹ El diagnóstico de las PTARs está siendo elaborado por la GIZ.

Nombre de la planta	Proceso de tratamiento	Situación actual respecto a la NOM-001-SEMARNAT	Condición de operación tren de agua	Condición de operación tren de lodo	Condiciones de mantenimiento	Otros
Pok-Ta-Pok	Lodos Activados	Requiere rehabilitación, modernización y mejora para cumplir NOM-001-2021	Regular a buena	Regular	Regular	Estación de bombeo para riego de áreas verdes del Bulevar Kukulcán. Venta de agua tratada a desarrollos hoteleros y habitacionales (Puerto Cancún)
Polígono Sur	Filtro Biológico + Lodos Activados	Recientemente se rehabilitó y complementó el proceso de tratamiento para NOM-001-1996	Buena	Buena	Muy Buena	Paneles solares para generar energía eléctrica 500 kW
San Miguelito	Lodos Activados	Requiere actualizar Proyecto Ejecutivo a la NOM-001-2021	Regular-mala	Muy mala	Mala	N/A
Centenario	Lodos Activados	Requiere actualizar Proyecto Ejecutivo a la NOM-001-2021	Regular	Mala	Mala	N/A
Playa del Carmen II (Saas Tun Ha)	Filtro Biológico + Lodos Activados	El diseño actual es para NOM-001-1996 Pendiente actualizar Proyecto Ejecutivo a la NOM-001-2021	Buena	Regular	Regular - Buena	N/A
Playacar	Lodos Activados	-	Buena	Regular a mala	Regular	N/A
Bicentenario	Filtro Biológico + Lodos Activados	Por implementar en 2023 proyecto de mejora y ampliación Requiere actualizar Proyecto Ejecutivo a la NOM-001-2021	Regular	Muy mala	Mala	N/A

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Base financiera de los Organismos Operadores

Con respecto a la base financiera de los organismos operadores responsables de las PTAR se tiene lo siguiente respecto a la generación de ingresos:

La Ley de Cuotas y Tarifas para los Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales, indica en el artículo 46 BIS lo que a continuación se transcribe:

Artículo 46 BIS.- Los usuarios deberán pagar por el servicio de saneamiento una cuota adicional igual a 5% del importe del cobro del consumo de agua potable.

El mecanismo arriba indicado aplica tanto para los Organismos Operadores, la CAPA en este caso, como para el Concesionario (AGUAKÁN).

En la zona hotelera de Cancún se tiene una condición particular, ya que el servicio de suministro de agua potable y el de alcantarillado lo proporciona AGUAKÁN, en tanto que el servicio de saneamiento lo presta directamente FONATUR con personal a su cargo. La facturación y cobranza del servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la zona hotelera lo efectúa AGUAKÁN, que de manera mensual a lo largo del año entrega a FONATUR lo recaudado por concepto de saneamiento.

Adicionalmente, FONATUR tiene ingresos por la venta del agua tratada que hace a clientes particulares en la Zona Hotelera. En las plantas motivo del presente estudio operadas por la CAPA y AGUAKÁN no registran venta de agua tratada a usuarios particulares. En la siguiente figura se indica la tarifa actual aprobada por la CAPA para la venta de agua tratada.

Tabla 24 Tarifas por venta de agua tratada a carro tanque ⁴²

Venta de agua a carros tanque	Unidad	\$
Para uso general	m ³	37.82
Permiso para carros tanque	permiso	503.01

Fuente: CAPA, tarifas por otros conceptos octubre 2022

⁴² CAPA, Octubre 2022

Tabla 25 Tarifas por venta de agua tratada ⁴³

Aguas residuales	Unidad	\$
Descarga de aguas residuales origen domestico	m ³	37.82
Venta de aguas residuales tratadas	m ³	7.56
Descarga en exceso a la red de alcantarillado	m ³	17.31

Fuente: CAPA, tarifas por otros conceptos octubre 2022

Diferencia entre las plantas de tratamiento en Quintana Roo

De acuerdo con el diagnostico elaborado por la GIZ las PTARs se agrupan acorde al modo de operación y tipo de infraestructura con base al nivel de recuperación de costos actual y la capacidad de adaptación a los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021.

Inversión en las PTAR mayores a 100 l/s

En el estudio realizado para la GIZ denominado “Investigación documental de la totalidad de PTARs existentes, así como evaluación de las condiciones físicas y de operación de las PTARs municipales con gasto igual o mayor a los 100 l/s de capacidad instalada en el estado de Quintana Roo” , se estableció el Plan de Acciones requeridas para que las plantas mayores a 100 l/s puedan cumplir con la calidad del agua establecida en la NOM-001-SEMARNAT-2021 para descargas a suelo cárstico.

En la siguiente tabla se presenta el monto de la inversión estimada en el Plan de Acción por cada una de las plantas mayores a 100 l/s en el estado de Quintana Roo.

Tabla 26 Monto de la inversión estimada en el Plan de Acción

Nombre de la planta	CAPEX estimado modernización NOM-001	Inversión digestión anaerobia	Inversión Cogeneración	Inversión Paneles solares	Inversión total
Norte	\$70,275.63	\$74,529.40	\$23,544.28	\$0.00	\$168,349.31
Norponiente I	\$7,797.48	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$7,797.48
Norponiente II	\$197,426.32	\$74,529.40	\$23,544.28	\$0.00	\$295,500.00
Caribe 2000	\$219,398.24	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$219,398.24

⁴³ CAPA, Octubre 2022

Polígono Sur	\$94,281.62	\$74,529.40	\$23,544.28	\$0.00	\$192,355.30
Pok Ta Pok	\$194,936.95	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$194,936.95
Gukumatz	\$101,641.77	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$101,641.77
El Rey	\$151,752.10	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$151,752.10
Saas Tun Há	\$100,313.99	\$0.00	\$0.00	\$11,300.00	\$111,613.99
Playacar	\$37,116.82	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$37,116.82
San Miguelito	\$129,972.84	\$0.00	\$0.00	\$8,400.00	\$138,372.84
Bicentenario	\$93,192.41	\$0.00	\$0.00	\$8,400.00	\$101,592.41
Centenario	\$76,465.80	\$0.00	\$0.00	\$8,400.00	\$84,865.80
	\$1,474,571.96	\$223,588.21	\$70,632.84	\$36,500	\$1,805,293

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Cabe aclarar que las inversiones aplicadas en digestión anaerobia, cogeneración y paneles solares no se requieren de manera estricta para cumplir con la NOM-001. El objetivo de dichas inversiones es reducir el consumo de energía eléctrica, generar un subproducto valorizable y renovable (el biogás), así como generar internamente electricidad para disminuir la compra de energía a CFE y, por consiguiente, reducir el costo de Operación y Mantenimiento (O&M) de las plantas.

Costo actual de O&M de las PTARs

El costo anual de operación y mantenimiento de las plantas es de 138 millones de pesos (mdp) de los cuales 104 mdp (76%) corresponden a los costos de operación y 34 mdp (24%) a los costos de mantenimiento. Por su parte, el costo promedio unitario por m³ es de aproximadamente 2.55 pesos.

En la siguiente tabla se pueden observar los costos por planta:

Tabla 27 Costo actual de O & M de las PTARs

Operador	Nombre de la planta	Caudal medio, l/s	Vol tratado, m ³ /año	Costo O, \$/año	Costo M, \$/año	Costo O & M, \$/año	Costo unitario, \$/m ³
AGUAKÁN	Caribe 2000	132	4,162,752	\$13,120,022	\$3,150,818	\$16,270,840	\$3.91
AGUAKÁN	Polígono Sur	134	4,225,824	\$9,754,927	\$3,287,470	\$13,042,397	\$3.09
AGUAKÁN	Norponiente I	199	6,275,664	\$14,410,590	\$4,097,190	\$18,507,780	\$2.95
AGUAKÁN	Sáas Tun Há	234	7,379,424	\$17,370,060	\$4,046,884	\$21,416,944	\$2.90
AGUAKÁN	Norte	292	9,208,512	\$16,605,943	\$5,666,773	\$22,272,716	\$2.42
CAPA	Bicentenario	55	1,734,480	\$2,700,000	\$1,800,000	\$4,500,000	\$2.59
CAPA	San Miguelito	120	3,784,320	\$3,930,000	\$2,620,000	\$6,550,000	\$1.73
CAPA	Centenario	130	4,099,680	\$5,700,000	\$3,800,000	\$9,500,000	\$2.32
FONATUR	El Rey	70	2,207,520	\$4,176,815	\$1,055,433	\$5,232,248	\$2.37
FONATUR	Gucumatz	150	4,730,400	\$7,935,949	\$2,005,322	\$9,941,271	\$2.10
FONATUR	Pok-Ta-Pok	200	6,307,200	\$8,771,312	\$2,216,409	\$10,987,721	\$1.74
Desarrollador	Playacar						
TOTAL		1716	54,115,776	\$104,475,618	\$33,746,299	\$138,221,917	\$2.55

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

El operador con mayor porcentaje de costos de operación y mantenimiento en las plantas mayores a 100 l/s en Quintana Roo es AGUAKÁN (66%), seguido de FONATUR (19%) y por último CAPA (15%). La distribución de costos de operación y costos de mantenimiento varían dependiendo del operador, sin embargo, los costos de operación son mayores que los costos de mantenimiento. Para el caso de AGUAKÁN los costos de operación representan el 78%, mientras que para FONATUR 80% y para CAPA 60%. La siguiente tabla muestra los costos por operador y las gráficas ilustran la distribución



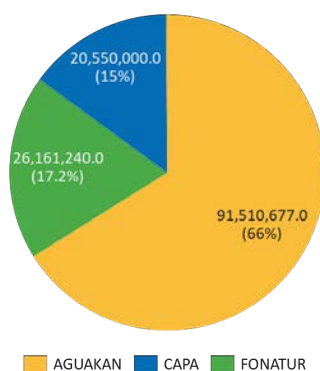
de costos por operador, así como el costo unitario por operador con respecto al promedio ponderado.

Tabla 28 Costo actual de O & M de las PTARs por operador

Operador	Vol tratado, m ³ /año	Costo O, \$/año	Costo M, \$/año	Costo O & M, \$/año	Costo unitario, \$/m ³
AGUAKÁN	31,252,176	\$71,261,542	\$20,249,135	\$91,510,677	\$2.93
CAPA	9,618,480	\$12,330,000	\$8,220,000	\$20,550,000	\$2.14
FONATUR	13,245,120	\$20,884,076	\$5,277,164	\$26,161,240	\$1.98
Desarrollador	-	-	-	-	-
TOTAL	54,115,776	\$104,475,618	\$33,746,299	\$138,221,917	\$2.55

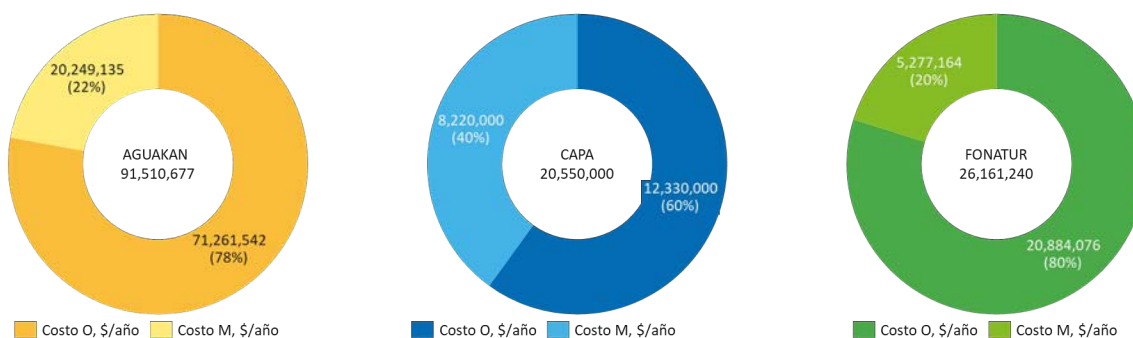
Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Figura 16 Distribución de costos por operador



Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

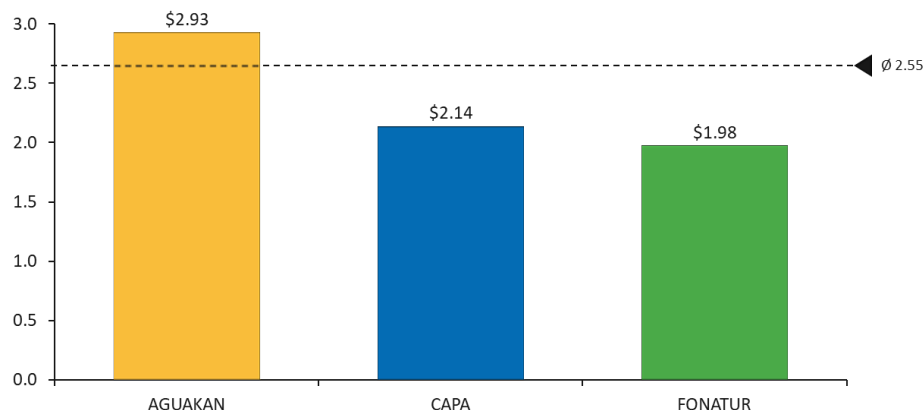
Figura 17 Distribución de costos de O&M por operador



Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Como se puede ver en la siguiente figura el operador que presenta un mayor costo unitario por m³ es AGUAKÁN con un costo aproximado de \$2.93, seguido de la CAPA con un costo de \$2.14 y por último FONATUR con un costo de \$1.98.

Figura 18 Costo unitario, \$/m³ por operador

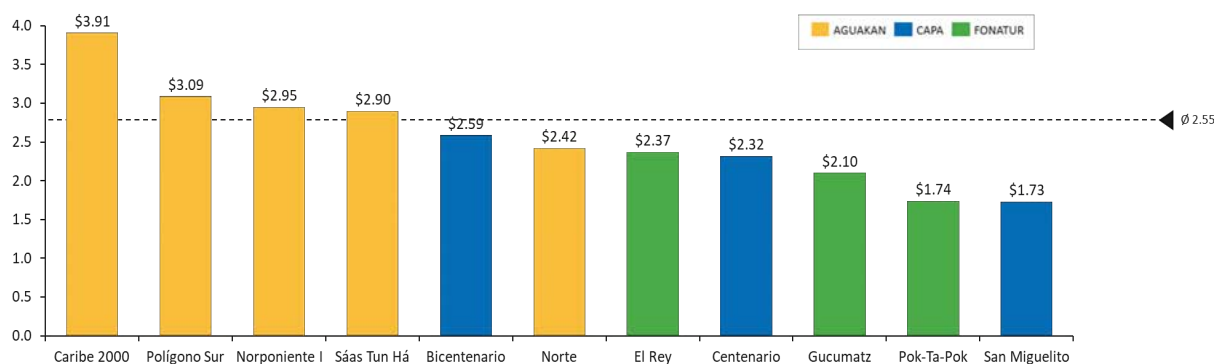


Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Es importante analizar las plantas que presentan costos de O&M altos para elaborar estrategias para poder reducirlos y estar en condiciones de aumentar los ingresos de las PTARs.

En la siguiente figura se puede observar el costo de O&M actual, \$/m³ de las plantas mayores a 100 l/s.

Figura 19 Costo unitario, \$/m³ por PTARs



Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

En la siguiente tabla se presenta el resumen de la información proporcionada por AGUAKÁN, la CAPA y FONATUR, en relación con el mecanismo de generación de ingresos, así como su monto anual, comparándolo con los costos anuales de O&M reportados.

Tabla 29 Mecanismo de generación de ingresos por operador

Operador	Ingreso anual y origen, mdp	Costo anual O&M, mdp
AGUAKÁN	\$ 84.86 Cuota Saneamiento	\$ 91.51
CAPA	\$ 10.32 Cuota Saneamiento	\$ 20.55
FONATUR	\$ 12.59 Cuota Saneamiento Venta de agua residual tratada	\$ 26.16

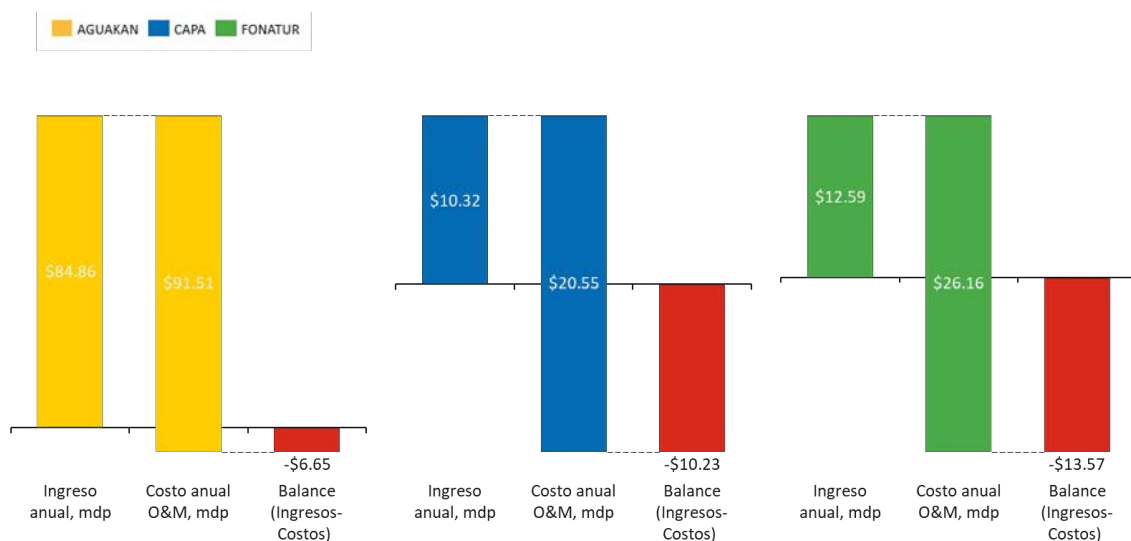
Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Actualmente los costos de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento mayores a 100 l/s en Quintana Roo son mayores a los ingresos.⁴⁴

La generación de ingresos para AGUAKÁN y CAPA proviene de la tarifa de saneamiento del 5% sobre costo de suministro de agua potable, por su parte FONATUR genera ingresos derivados de la venta de agua tratada y saneamiento.

Como se puede ver en la siguiente figura el balance de ingresos y costos para los operadores es negativa dado que el total de ingresos es menor a los costos anuales de operación y mantenimiento.

Figura 20 Ingresos versus costo O&M de las PTARs



Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Los costos operativos relacionados a la energía eléctrica representan el 40% del costo

⁴⁴ Información proporcionada por la GIZ

de O&M de las PTARs.

En la siguiente tabla se puede observar el consumo de energía eléctrica por planta, así como el costo unitario y el porcentaje que representa de los costos totales la O&M. Tomar acciones para reducir los costos y mejorar los ingresos es fundamental para poder mejorar el balance de los operadores.

Tabla 30 Consumo actual de energía eléctrica e indicadores

Nombre de la planta	Consumo energía, kWh/año	Consumo unitario, kWh/m ³	Costo unitario energía, \$/kWh	Costo anual energía	Costo energía respecto costo O&M
Caribe 2000	1,989,732.00	0.48	\$2.34	\$4,656,511.00	29%
Polígono Sur	1,918,656.00	0.45	\$2.22	\$4,255,631.00	33%
Norponiente I	2,645,088.00	0.42	\$2.56	\$6,775,962.00	37%
Saas Tun Há	2,966,796.00	0.4	\$2.59	\$7,681,901.00	36%
Norte	2,726,904.00	0.3	\$2.62	\$7,132,787.00	32%
Bicentenario	644,472.00	0.37	\$3.25	\$2,092,756.00	47%
San Miguelito	475,644.00	0.13	\$3.32	\$1,577,963.00	24%
Centenario	1,473,240.00	0.36	\$2.93	\$4,312,123.00	45%
El Rey	863,112.00	0.39	\$3.10	\$2,671,932.00	51%
Gukumatz	2,836,788.00	0.6	\$2.83	\$8,027,004.00	81%
Pok Ta Pok	2,109,012.00	0.33	\$2.70	\$5,699,328.00	52%
Total	\$20,649,444.00	\$0.38	\$2.77	\$54,883,898.00	40%

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Opciones de financiamiento para PTARs

En este apartado se estiman los montos de inversión y operación a través de costos paramétricos o de sistemas similares de las oportunidades de financiamiento a través de la generación de energía eléctrica mediante la digestión anaerobia de lodos de las PTARs y reúso de agua tratada de alta calidad.

Generación de energía eléctrica mediante la digestión anaerobia

La cogeneración es la producción de calor utilizable y energía eléctrica a partir de un combustible. En PTARs los sistemas de cogeneración efectúan el aprovechamiento y

valorización del biogás que se genera en la digestión anaerobia de los lodos generados como subproducto del tratamiento del agua residual. Sin embargo, si las plantas no efectúan la estabilización de los lodos con un proceso anaerobio no se genera biogás y, por consiguiente, no puede haber sistema de cogeneración.

La digestión anaerobia es un proceso de alto costo de inversión y de operación y mantenimiento complejos. La digestión anaerobia sólo es factible técnica y económicamente en plantas mayores a 300 l/s o con carga orgánica en el agua residual mayor a 7.5 toneladas por día de DBO⁴⁵. Por esta razón la mayoría de las plantas de tratamiento en México y en el mundo efectúan la digestión de lodos de forma aerobia.

En contrapartida, la digestión anaerobia tiene varias bondades que la hacen muy atractiva:

- La destrucción de SSV (indicador de desempeño) es mayor que en la digestión aerobia.
- El consumo de energía eléctrica es sensiblemente menor al de la digestión aerobia, < 20 %, por lo que su costo de operación es muy bajo.
- Genera biogás que es un subproducto valorizable por su poder calorífico (65 % del gas natural), al quemarse en calderas o en sistemas de cogeneración. La energía eléctrica se aprovecha para abasto parcial de la PTARs y el calor generado se utiliza para calentar el digester anaerobio, ya que debe operar a temperatura de 35 grados centígrados.
- El lodo digerido de forma anaerobia es desaguado con mayor facilidad y a mayor concentración que el lodo digerido aeróbicamente.

Para poder aprovechar el biogás en un proceso de cogeneración se requiere incorporar diversos sistemas periféricos, tales como: remoción de humedad e impurezas, remoción de ácido sulfhídrico (H₂S), remoción de siloxanos (en algunos casos), almacenamiento del biogás, así como los elementos y equipos para monitoreo y manejo seguro de este gas inflamable. Por esta razón en gran número de plantas con digestión anaerobia no se aprovecha el biogás, se quema en una antorcha.

El tiempo de operación del sistema de cogeneración puede ser de manera continua a lo largo de todo el día o bien, se pueden operar a mayor capacidad durante las 16 - 18 horas en que aplica la tarifa intermedia y de punta de energía eléctrica de CFE u otro Suministrador de Servicios Básicos (SSB). Sin embargo, aunque se tenga disponibilidad de biogás, los sistemas de cogeneración suelen operar con un factor de planta de 90% a 93%.

En las plantas mayores a 100l/s en Quintana Roo se considera que la digestión

⁴⁵ (Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México, 2017)

anaerobia de lodos y la cogeneración es factible en las siguientes PTARs:

- PTAR Norponiente I y II, en ejecución
- PTAR Sur (recibiendo lodo de PTAR Caribe), a corto plazo (2 a 3 años)
- PTAR Norte, a mediano plazo (3 a 5 años)
- PTAR Saas Tun Há, a mediano plazo (3 a 5 años)

El costo de inversión inicial para un sistema de cogeneración con capacidad para 500 kW de potencia eléctrica, incluyendo los diversos sistemas periféricos que se indican líneas arriba se estima en 23.5 millones pesos (costo actual de mercado ofertado a principios de año en Cancún). El costo de operación y mantenimiento de los sistemas de cogeneración se estima en 2.5 - 3.0 centavos de USD por kWh generado, 0.60 \$/kWh.

En la siguiente tabla se presenta la estimación de la energía generada en un sistema de cogeneración, y de su valor económico, se asume que el kilowatt hora en la tarifa Gran demanda en media tensión horaria (GDMTH) en Quintana Roo tiene un costo ponderado total de 2.5 \$/kWh.

Tabla 31 Estimación de la energía generada en un sistema de cogeneración

Concepto	Valor	Unidad
Generación media real	300	kW
Generación anual	2,628,000	kWh
Costo de energía	\$2.50	\$/kWh
Valor de la energía cogenerada	\$6,570,000	\$/año
Costo O&M sistema cogeneración	\$0.60	\$/kWh
Costo anual O&M sistema cogen	\$1,576,721	\$/año
Ahorro por energía cogenerada	\$4,993,279	\$/año

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

En la tabla previa se observa que la energía generada por el sistema de cogeneración es de 6.57 millones de pesos por año, que corresponden a energía eléctrica que se entrega en la subestación de la PTARs y que se deja de comprar a la CFE.

Dado que el sistema tiene un costo inherente a su O & M (1.57 mdp por año), el beneficio neto por menor energía eléctrica comprada es de 5 millones de pesos por año. El ejercicio previo se efectuó asumiendo que el sistema de cogeneración opera con una capacidad de 300 kilowatts. Adicional al factor de planta ya comentado, las PTAR de AGUAKÁN que se indican en el inciso previo todavía no tratan un caudal de agua

residual que genere el biogás para operar el sistema de cogeneración a su capacidad nominal de 500 kilowatts.

En la siguiente tabla se presenta el comparativo de la energía eléctrica que consumirán las plantas Norte, Norponiente y Sur con las acciones requeridas para cumplir la NOM-001-SEMARNAT-2021 con respecto a la energía a producir en el sistema de cogeneración.

Tabla 32 Comparativo de la energía eléctrica con respecto a la energía a producir en el sistema de cogeneración

Nombre de la planta	Caudal medio tratado, l/s	Energía consumida, kWh/mes	Energía generada en cogeneración, kWh/mes	% de Autoabasto
PTAR Norte	478	475,441	219,000	46%
PTAR Norponiente I y II	294	536,701	219,000	41%
PTAR Sur	260	360,960	219,000	61%

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Como se puede observar, el caudal medio tratado que se indica en la tabla previa es el requerido para producir el biogás que permite operar el sistema de cogeneración con una potencia de 300 kilowatts. Con base en dicho caudal se estima el consumo de energía requerida para el tratamiento del agua.

En la tabla previa se observa como los sistemas de cogeneración proporcionan un porcentaje significativo de la energía eléctrica consumida en las plantas de tratamiento, entre el 41 % y el 61 % del consumo total.

En la PTAR Sur se tiene el porcentaje más alto debido que recibe los lodos de la PTAR Caribe, los cuales no le demandan energía eléctrica para producirlos y, en contraparte, su estabilización le genera biogás y energía eléctrica.

Reúso de agua tratada

La calidad del agua tratada establecida en la NOM-001-SEMARNAT-2021 para las descargas a Suelo Cárstico (condición que aplica para las plantas motivo de estudio) es igual o más estricta que la establecida para riego de áreas verdes y reúso de agua en la NOM-001 y NOM-003, respectivamente.

En la actualidad se efectúa reúso de agua tratada con el efluente de las plantas Pok Ta Pok, Gucumatz y El Rey, las tres operadas por FONATUR en la Zona Hotelera de Cancún. FONATUR utiliza el agua tratada "internamente" para el riego de los camellones y áreas jardineadas públicas a lo largo de la Av. Kukulcan, ya que es responsabilidad de FONATUR Infraestructura el mantenimiento de los servicios públicos dentro de la zona

hotelera. FONATUR también vende agua tratada a clientes particulares, desarrollos hoteleros, campo de golf y en el polígono de usos mixtos denominado Puerto Cancún.

Anteriormente se efectuó reúso con agua tratada de la PTAR Playacar, que se aprovechaba en riego de un campo de golf contiguo a la planta; también al parecer se aprovechó agua tratada de la PTAR San Miguelito, o al menos se construyó la infraestructura, para riego de un campo de golf en el norte de Cozumel.

El agua tratada producida en las PTARs se puede utilizar principalmente en los siguientes usos: riego de jardines y áreas verdes públicas y particulares, riego de campos e instalaciones deportivas, riego de campos de golf, servicios sanitarios en lugares de alta concentración de usuarios (oficinas, escuelas, centros comerciales, estadios), obras civiles de urbanización, y en algunos procesos industriales.

En la Ley de Cuotas y Tarifas para los Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de Quintana Roo, se establece el precio de venta del agua tratada que deben aplicar los organismos operadores o, en su caso, el Concesionario (AGUAKÁN).

El costo establecido en la Ley referida para el agua tratada en el mes de noviembre de 2022 es de 7.56 \$/m³; esta tarifa se actualiza mensualmente acorde a un procedimiento de indexación establecido en la Ley. El costo establecido en la Ley se definió con base nivel de tratamiento secundario, en tanto que el agua para reúso que será producida en las PTARs corresponde a nivel de tratamiento terciario que incluye remoción de nutrientes y filtración. Por tal razón el costo de venta del agua tratada debe ser mayor al indicado en la Ley.

El costo alternativo del agua de primer uso en Cancún, Playa del Carmen y Cozumel es elevado, si el agua la suministra el Organismo Operador o el Concesionario (AGUAKÁN) tiene un costo unitario de 50 a 90 \$/m³ en función del rango de consumo para uso comercial u hotelero; para uso industrial la tarifa es de 40 y 188 \$/m³.

Si el agua de primer uso la produce directamente el usuario con un sistema de ósmosis inversa el costo de producción es de 15 a 20 \$/m³ si se utiliza agua salobre, este costo se incrementa a 30 \$/m³ si se utiliza agua de mar como insumo.

El sistema de reúso de agua tratada consta de las siguientes componentes:

- Filtración terciaria del agua tratada (mallas de 10 micras).
- Tanque de post desinfección (con hipoclorito).

- Cisterna de agua tratada.
- Cárcamo de bombeo de agua tratada.
- Líneas de conducción y distribución de agua tratada.

La inversión requerida para un sistema de reúso con capacidad para 50 l/s de agua tratada, incluyendo línea de conducción de 14" de diámetro con capacidad para 100 l/s y 6.5 kilómetros de longitud, construida en zona urbana, se estima en 55 millones de pesos. El costo de O&M del sistema de reúso de agua tratada se estima en 3.90 \$/m³ (incluye indirecto y utilidad del 8 % y 10 %, respectivamente), y consta de los siguientes rubros:

- Consumo de energía eléctrica en filtro terciario, bombas de llenado de pipas y equipos de bombeo para conducción del agua a los sitios de demanda,
- Hipoclorito aplicado para post-desinfección del agua tratada,
- Laboratorio externo para monitorear la calidad del agua entregada,
- Una partida de mantenimiento de equipos e instalaciones, y
- Personal de operación y gestión del sistema

Acorde al estudio elaborado por AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ, el costo del agua tratada que resulta de la aplicación del Plan de Acción para cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-2021 se estima en el rango de 3.5 a 4.5 \$/m³, en función de la carga contaminante del agua residual y el tipo de proceso de tratamiento de agua y lodo de la PTAR existente.

El costo arriba indicado del agua tratada efluente de las PTARs existentes se asume un costo hundido debido a que el costo del tratamiento del agua residual es un costo incurrido con el fin de cumplir con la normatividad, mismo que se tiene que efectuar para evitar la aplicación de sanciones y el pago de derechos por descarga.

En el siguiente cuadro se presentan el costo e ingreso que se tendrían por la venta de agua tratada producida en un módulo con capacidad para 50 l/s, se asume un precio de venta de agua tratada de 10 \$/m³.

Tabla 33 Costo e ingreso por la venta de agua tratada producida en un módulo con capacidad para 50 l

Concepto	Valor
Agua tratada producida y vendida, l/s	50.0
Costo anual de O&M, \$/año	6,149,600
Volumen de agua vendible al año, m ³ /año	1,576,800
Precio de venta \$/m ³	10.00

Concepto	Valor
Ingresos por venta, \$/año	15,768,000
Remanente de operación	9,618,400

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Se observa en la tabla previa que la venta del agua tratada permite recuperar el 150 % del costo unitario en que incurre el Organismo Operador o Concesionario para cumplir el requerimiento normativo de tratar el agua residual antes de efectuar su disposición.

Es decir, cada m³ de agua tratada vendido a 10 pesos cubre el costo de tratar 1.5 m³ de agua residual, más el costo de producción y distribución de agua de reúso: \$ 4.0 + \$ 2.0 + \$ 3.9.

Es importante precisar que los costos arriba indicados no incluyen la amortización de la inversión para la construcción y equipamiento del módulo del sistema de reúso de agua tratada. Se deberán buscar e implementar esquemas con aportaciones parciales a fondo perdido y créditos a tasas preferenciales a efecto de disminuir el costo de amortización e incentivar el reúso y aprovechamiento del agua tratada.

Factibilidad de la implementación

En este apartado se evalúa la factibilidad de la implementación de las opciones identificadas con sus repetitivas ventajas y desventajas, precondiciones, factores de éxito y desafíos.

Generación de energía eléctrica mediante la digestión anaerobia

La factibilidad de la implementación de un sistema de cogeneración se muestra en la siguiente tabla con sus ventajas y desventajas, precondiciones, factores de éxito y desafíos.

Tabla 34 Factibilidad de la implementación de un Sistema de Cogeneración

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Permite valorizar el biogás como subproducto de la digestión anaerobia de lodos, y se aprovecha una fuente de energía renovable. • Se obtiene una reducción significativa (40 - 60%) en la energía eléctrica que se adquiere de la CFE u otro SSB.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de inversión para instalar el sistema de cogeneración y sistemas periféricos. • Operación medianamente compleja, especialmente en el tratamiento del biogás. • Requerimientos de personal y recursos técnicos y económicos para la adecuada O&M. • Riesgo de explosión por el manejo de biogás.

<p>Precondiciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Debe existir digestión anaerobia de lodos. • La digestión anaerobia es factible cuando el caudal de agua residual es > 300 l/s o la carga orgánica del agua cruda es > 7.5 ton DBO/día. • Una caracterización amplia y representativa de la calidad del agua residual cruda, en especial la DBO, los SST y los SSV, para una adecuada estimación de la generación de lodos y de biogás. • No sobreestimar la generación de biogás y energía eléctrica. Así como los beneficios del sistema; no obviar los costos de mantenimiento del sistema.
<p>Factores de éxito</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La digestión anaerobia de lodos debe estar bien diseñada y adecuadamente operada con los elementos de seguridad requeridos para el manejo de biogás. • Incluir adecuado y eficiente tratamiento del biogás, a efecto de proteger la máquina de cogeneración y alargar su vida útil. • La máquina de cogeneración y sus periféricos deben ser de marcas líderes, con proyectos previos en México y con representación técnica / comercial. • El proyecto debe ser implementado de manera integral por una empresa de diseño/procura/construcción con amplia experiencia y capacidad técnica. • El proyecto debe incluir etapa de operación transitoria, capacitación y pólizas de servicio. • Incluir criterios mínimos de desempeño del sistema de cogeneración, con pólizas y garantías de cumplimiento de desempeño. • Preferentemente el sistema de cogeneración debe operar en la modalidad de "isla", sin conexión a la red eléctrica de CFE. • Implementar la cogeneración 1-2 años después de la digestión anaerobia, a efecto de que el proceso esté estabilizado y el biogás producido debidamente cuantificado y caracterizado.
<p>Desafíos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Que el sistema de digestión anaerobia de lodos opere de manera continua, estable y eficiente. • Maximizar el aprovechamiento del biogás, el biogás no aprovechado no se debe ventear a la atmósfera, debe quemarse en antorcha para oxidar el metano a CO₂, con efecto invernadero mucho menos negativo. • Que el Organismo Operador tenga los recursos económicos para la inversión requerida para la digestión anaerobia de lodos y el sistema de cogeneración. • Que el Organismo Operador tenga personal con la formación, capacidad y capacitación requerida para la adecuada O&M del sistema. • Que el Organismo Operador reserve los recursos económicos para el programa de mantenimiento continuo, preventivo y overhaul del sistema de cogeneración. • El entorno actual que se tiene en la CRE y el CENACE respecto a los trámites y permisos para los esquemas de cogeneración y autoabasto.

Fuente: Elaboración propia

La factibilidad de implementación varía con base al operador, las conclusiones preliminares de la factibilidad de la generación de energía eléctrica mediante la

digestión anaerobia por operador se muestran a continuación.

AGUAKÁN

- Con base en el análisis de la información que se dispone se considera que es factible y viable incorporar el proceso de digestión anaerobia de lodo y sistema de cogeneración en las PTAR de AGUAKÁN, ya que dispone de los recursos económicos, humanos y organizacionales para su implementación exitosa, aunado al incentivo económico que ello le representa.
- Las plantas en que es viable y adecuado el esquema de digestión anaerobia y cogeneración son: Norponiente (en ejecución); Sur, Saas Tun Há y Norte.

CAPA

- Con respecto a la CAPA se observa que no dispone de los recursos económicos, materiales y humanos para implementar de manera exitosa y sostenible la operación de procesos de digestión anaerobia de lodos, así como de sistemas de cogeneración y sus diversos periféricos.
- Se considera que las ventajas y bondades de los procesos anaerobios de tratamiento se pueden obtener al incorporar el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) como unidad del tren de tratamiento de agua, en el que se estabilizarán los lodos primarios y la purga de lodo secundario.
- Aunado a lo anterior, la PTAR Centenario está muy por abajo del umbral de 7.5 ton DBO/día; en tanto que las plantas San Miguelito y Bicentenario deben tratar un caudal medio de 220 y 180 l/s para satisfacer este criterio de factibilidad de implementación, actualmente tratan un caudal medio de 120 y 55 l/s, respectivamente.

FONATUR

- Debido a su ubicación, colindancias, uso de suelo y carencia de zonas de amortiguamiento, se considera inviable efectuar la digestión anaerobia de lodos en las plantas de FONATUR situadas en la Zona Hotelera de Cancún.
- Adicionalmente, la carga orgánica influente a cada planta es sensiblemente menor al umbral de 7.5 ton DBO/día en el agua residual cruda. La suma de la carga influente a las tres plantas es de 7.8 toneladas por día.

Reúso de agua tratada

La factibilidad de la implementación de la venta de agua tratada se muestra en la siguiente tabla con sus ventajas y desventajas, precondiciones, factores de éxito y desafíos.

Tabla 35 Factibilidad de la implementación del reúso de agua tratada

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar parcialmente el costo de O & M de las PTAR. • Aumentar la oferta y disponibilidad de agua en la zona. • Incentivar el adecuado tratamiento del agua residual.
-----------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro para los usuarios que se abastecen de la red de agua potable y/o mediante osmosis inversa. • Reducir la extracción sin permiso de agua del subsuelo, que en ocasiones tiene mala calidad por infiltración de agua residual. • Reducir la infiltración de agua cruda o tratada al subsuelo, así como la cuña salina. • Incentivar el uso sustentable del agua, proteger la calidad del agua del acuífero Península de Yucatán, lagunas y zona costera. • Reducir el requerimiento de fertilizantes en las áreas verdes regadas con agua tratada.
<p>Desventajas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La maduración de los proyectos de reúso es lenta y largo el período de amortización de la inversión, salvo en los esquemas en que el agua se vende a uno o pocos grandes consumidores. • La construcción de las líneas de conducción y distribución de agua tratada es disruptiva y compleja en zonas urbanas consolidadas.

<p>Precondiciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Que exista en la zona poca oferta y disponibilidad de agua de primer uso. • Que el agua de primer uso sea de alto costo. • Que existan usuarios ancla que detonen el arranque de los proyectos.
<p>Factores de éxito</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ofertar el agua tratada a costo atractivo y competitivo que incentive el cambio de fuente de suministro. • Establecer reglamento de construcción y operación de la infraestructura de almacenamiento, distribución y aplicación del agua tratada. • Establecer y fondear proyectos demostrativos de reúso de agua tratada. • Programa permanente de monitoreo y difusión de la calidad del agua tratada que se distribuye para reúso. • Campaña permanente de difusión y promoción de las bondades y ahorros que implica el uso de agua tratada. • Que el Organismo Operador o Concesionario sea responsable directo de la implementación y gestión del sistema de reúso de agua.
<p>Desafíos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr la aceptación de los usuarios directos e indirectos a la utilización del agua tratada. • Que el agua tratada de las PTAR y el agua distribuida para reúso cumplan de manera permanente los objetivos de calidad establecidos. • Vencer la resistencia que pudiera existir en el Organismo Operador o Concesionario para distribuir agua tratada, ya que su precio de venta es menor que el del agua potable que distribuye. • Implementar esquemas con aportaciones a fondo perdido y créditos con tasa preferencial para disminuir el costo de amortización y costo integrado del agua tratada.

Fuente: Elaboración propia

La factibilidad de implementación varía con base al operador, las conclusiones preliminares de la factibilidad del reúso de agua tratada se muestran a continuación.

AGUAKÁN

- Se considera que es deseable y factible detonar en Cancún la primera etapa del sistema de reúso y aprovechamiento de agua tratada, las zonas de demanda potencial de agua tratada se localizan en la parte centro - norte y sur de la ciudad, las cuales serían abastecidas por módulos de tratamiento terciario y bombeo y conducción de tratada situados en las PTARs Norte y Sur, respectivamente.

CAPA

- Se considera que existen las condiciones propicias para aprovechar el agua tratada de la PTARs San Miguelito en Cozumel, ya que a una distancia menor a 3.5 km de la planta se localiza un campo de golf.
- La PTARs San Miguelito cuenta con tanque de agua tratada equipado con tres bombas

de 7.5 hp cada una y una línea de conducción de agua tratada de 14" de diámetro que, en los planos de la CAPA, se indica con destino a "campo de golf". Es probable que el sistema de bombeo y conducción no se haya puesto en operación, o que alguna situación relacionada con la calidad del agua tratada haya cancelado su aprovechamiento.

Playacar

- La PTAR Playacar se localiza en la colindancia de un campo de golf, a una distancia menor a 100 metros. El personal responsable de la operación de la planta comunicó que anteriormente se entregaba el agua tratada para el riego del campo de golf, pero que se tuvieron problemas de deterioro del agua en el lago en que se almacenaba.
- Se considera que produciendo agua tratada con la calidad establecida en la NOM-001 e incorporando la unidad de filtración terciaria se tendrán condiciones muy favorables para efectuar la venta de agua tratada al campo de golf y para el riego de camellones y áreas verdes del mismo condominio, lo que permitiría recuperar una parte del costo de O&M de la PTAR.

FONATUR

- Como ya se comentó, FONATUR distribuye y aprovecha el agua tratada producida en sus tres PTAR, en el Plan de Acción se propone incorporar la etapa de filtración terciaria con capacidad para el caudal medio tratado. Esta unidad, aunado a las mejoras propuestas al proceso de tratamiento de agua, permitirá mejorar la calidad del agua tratada y asegurar el cumplimiento de los objetivos de calidad.
- El esquema de mejora del proceso de tratamiento y de filtración terciaria hará posible aumentar el volumen de agua tratada que FONATUR vende a usuarios particulares, ya que en la Zona Hotelera de Cancún los desarrollos hoteleros consumen una gran cantidad de agua en riego de sus áreas verdes y ornamentales.

Mapeo e involucramiento de actores

En este apartado se elaboraron las siguientes dos grandes actividades:

- Mapeo de actores: Esta técnica nos permite identificar aquellos actores que se encuentran relacionados de manera directa o indirecta con el desarrollo de la propuesta de fuentes y mecanismos de financiamiento de las PTARs de 100 l/s o más.
- Plan de involucramiento: Por su parte el plan de involucramiento es la consecuencia de contar con el mapeo de actores y establecer una guía para proponer espacios y mecanismos para el oportuno y progresivo involucramiento de dichos actores.

La metodología de este apartado se puede consultar en anexos. Sin embargo, el principal objetivo de las dos grandes actividades es identificar aquellas entidades gubernamentales, privadas y multilaterales involucradas en el componente B y como

estas pueden generar sinergias y acciones que permitan desarrollar estrategias normativas, administrativas, ambientales, técnicas y financieras, que garanticen que la propuesta de mecanismos de financiamiento pueda llevarse a cabo.

Mapeo de actores clave

El mapeo de actores clave identifica y categoriza actores en función a su rol y nivel de importancia respecto a los componentes del proyecto. Además, propone recomendaciones para impulsar procesos participativos a partir del involucramiento, información y visualización de los actores que faciliten la ejecución de las actividades, y mejoren el posicionamiento de las PTARs.

El componente B cuentan con 26 actores en el ámbito del estado de Quintana Roo. Estos actores incluyen Entidades y oficinas gubernamentales (29%), Comunidades (26%), Organismos multilaterales e internacionales (20%), Municipios (3%), Empresas privadas (10%), ONGs (6%), Universidades (3%) y Grupos colegiados (3%).

De los cuales 17 actores tienen participación en ambos componentes.

Los actores identificados para el componente B se presentan en la siguiente tabla; los actores para ambos componentes se pueden ver en el apartado mapeo de actores dentro del capítulo componente A- Ecotecnias.

Tabla 36 Actores del Componente B del proyecto

No.	Actor	Abreviatura y/o Nombre	Tipo de actor	Descripción del actor	Rol en el Proyecto
1	Municipio PTARs a evaluar	Benito Juárez	Municipio	Municipio donde se encuentran las PTARs: Caribe 2000, El Rey, Gucumatz, Norponiente (Cancún), Norte, Pok-Ta-Pok, Polígono Sur.	Beneficiarios directos
2	Municipio PTARs a evaluar	Cozumel	Municipio	PTAR San Miguelito	Beneficiarios directos
3	Municipio PTARs a evaluar	Chetumal	Municipio	PTAR Centenario	Beneficiarios directos
4	Municipio PTARs a evaluar	Playa del Carmen	Municipio	PTARs: Playa del Carmen II (Saas Tun Ha), Playacar	Beneficiarios directos
5	Municipio PTARs a evaluar	Tulum	Municipio	PTAR Bicentenario	Beneficiarios directos

6	Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento	ANEAS	Entidades y oficinas gubernamentales	La ANEAS es una asociación civil sin fines de lucro, integrada por sistemas de agua y saneamiento estatales y municipales de México, así como con aliados estratégicos que son empresas proveedoras e instancias académicas y gremiales que participan en el sector, quienes aportan e intercambian conocimientos y experiencias para el logro de objetivos particulares y colectivos.	Agrupar a Organismos Operadores de Agua Potable del país y tiene el objetivo de apoyar la elevación de la eficiencia en la prestación de los servicios
7	Fondo Nacional de Fomento al Turismo	FONATUR	Entidades y oficinas gubernamentales	Operador de las PTARs: El Rey, Gucumat, Pok-Ta-Pok	Prestador de servicios para suministro de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales
8	AGUAKÁN	AGUAKÁN	Empresas privadas	Empresa privada a cargo de la operación de las PTARs: Caribe 2000, Norponiente (Cancún), Norte, Polígono Sur, Playa del Carmen II (Saas Tun Ha)	Prestador de servicios
9	Playacar	Desarrollador Playacar	Empresas privadas	Empresa privada a cargo de la operación de la PTAR: Playacar	Prestador de servicios

Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior y de acuerdo con el nivel de importancia de cada uno de los actores identificados, se procedió categorizar a los actores de la siguiente manera:

- **Actores clave:** son aquellos que se deben de incluir en todo el proceso de ejecución del proyecto, ya que son los que fortalecerán y garantizarán la sostenibilidad de las actividades.
- **Actores primarios:** son aquellos que deben ser incluidos en las reuniones de socialización, y deben participar en momentos específicos vinculados con las actividades del proyecto para mejorar su posicionamiento frente a los demás actores. Se busca incrementar el conocimiento, interés y compromiso de estos actores en el proyecto para generar sinergias con los actores clave.
- **Actores secundarios:** son aquellos que deben de estar informados y que de esta forma puedan favorecer la generación de resultados y beneficios recíprocos.

Tabla 37 Categorización de actores según nivel de importancia Componente B

Actores clave	Actores primarios	Actores secundarios
---------------	-------------------	---------------------

<ul style="list-style-type: none"> • CONAGUA - Comisión Nacional de Agua • CAPA - Comisión de Agua Potable y Alcantarillado • FONATUR - Fondo Nacional de Fomento al Turismo • CAPA - Comisión de Agua Potable y Alcantarillado • AGUAKÁN • Playacar • GEF - Fondo Mundial para el Medio Ambiente • GIZ - Agencia de Cooperación Alemana • AHRM - Asociación de Hotel de la Riviera Maya • SEMA- Secretaría de Ecología y Medio Ambiente • Gob. Qroo. - Gobierno del estado de Quintana Roo • SEFIPLAN - Secretaría de Finanzas y Planeación del estado de Quintana Roo 	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales • IMTA - Instituto Mexicano de Tecnología del Agua • BID-/ Banco Interamericano de Desarrollo • BMZ - Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania • OAE - Organización de los Estados Americanos • PAC -Programa Ambiental del Caribe • ONU Programa para el Medio Ambiente • ANEAS - Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento • CCPY - Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán 	<ul style="list-style-type: none"> • Benito Juárez • Cozumel • Chetumal • Playa del Carmen • Tulum
---	--	---

Fuente: Elaboración propia

Plan de Involucramiento de Actores

El PIAC fue elaborado empleando como insumo el Mapeo de Actores Clave. En el plan se identifican aquellos resultados que implican la participación de actores en el ámbito del proyecto, con el fin de asegurar la participación plena y efectiva de los actores clave. Para esto es necesario informar a los actores sobre el desarrollo del proyecto para poder dialogar y generar insumos que permitan diseñar mecanismos para la sostenibilidad del proyecto. El plan de acción se presenta a continuación.

Tabla 38 Plan de Involucramiento de Actores Componente B

Categoría	Actividad	Descripción	Actores involucrados	Propuesta de participación
Normatividad	Desarrollo y fortalecimiento de la normativa para la gestión y financiación de los recursos hídricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la normatividad para el desarrollo de mecanismos financieros (“quien usa paga” , “quien contamina paga”, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CONAGUA ✓ CAPA 	Promover la iniciativa de la gestión y financiamiento de los recursos hídricos.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gobierno del Estado de Quintana Roo 	Evaluar y discutir las iniciativas de desarrollo y fortalecimiento de los mecanismos financieros a través de la normativa.

	Revisar, rediseñar y definir la política financiera.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar, rediseñar y definir los instrumentos de esquemas de tarifas y subsidios (Los subsidios son proporcionales al volumen que se consume, y dado que el acceso de las personas con escasos recursos al agua potable suele ser limitado o nulo, los subsidios tienden a beneficiar en un futuro principalmente a los grupos de mayor ingreso) • Redefinir los mecanismos para la clasificación de los usuarios sujetos o candidatos a recibir subsidios • Redefinir una política de disminución gradual de subsidios 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CONAGUA ✓ CAPA 	Revisar la normatividad aplicable a los diferentes usuarios, con la finalidad de analizar las tarifas actuales.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gobierno del Estado de Quintana Roo 	Rediseñar la estrategia de aumento tarifario.
	Establecimiento de instrumentos para la rendición de cuentas de las externalidades por contaminación de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un instrumento para monetizar las externalidades derivadas de la contaminación de agua por medio de multas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CONAGUA 	Promover la iniciativa de rendición de cuentas de las externalidades negativas.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gobierno del Estado de Quintana Roo 	Evaluar y discutir las iniciativas de rendición de cuentas.
	Actualizar los instrumentos y normativas de acuerdo con el contexto y prioridades.	<ul style="list-style-type: none"> • Actualizar, adaptar, y ajustar, en función a los cambios que experimenta el contexto regional 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gobierno del Estado de Quintana Roo 	Actualizar la normativa de acuerdo con el contexto y prioridades en materia hídrica y ambiental.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ CAPA ✓ CONAGUA 	Promover la iniciativa de la gestión y financiamiento integral del recurso

				hídrico.
			✓ SEMARNAT	Actualizar la normativa de acuerdo con la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.
Administrativo	Desarrollar y fortalecer mecanismos de comunicación.	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer la comunicación, coordinación, concurrencia y sinergia multisectorial 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ANEAS ✓ CONAGUA ✓ CCPY 	Apoyar en el fortalecimiento de comunicaciones entre los operadores para generar sinergias.
	Promover y fortalecer espacios de diálogos con los actores que intervienen en la gestión hídrica y ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> Promover y fortalecer espacios de dialogo para mejorar la planificación, coordinación y concertación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ FONATUR ✓ AGUAKÁN ✓ CAPA ✓ Desarrollador Playacar 	Participar en reuniones coordinadas por CONAGUA para discutir y conversar sobre la gestión hídrica y ambiental.
			✓ CONAGUA	Habilitar plataformas interinstitucionales como espacio de coordinación, planificación, articulación y concurrencia de acciones e inversiones.
Técnico	Fortalecer la relación y la cooperación entre los diferentes actores técnicos.	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la coordinación y actuación en cuanto a la eficiencia de los organismos operadores Fortalecer la cooperación técnica y financiera para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos 	✓ CONAGUA	Seleccionar los organismos operadores con mejor desempeño en las acciones de eficiencia, a fin de fomentar la asistencia técnica a los de menor desempeño.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ FONATUR ✓ AGUAKÁN ✓ CAPA ✓ Desarrollador Playacar 	Establecer diálogos para el planteamiento de soluciones entorno a los problemas relevantes en la gestión hídrica.
			✓ IMTA	Contribuir a la gestión sustentable del agua a través del

				conocimiento y la tecnología.
	Desarrollar las bases para tener un sistema único de indicadores.	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar un sistema único de indicadores de desempeño (incluye calidad de servicio) con definiciones únicas y estandarizadas (evolución/metás) para la clasificación de PTAR • Evaluar las mejores prácticas para mejorar la operación y gestión financiera 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ANEAS ✓ IMTA ✓ CONAGUA 	Estandarizar la clasificación de las PTARs para promover y facilitar la evaluación, operación y gestión financiera.
Ambiental	Fortalecer los programas relacionados a la sensibilización y la cultura del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer y promover el desarrollo de programas relacionados a la sensibilización y la cultura del agua 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEMA Quintana Roo 	Fortalecer e impulsar programas y campañas relacionadas con la sensibilización y la cultura de agua en Quintana Roo.
	Mejorar la articulación de los beneficios multisectoriales de la gestión del recurso hídrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer mesas para mejorar la articulación de los beneficios multisectoriales de la gestión del recurso hídrico con el propósito de aumentar la disposición a contribuir de los diferentes sectores 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEMA Quintana Roo ✓ AHRM 	Establecer mesas de discusión sobre la cultura del agua ente la SEMA y AHRM dado que el sector hotelero podría crear un mayor impacto.
	Impulsar el cálculo de las externalidades creadas por la contaminación de agua. ⁴⁶	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar un marco de análisis para la cuantificación de externalidades y la valorización monetaria 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEMA Quintana Roo 	Elaborar un marco para el análisis de externalidades creadas por la contaminación de agua para los sectores más contaminantes en Quintana Roo.
	Fortalecer la transparencia y	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar a los 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operadores ✓ AHRM 	Promover la rendición de cuentas de forma

	la vigilancia social sobre las actuaciones que desempeñan los diferentes sectores en contaminación del agua.	sectores a cuantificar sus externalidades e impulsar la transparencia de forma voluntaria • Promover rendición de cuentas de la ciudadanía	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sociedad Civil ✓ Empresas privadas 	voluntaria.
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Municipalidades 	Cuantificar el impacto ambiental por contaminación del agua y costos que se podrían evitar al invertir en infraestructura que mitigue y mejore las calidades de las aguas residuales.
Financiero	Implementar multas por incumplimiento de la NOM-SEMARNAT-001	• Verificar el cumplimiento de la NOM-001 y aplicar sanciones por incumplimiento	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEMARNAT 	Promover el cumplimiento de la nueva Nom-SEMARNAT-001.
	Administración de fideicomisos.	• Contar con una evaluación del desempeño de los fondos y programas que se operan en el Gobierno del estado de Quintana Roo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ SEFIPLAN 	Podría ser la encargada de fungir como fideicomitente de acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica de la Administración Pública del estado de Quintana Roo en sus artículos 33 fracción XXXII y 43 fracción XVI.
	Otorgar financiamiento	• Otorgar financiamiento en dinero o especie para las PTARs para asegurar su sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gobierno del estado de Quintana Roo ✓ Banca de Desarrollo y Multilateral ✓ Inversionistas ✓ Programas federales ✓ Asociaciones filantrópicas 	Encargados de proveer financiamiento.

Fuente: Elaboración propia

Presupuesto de Proyecto piloto

El diagnóstico y análisis de la infraestructura en cuanto a su estado físico y operativo nos permite conocer las acciones necesarias que permitirán que estas PTARs cumplan con los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales. La inversión

necesaria de capital para el cumplimiento con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 es de ~1,474 millones de pesos con costos de operación y mantenimiento de ~138 millones de pesos anuales.

Adicionalmente se contempla un costo de inversión adicional para la implementación de un proceso de digestión anaerobia, cogeneración e inversión en paneles solares para reducir los costos operativos relacionados a la energía eléctrica debido a que estos representan el 40% del costo de O&M de las PTARs.

Tabla 39 Montos de inversión y O&M de proyecto piloto Componente B

Operador	Localidad	Nombre de la planta	Caudal medio l/s	Requerimiento de inversión	CAPEX estimado modernización NOM-001	Costo O&M, \$/año	Inversión adicional			Inversión total
							Inversión digestión anaerobia	Inversión Cogeneración	Inversión Paneles solares	
AGUAKÁN	Cancún	Norte	292	Medio	\$70,275.63	\$22,272,716	\$74,529.40	\$23,544.28	\$0.00	\$168,349.31
AGUAKÁN	Cancún	Norponiente I	199	Bajo	\$7,797.48	\$18,507,780	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$7,797.48
AGUAKÁN	Cancún	Norponiente II	200	Alto	\$197,426.32	\$0	\$74,529.40	\$23,544.28	\$0.00	\$295,500.00
AGUAKÁN	Cancún	Caribe 2000	132	Alto	\$219,398.24	\$16,270,840	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$219,398.24
AGUAKÁN	Cancún	Polígono Sur	134	Bajo	\$94,281.62	\$13,042,397	\$74,529.40	\$23,544.28	\$0.00	\$192,355.30
FONATUR	Cancún	Pok Ta Pok	200	Medio	\$194,936.95	\$10,987,721	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$194,936.95
FONATUR	Cancún	Gukumatz	150	Medio	\$101,641.77	\$9,941,271	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$101,641.77
FONATUR	Cancún	El Rey	70	Medio	\$151,752.10	\$5,232,248	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$151,752.10
AGUAKÁN	Playa del Carmen	Saas Tun Há	234	Medio	\$100,313.99	\$21,416,944	\$0.00	\$0.00	\$11,300.00	\$111,613.99
Desarrollador	Playa del Carmen	Playacar	80	Bajo	\$37,116.82	Pendiente	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$37,116.82
CAPA	Cozumel	San Miguelito	120	Medio	\$129,972.84	\$6,550,000	\$0.00	\$0.00	\$8,400.00	\$138,372.84
CAPA	Tulum	Bicentenario	55	Medio	\$93,192.41	\$4,500,000	\$0.00	\$0.00	\$8,400.00	\$101,592.41
CAPA	Chetumal	Centenario	130	Medio	\$76,465.80	\$9,500,000	\$0.00	\$0.00	\$8,400.00	\$84,865.80
Total			1,916		\$1,474,571.9	\$138,221,91	\$223,588.21	\$70,632.84	\$36,500	\$1,805,293

					6	7				
--	--	--	--	--	---	---	--	--	--	--

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

La inversión total considerando la inversión de digestión anaerobia, cogeneración y paneles solares es de ~1,805 millones de pesos lo que representa un aumento del 18% en la inversión que únicamente contempla los cambios para llegar a los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021. En la siguiente figura se observa la distribución de la inversión por los componentes principales.

Figura 21 Distribución de la inversión por componentes



Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

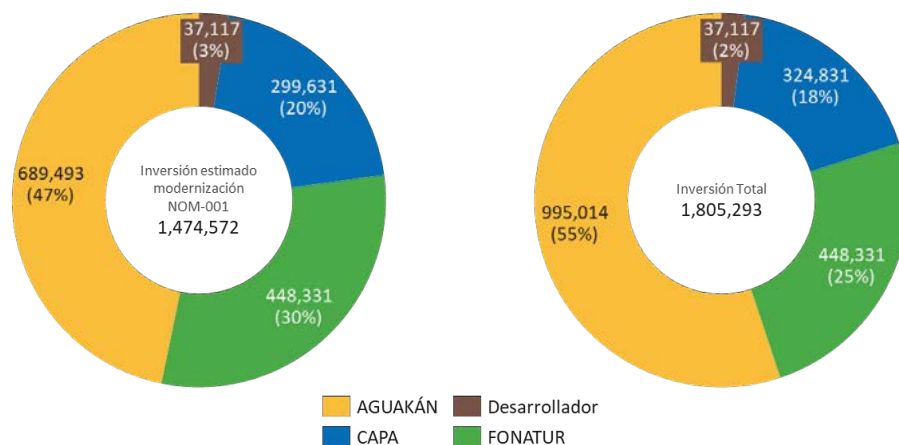
La inversión por tipo de operador para el cumplimiento de los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 y la inversión adicional para la implementación de un proceso de digestión anaerobia, cogeneración e inversión en paneles solares se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 40 Distribución de la inversión por operador

	Capacidad instalada, l/s	Capacidad propuesta, l/s	Inversión estimado modernización NOM-001, mdp	Inversión Total, mdp
AGUAKÁN	1,425	1,725	689,493	995,014
CAPA	520	520	299,631	324,831
Desarrollador	80	80	37,117	37,117
FONATUR	545	595	448,331	448,331
TOTAL	2,570	2,920	1,474,572	1,805,293

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Figura 22 Distribución de la inversión por operador



Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Fuentes y Mecanismos de financiamiento

El siguiente capítulo tiene como finalidad mostrar las fuentes y/o mecanismos de financiamiento seleccionados para el componente B, con la finalidad de elaborar una propuesta de fuentes y mecanismos de financiamiento que permitan la sostenibilidad de las PTARs de 100 l/s o más de Quintana Roo. Esto con el propósito de implementar las modificaciones necesarias en las PTARs para que cumplan con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021.

Para la selección de los esquemas de financiamiento se analizaron 22 mecanismos de los cuales se priorizaron tres con base a la metodología que se puede consultar en anexos.

Las tres fuentes y/o mecanismos de financiamiento seleccionadas para las PTARs que también incluyen a las Ecotecnias son (i) Inversión de impacto (ii) Blended Finance y (iii) Bonos temáticos.

Sin embargo, previo a la implementación de cualquiera de los tres mecanismos priorizados es necesario realizar las siguientes actividades:

- Desarrollo y fortalecimiento de la normativa para la gestión y financiación de los recursos hídricos.
- Revisar, rediseñar y definir la política financiera del estado de Quintana Roo
- Establecer y diseñar instrumentos para la rendición de cuentas de las externalidades por contaminación de agua.
- Actualizar los instrumentos y normativas de acuerdo con el contexto y prioridades.
- Desarrollar y fortalecer mecanismos de comunicación entre los actores clave.

- Promover y fortalecer espacios de diálogos con los actores que intervienen en la gestión hídrica y ambiental.
- Fortalecer la relación y la cooperación entre los diferentes actores técnicos.
- Desarrollar las bases para tener un sistema único de indicadores.
- Fortalecer los programas relacionados a la sensibilización y la cultura del agua.
- Impulsar el cálculo de las externalidades creadas por la contaminación de agua.
- Mejorar la articulación de los beneficios multisectoriales de la gestión del recurso hídrico.
- Fortalecer la transparencia y la vigilancia social sobre las actuaciones que desempeñan los diferentes sectores en contaminación del agua.

Dichas actividades pueden consultarse en el plan de involucramiento de actores en el capítulo de Mapeo e involucramiento de actores.

Descripción

Inversión de impacto:

- Es un contrato de pago por resultados. Se refiere a una inversión realizada con la intención de generar impacto social y medioambiental a la vez que generar rendimiento financiero.
- Se suscriben 4 actores: inversionistas, prestadores de servicios, evaluador y el pagador de resultados.
- Es una inversión que buscan un retorno de capital como mínimo igual al invertido, pero que deben producir de manera intencionada, cuantificable y medible un impacto positivo.

Blended Finance:

- Consiste en la suscripción de un fideicomiso que permite captar recursos a través de una combinación de distintos perfiles que buscan distinta rentabilidad-riesgo-impacto dentro de un mismo mecanismo.
- Es el uso de capital catalítico (un capital de inversión paciente, flexible y tolerante al Riesgo) de fuentes públicas o filantrópicas para aumentar la inversión del sector privado en el desarrollo sostenible.

Bonos temáticos:

- Es un instrumento de deuda regulado y sujeto al mismo mercado de capitales y regulación financiera que otros valores de renta fija. Se le considera un bono temático en tanto se destinen los recursos de la colocación exclusivamente a proyectos verdes, sociales, sostenibles y vinculados a la sostenibilidad.
- Su objetivo es captar capital para proyectos nuevos o existentes con objetivo específico.

Análisis de viabilidad

Cada mecanismo cuenta con diferentes habilitadores que son indispensables para la viabilidad de estos.

Inversión de impacto:

Existen seis elementos habilitadores del mecanismo de financiamiento: (i) métricas de desempeño alineadas y aceptadas, (ii) tipo de inversionista, (iii) evaluador, (iv) reporte, (v) financiador de resultados y, (vi) la creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua.

- i. Métricas de desempeño alineadas y aceptadas
 - El inversor debe tener claros los objetivos y el impacto que podrá obtener, para el proyecto CReW+ las métricas que se podrían obtener son:
 - Componente A:
 - Volumen de agua de lluvia captada y almacenada
 - Volumen de agua de lluvia purificada
 - Componente B:
 - Volumen tratado (m³/año)
 - Biogás generado a través de digestión anaerobia
 - Energía generada por cogeneración
- ii. Tipo de inversionista
 - Para este tipo de inversión se podría contar con un financiador que busca el impacto primero, que sería la Fundación Gonzalo Río Arronte y un inversionista que busca generar impacto, pero de la misma forma rentabilidad como podría ser el caso de New Ventures Impact Fund
- iii. Evaluador
 - Un evaluador o un grupo de verificadores tienen que medir los resultados obtenidos (el evaluador puede ser interno, es decir, uno de los agentes ya involucrados).
- iv. Reporte
 - Revisar, documentar y mejorar decisiones y procesos en base en el logro de impacto y lecciones aprendidas
 - Divulgar públicamente los resultados del impacto de la inversión.
- v. Financiador de resultados
 - El financiador de resultados podría ser el gobierno del estado de Quintana Roo. El financiador de resultados repaga al inversor de impacto en función de los resultados obtenidos. El repago sería a través del nuevo concepto de cobro.

- vi. La creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua:
- En la Ley de Agua Potable y Alcantarillado (LAPA) se especifica que si pueden modificarse las tarifas para crear un nuevo concepto de cobro mediante solicitud al congreso y debe estar respaldada por un estudio socioeconómico. En el caso de las concesiones otorgadas a AGUAKÁN y otros, la autorización de cobro y de la propia concesión corresponde al Órgano de Gobierno de la CAPA por lo que el nuevo concepto de cobro debe ser autorizada por esa autoridad y que los recursos que cobre el concesionario se transfieran al fideicomiso. Las tarifas se aplican por igual en todo el Estado de Quintana Roo, no hay tarifas diferenciadas para municipios del norte o sur, por lo que un concepto de cobro solo para los municipios también tendría que establecerse en la LAPA y Ley de cuotas y tarifas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el Estado de Quintana Roo (LCYT).

Blended Finance:

Existen tres elementos habilitadores del mecanismo de financiamiento: (i) capital catalítico, (ii) la creación de un fideicomiso público y, (iii) la creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua.

- i. Capital catalítico
- Es necesario contar con capital catalítico (un capital de inversión paciente, flexible y tolerante al Riesgo) de fuentes públicas o filantrópicas para aumentar la inversión del sector privado en el desarrollo sostenible.
 - Credibilidad para atraer inversión privada. Influencia para crear y acelerar políticas públicas para atraer inversión privada.
 - Conocimiento y experiencia técnica en ecosistemas y desafíos a nivel global.
 - Redes locales, globales y relaciones con grupos de interés
- ii. La creación de un fideicomiso público
- Pudiera ser posible la participación de las Dependencias estatales como CAPA, SEMA y SEFIPLAN dentro de un Fideicomiso Público, pero en apego a la legislación descrita, siempre y cuando el Gobernador del Estado así lo solicite a la Legislatura.
- iii. La creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua:
- En la LAPA se especifica que si pueden modificarse las tarifas para crear un nuevo concepto de cobro mediante solicitud al congreso y debe estar respaldada por un estudio socioeconómico. En el caso de las concesiones otorgadas a AGUAKÁN y otros, la autorización de cobro y de la propia concesión corresponde al Órgano de Gobierno de la CAPA por lo que el nuevo concepto de cobro debe ser autorizada por esa autoridad y que los recursos que cobre el concesionario se transfieran al fideicomiso. Las tarifas se aplican por igual en todo el Estado de Quintana Roo, no hay tarifas diferenciadas para municipios del norte o sur, por lo que un concepto de cobro solo para los municipios también tendría que

establecerse en la LAPA y LCYT.

Bonos temáticos:

Existen cuatro elementos habilitadores del mecanismo de financiamiento: (i) la creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua, (ii) la creación de un fideicomiso público, (iii) la obtención de garantías y, (iv) la capacidad de endeudamiento del Estado de Quintana Roo.

i. La creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua:

- En la LAPA se especifica que si pueden modificarse las tarifas para crear un nuevo concepto de cobro mediante solicitud al congreso y debe estar respaldada por un estudio socioeconómico. En el caso de las concesiones otorgadas a AGUAKÁN y otros, la autorización de cobro y de la propia concesión corresponde al Órgano de Gobierno de la CAPA por lo que el nuevo concepto de cobro debe ser autorizada por esa autoridad y que los recursos que cobre el concesionario se transfieran al fideicomiso. Las tarifas se aplican por igual en todo el Estado de Quintana Roo, no hay tarifas diferenciadas para municipios del norte o sur, por lo que un concepto de cobro solo para los municipios también tendría que establecerse en la LAPA y LCYT.

ii. La creación de un fideicomiso público:

- Pudiera ser posible la participación de las Dependencias estatales como CAPA, SEMA y SEFIPLAN dentro de un Fideicomiso Público, pero en apego a la legislación descrita, siempre y cuando el Gobernador del Estado así lo solicite a la Legislatura.

iii. La obtención de garantías:

- Las garantías financieras se pueden aplicar a emisiones de deuda en el mercado de valores, a créditos otorgados por la banca comercial y otros intermediarios financieros, con la finalidad de mitigar riesgos de los proyectos e inducir su participación en el financiamiento de estos.

iv. La capacidad de endeudamiento del Estado:

- Con base en lo anterior, se estima que el Estado de Quintana Roo podría emitir un bono siempre y cuando se cuente con garantías que respalden el pago la obligación.

Esquema de financiamiento

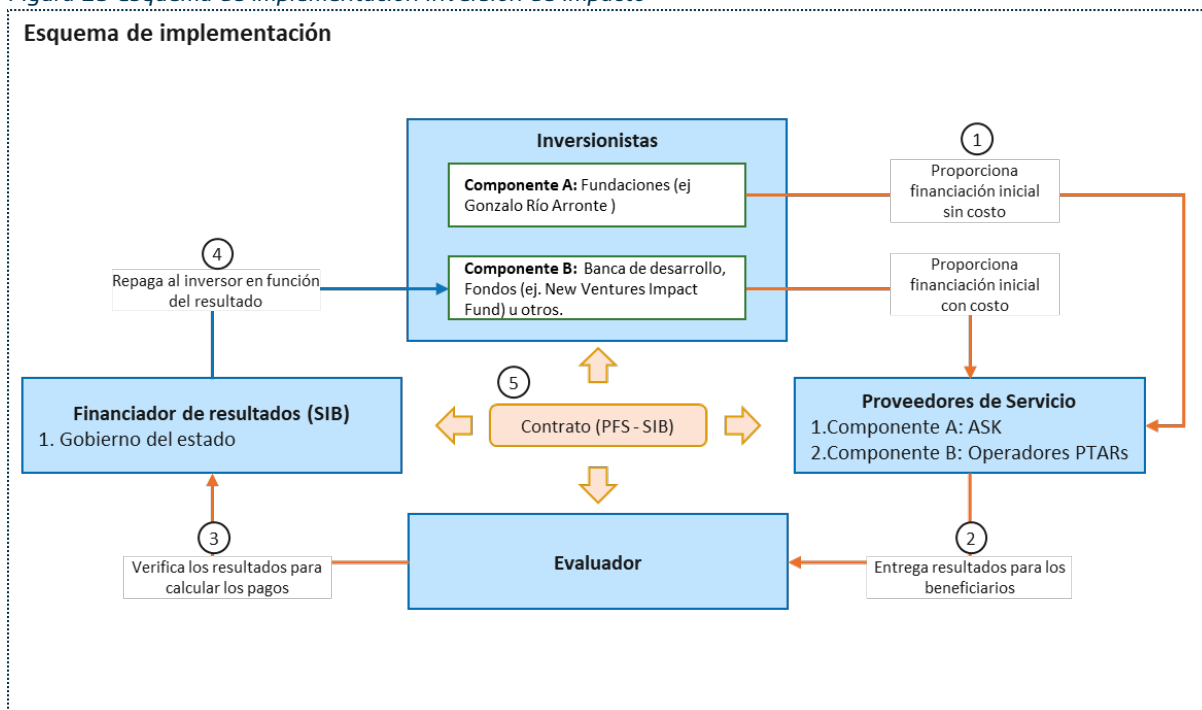
Inversión de impacto

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes cuatro pasos:

1. Los inversionistas de impacto proporcionan financiación inicial a los proveedores de servicio. Podría darse un *mix* entre financiación a fondo perdido (sin costo) a través de una fundación y financiación con costo a través de un fondo de impacto.
2. Los proveedores de servicio entonces entregan resultados a los beneficiarios.
3. El evaluador verifica los resultados para calcular los pagos que tendrá que hacer el financiador de resultados.
4. Al ser un Bono de Impacto Social (SIB, por sus siglas en inglés), el financiador de resultados el gobierno del estado de Quintana Roo. El financiador de resultados repaga al inversor de impacto en función de los resultados obtenidos. El repago sería a través del nuevo concepto de cobro.
5. Todos los actores adquieren derechos y obligaciones a través de la suscripción de un contrato de pago por éxito (*pay-for-success*).

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 23 Esquema de implementación Inversión de Impacto



Fuente: Elaboración propia

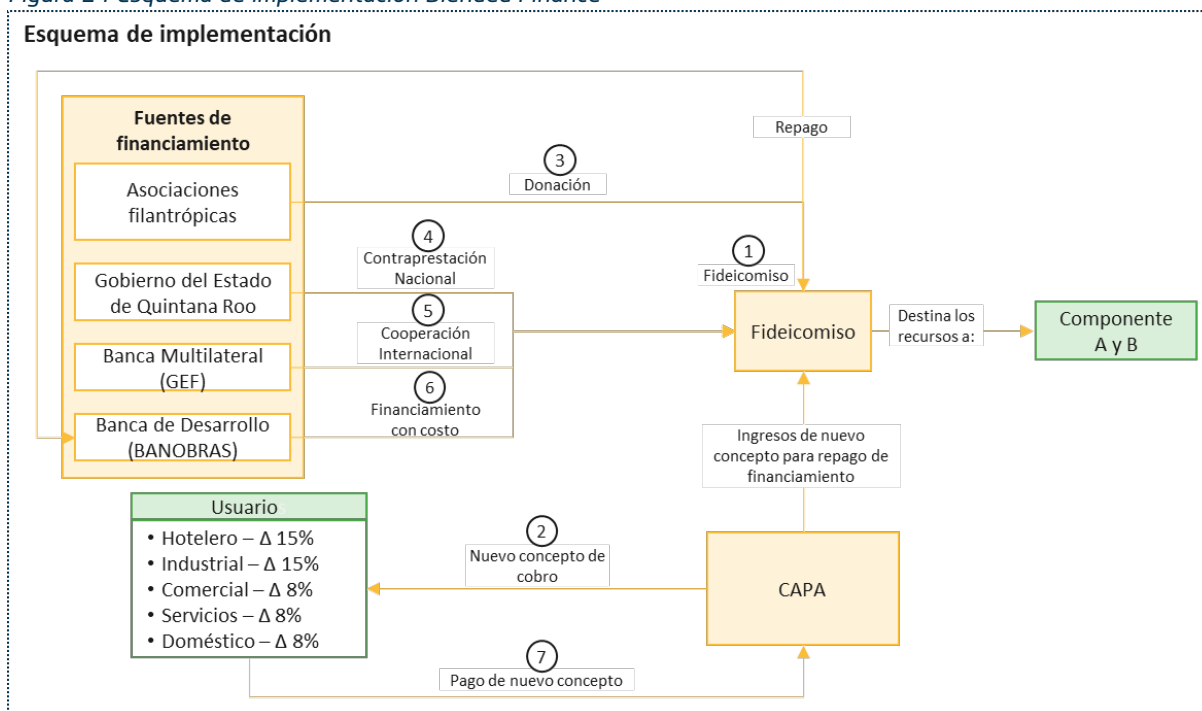
Blended Finance

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes cuatro pasos:

1. El Gobierno crea un fideicomiso para captar los recursos provenientes de las fuentes de financiamiento y los ingresos del nuevo concepto para el repago del financiamiento con costo.
2. La CAPA crea un nuevo concepto de cobro para asegurar la sostenibilidad de los proyectos del Componente A y B.
3. Se podría conseguir una donación por parte de asociaciones filantrópicas, que habilite al Gobierno a conseguir una Cooperación Internacional.
4. El Gobierno, a través de las donaciones consigue la Contraprestación Nacional solicitada por la Banca Multilateral y "desbloqued" la Cooperación.
5. La Banca Multilateral proporciona financiamiento a través de una Cooperación Internacional.
6. La Banca de Desarrollo proporciona financiamiento con costo.
7. Los usuarios de CAPA pagan sus recibos con el nuevo concepto de cobro y los ingresos se captan en el fideicomiso para el repago del financiamiento.

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 24 Esquema de implementación Blended Finance



Fuente: Elaboración propia

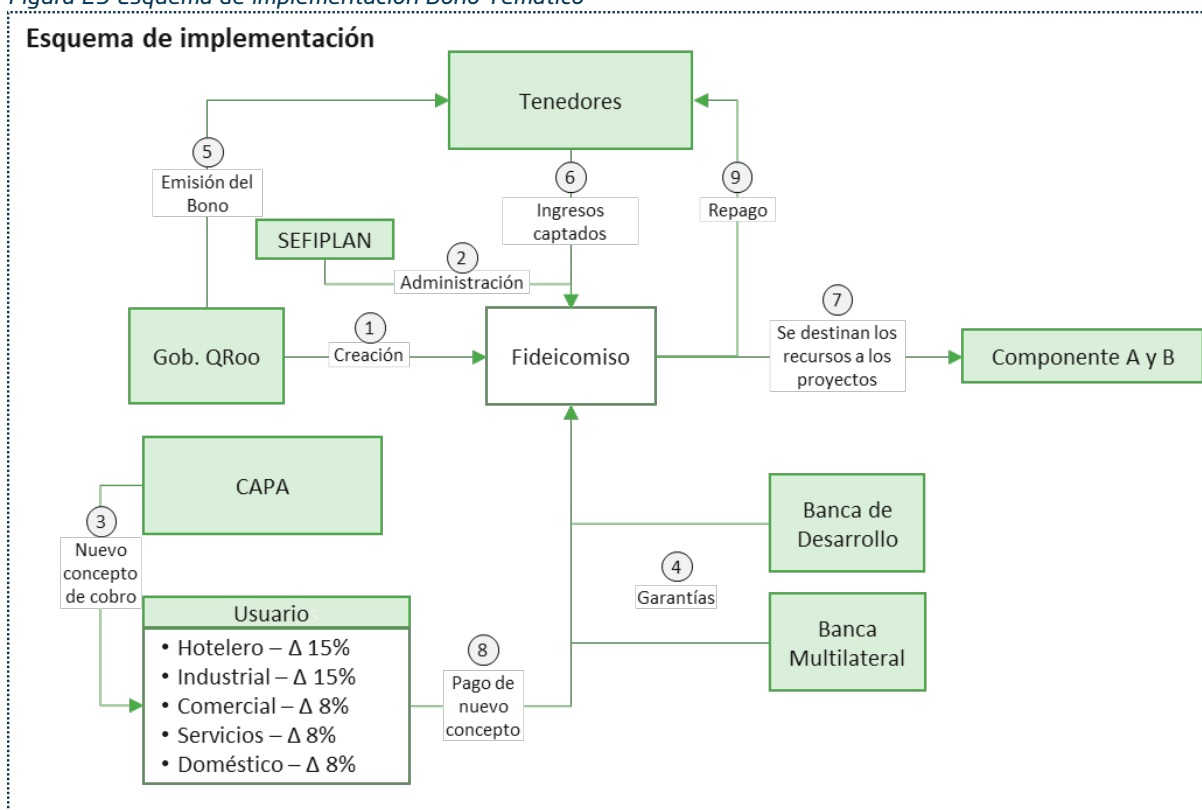
Bonos temáticos

El funcionamiento de este tipo de esquema se menciona en los siguientes cuatro pasos:

1. El Gobierno del Estado de Quintana Roo (Gob. Qroo) crea un fideicomiso para captar los recursos del nuevo concepto, las garantías y destinarlos al repago del bono.
2. La Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN) se encarga de administrar el fideicomiso.
3. La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) crea un nuevo concepto de cobro para asegurar la sostenibilidad de los proyectos del Componente A y B.
4. El Gob. Qroo consigue garantías de la banca de desarrollo y multilateral para asegurar el repago del bono en caso de posible incumplimiento.
5. El Gob. Qroo emite un bono temático y lo coloca en el mercado a través de una casa de bolsa o institución financiera.
6. Los inversionistas compran los bonos y los ingresos captados se depositan en el fideicomiso.
7. El fideicomiso destina los recursos al Componente A y B.
8. Los usuarios de CAPA pagan sus recibos con el nuevo concepto de cobro y los ingresos se captan en el fideicomiso.
9. El fideicomiso repaga a los tenedores.

De manera visual el esquema funcionaría de la siguiente manera:

Figura 25 Esquema de implementación Bono Temático



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Las aguas residuales no tratadas siguen siendo una de las principales amenazas para la salud pública, la rica biodiversidad de cualquier región y su desarrollo a largo plazo. En Quintana Roo, el cuerpo receptor de las aguas residuales es el acuífero, el cual conecta a todos los ecosistemas desde la selva hasta el arrecife.

Las aguas residuales mal tratadas tienen como consecuencia la destrucción de la biodiversidad y los ecosistemas, la contaminación de la cadena alimentaria, la escasez de agua potable, la generación de enfermedades y un impacto negativo en las actividades turísticas y recreativas del estado.

Actualmente el gasto en inversión física en el estado está concentrado y destinado a rubros no necesariamente de infraestructura hidráulica. El presupuesto para gasto de inversión en infraestructura hidráulica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ronda los 21 mil mdp y el gasto corriente los 12 mil mdp.

La Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento de México (ANEAS) y la CONAGUA apuntan a que el presupuesto para inversión en infraestructura hidráulica debería de rondar entre los 100 mil mdp y los 110 mil mdp anuales, es decir hay una

brecha de inversión de aproximadamente 88 mdp respecto del presupuesto que se requiere para infraestructura hidráulica.

El 11 de marzo de 2022, la SEMARNAT emitió la actualización de la NOM-001-SEMARNAT-1996, misma que será de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales en a partir de su entrada en vigor el 11 de marzo de 2023.

La actualización de esta norma implica que los operadores deberán realizar ciertas modificaciones o adecuaciones en sus procesos de tratamiento, representando con ello un reto debido la gran inversión en modernización de infraestructura y capacitación del personal que se requerida para el cumplimiento de la actualización de la norma.

Actualmente la generación de ingresos de los operadores proviene de distintas fuentes. Para el caso de AGUAKÁN y CAPA se estima que sus ingresos provienen de la tarifa de saneamiento, en particular del 5% de sobre costo del suministro de agua potable, por su parte FONATUR genera ingresos derivados de la venta de agua tratada y saneamiento a los Hoteleros.

El proyecto considera una inversión de aproximadamente 1,474 millones de pesos con costos de operación y mantenimiento de 138 millones de pesos anuales para el cumplimiento con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021.

Estos costos derivan del estudio realizado para la GIZ denominado *“Investigación documental de la totalidad de PTARs existentes, así como evaluación de las condiciones físicas y de operación de las PTARs municipales con gasto igual o mayor a los 100 l/s de capacidad instalada en el estado de Quintana Roo”*, donde se estableció el Plan de Acción para que las plantas mayores a 100 l/s cumplan con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Como parte del alcance del proyecto, se identificaron los mecanismos de financiamiento más adecuados para el desarrollo de la infraestructura requerida por las PTARs para el cumplimiento de la actualización de la norma anteriormente descrita, a través de la generación de energía eléctrica mediante la digestión anaerobia de lodos y reúso de agua tratada de alta calidad.

Es importante mencionar que la factibilidad de implementación varía con base al operador, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 41 Conclusiones preliminares de la factibilidad de generación de energía eléctrica y reúso de agua trata

Operador	AGUAKÁN	CAPA	FONATUR	Desarrollador
Generación de energía eléctrica mediante la digestión anaerobia	Con base en el análisis se considera que es factible y viable incorporar el proceso de digestión anaerobia de lodo y sistema de cogeneración en las PTARs ya que dispone de los recursos económicos, humanos y organizacionales para su implementación exitosa, aunado al incentivo económico que ello le representa.	Con respecto a la CAPA se observa que no dispone de los recursos económicos, materiales y humanos para implementar de manera exitosa y sostenible la operación de procesos de digestión anaerobia de lodos, así como de sistemas de cogeneración y sus diversos periféricos.	Debido a su ubicación, colindancias, uso de suelo y carencia de zonas de amortiguamiento, se considera inviable efectuar la digestión anaerobia de lodos en las plantas de FONATUR situadas en la Zona Hotelera de Cancún.	N/A
Reusó de agua tratada	Se considera que es deseable y factible detonar en Cancún la primera etapa del sistema de reúso y aprovechamiento de agua tratada , las zonas de demanda potencial de agua tratada se localizan en la parte centro - norte y sur de la ciudad-	Se considera que existen las condiciones propicias para aprovechar el agua tratada de la PTARs San Miguelito en Cozumel, ya que a una distancia menor a 3.5 km de la planta se localiza un campo de golf.	FONATUR distribuye y aprovecha el agua tratada producida en sus tres PTAR.	La PTAR Playacar se localiza en la colindancia de un campo de golf, a una distancia menor a 100 metros. Se considera que produciendo agua tratada con la calidad establecida en la NOM-001 e incorporando la unidad de filtración terciaria se tendrán condiciones muy favorables para efectuar la venta de agua tratada al campo de golf y para el riego de camellones y áreas verdes del mismo condominio, lo que permitiría recuperar una parte del costo de O&M de la PTAR.

Fuente: AyMA Ingeniería y Consultoría para la GIZ

Una vez analizado lo anterior, se identificó que, considerando las opciones de generación de ingresos para las PTARs a través de la generación de energía eléctrica mediante la digestión anaerobia de lodos y el reúso de agua tratada de alta calidad, se podría recuperar una parte del costo de O&M.

En cuanto a los mecanismos de financiamiento para las PTARs, se analizaron alrededor de 22 mecanismos, posteriormente y acorde con la metodología descrita en el apartado de anexos del presente documento, se obtuvieron los siguientes tres mecanismos: (i) Inversión de impacto (ii) Blended Finance y (iii) Bonos temáticos.

Inversión de impacto: Es un contrato de pago por resultados. Se refiere a una inversión realizada con la intención de generar impacto social y medioambiental a la vez que generar rendimiento financiero. Es una inversión que buscan un retorno de capital como mínimo igual al invertido, pero que deben producir de manera intencionada, cuantificable y medible un impacto positivo.

Blended Finance: Consiste en la suscripción de un fideicomiso que permite captar recursos a través de una combinación de distintos perfiles que buscan distinta rentabilidad-riesgo-impacto dentro de un mismo mecanismo. Es el uso de capital catalítico (un capital de inversión paciente, flexible y tolerante al Riesgo) de fuentes públicas o filantrópicas para aumentar la inversión del sector privado en el desarrollo sostenible.

Bonos temáticos: Es un instrumento de deuda regulado y sujeto al mismo mercado de capitales y regulación financiera que otros valores de renta fija. Se le considera un bono temático en tanto se destinen los recursos de la colocación exclusivamente a proyectos verdes, sociales, sostenibles y vinculados a la sostenibilidad. Su objetivo es captar capital para proyectos nuevos o existentes con objetivo específico.

Tabla 42 Conclusiones fuentes y/o mecanismos seleccionados para el componente B

Inversión de impacto	Blended finance	Bono temático
<ul style="list-style-type: none"> • Existe un enorme potencial debido a que el impacto de los proyectos CReW+ en conjunto es significativo y atractivo. • Este tipo de mecanismos permite crear certidumbre a sus inversionistas por medio de un evaluador. • El financiador realiza el pago en función de los resultados obtenidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora el riesgo del proyecto para conseguir nuevas y/o mejores condiciones de financiamiento (plazo, tasa, monto, etc.). • Las instituciones que participen pueden generar una mejora en su reputación e imagen. • Mediante la recanalización del pago de las tarifas se podría contar con una fuente de pago para los inversionistas, lo cual generaría una mayor confianza en los inversionistas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al ser un instrumento de deuda regulado presenta un riesgo bajo, permitiendo el acceso a grandes inversionistas. • Una de sus principales ventajas es que los recursos serán destinados a financiar proyectos de infraestructura específicos. • El 100 % de los recursos que se destinan a este tipo de activos proporcionan beneficios ambientales.

<ul style="list-style-type: none"> • Busca una maximización de rendimientos tomando en cuenta el riesgo de la inversión. • El financiador de resultados podría ser el brazo de inversión de alguna banca multilateral o programas federales, o en su caso, una mezcla de ambos. • En caso de que el financiador sea el Gobierno este puede apalancarse para el pago por medio de las tarifas. 		<ul style="list-style-type: none"> • Los mecanismos de repago del bono deben de estar claramente definidos pueden venir de un nuevo concepto de pago en las tarifas o de algún otro incremento o creación de impuestos. • Se requerirá un incremento en las tarifas de agua en un rango de un 8 a un 15%. • El Bono podría tener una duración de 25 años.
--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Estos tres mecanismos permiten la movilización de diferentes tipos de inversionistas desde los inversionistas tradicionales que buscan la maximización de rendimientos tomando en cuenta el riesgo de la inversión hasta los inversionistas filantrópicos que buscan generar impacto social o ambiental. Adicionalmente acepta rendimientos financieros por debajo del mercado financiero y/o con baja expectativa de rendimientos financieros.

Sin embargo, previo a la implementación de cualquiera de estos tres mecanismos es indispensable realizar las siguientes actividades, mismas que pueden consultarse en el plan de involucramiento de actores:

- Desarrollo y fortalecimiento de la normativa para la gestión y financiación de los recursos hídricos.
- Revisar, rediseñar y definir la política financiera del estado de Quintana Roo
- Establecer y diseñar instrumentos para la rendición de cuentas de las externalidades por contaminación de agua.
- Actualizar los instrumentos y normativas de acuerdo con el contexto y prioridades.
- Desarrollar y fortalecer mecanismos de comunicación entre los actores clave.
- Promover y fortalecer espacios de diálogos con los actores que intervienen en la gestión hídrica y ambiental.
- Fortalecer la relación y la cooperación entre los diferentes actores técnicos.
- Desarrollar las bases para tener un sistema único de indicadores.
- Fortalecer los programas relacionados a la sensibilización y la cultura del agua.
- Impulsar el cálculo de las externalidades creadas por la contaminación de agua.⁴⁷
- Mejorar la articulación de los beneficios multisectoriales de la gestión del recurso hídrico.
- Fortalecer la transparencia y la vigilancia social sobre las actuaciones que desempeñan los diferentes sectores en contaminación del agua.

La justificación de la importancia de impulsar las externalidades entorno a la degradación del agua se puede consultar en el apartado de anexos.

Anexos

Entrevistas

Como parte de las actividades del proyecto, se realizaron entrevistas a algunos actores relevantes como; Amigos de Sian Ka'an (ASK), la Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento (ANEAS) y a New Ventures, teniendo los siguientes hallazgos:

Componente A

Amigos de Sian Ka'an

Amigos de Sian Ka'an es una de las organizaciones de la sociedad civil más importantes de México, dedicada a la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sustentable.

Su misión es conservar la integridad y funcionalidad de los ecosistemas de la península de Yucatán, promoviendo el desarrollo socioeconómico de sus comunidades e influyendo en su cultura y políticas ambientales con base en la ciencia. Por otro lado, su visión es ser la organización líder en conservación y desarrollo sustentable en la Península de Yucatán, con un equipo técnico y directivo de excelencia, en alianza con los diversos actores de la sociedad.

ASK se fundó en 1986 como una respuesta de la sociedad para dar viabilidad a la recién creada Reserva de la Biósfera Sian Ka'an en Quintana Roo, México. Con el tiempo, el alcance del trabajo de ASK se ha expandido más allá de la Biósfera y Quintana Roo, abarcando la Península de Yucatán, como resultado de los importantes logros que han obtenido y que han sentado las bases para que otras organizaciones repliquen y den continuidad a las iniciativas de conservación y desarrollo sustentable que han establecido.

ASK es una organización propositiva que balancea el desarrollo de la sociedad y la conservación de los recursos naturales a través de su uso adecuado. El equipo de ASK trabaja, con el apoyo de la sociedad, para conservar las selvas más extensas de México, los ríos subterráneos más grandes del mundo, los humedales más importantes de Mesoamérica y el segundo arrecife coralino más largo del planeta. Tesoros naturales que aportan servicios ambientales que han permitido el desarrollo del destino turístico más importante de América Latina: Cancún - Riviera Maya. La labor de ASK se basa en la mejor información científica disponible para con ello impulsar políticas públicas como el decreto de áreas protegidas, o el diseño de normas, ordenamientos ecológicos y planes de desarrollo urbano. Con base en esas políticas públicas, colaboran con

comunidades, empresarios, autoridades y estudiantes para incrementar la participación de la sociedad en la conservación natural. Ello a través de proyectos productivos, el diseño de buenas prácticas y la educación ambientales. el diseño de normas, ordenamientos ecológicos y planes de desarrollo urbano.

ASK cuenta con 8 programas enfocados a la conservación ambiental:

- a) Agua
- b) Arrecife
- c) Selvas y humedales
- d) Maya Ka'an
- e) Desarrollo comunitario
- f) Educación ambiental
- g) Cambio climático
- h) Martí: *the Mesoamerican Reef Tourism*

Respecto al programa de Agua, se tienen los siguientes retos:

- a) Estudiar de manera permanente y sistemática la salud de los 600 km de arrecife de nuestras costas para apoyar la toma de decisiones de manejo y conservación más adecuadas.
- b) Marco normativo deficiente para la gestión del agua.
- c) Difundir conocimiento científico complejo en términos simples para que toda la población sea capaz de entenderlo e incorporarlo en su vida diaria.
- d) Lidar con el déficit de infraestructura hidráulica apropiada para el manejo sustentable del recurso hídrico, por ejemplo, falta de conexión al drenaje en algunos municipios y falta de interés en la población por la conexión al drenaje.
- e) Resolver la falta de conocimiento en la población acerca de la importancia de la conservación del recurso hídrico.

Las acciones que se están llevando a cabo para resolver estos retos, son las siguientes:

- a) La generación de un modelo hidrogeológico de la microcuenca de Tulum, con escenarios de cambio climático.
- b) Cuantificación del valor económico del acuífero de Quintana Roo para sustentar la protección y preservación del recurso hídrico.
- c) Campañas de educación ambiental: Eres Agua, Toma Conciencia y Buen día Selva.
- d) Revisión de la Guía para mejores prácticas para la conservación y uso sustentable de cuevas, cavernas, grutas y cenotes.
- e) Revisión del Manual del usuario para la operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) por lodos activados.
- f) Promoción de la conexión al drenaje en Bacalar y Solidaridad.
- g) Transferencia de tecnologías sustentables en Tulum y Felipe Carrillo Puerto.
- h) Promoción de la conservación de selvas a través del Fondo de pago por servicios ambientales.

Respecto a las Ecotecnias o componente A, se tienen algunas acciones en específico por parte de ASK que han estado desarrollando en los proyectos:

- a) Transferir los sistemas de tecnología apropiada para el manejo integral del agua en las comunidades.
- b) Realizar el diagnóstico de nuevas comunidades con potencial a ser beneficiarias del proyecto de Ecotecnias.
- c) Implementar los talleres de construcción de Ecotecnias en las nuevas comunidades.
- d) Elaborar una estrategia de vinculación de las comunidades beneficiarias de Ecotecnias con potencial a formar parte del Destino Maya Ka'an.
- e) Implementar la estrategia de intervención comunitaria en las comunidades beneficiarias de las Ecotecnias.
- f) Elaborar una estrategia comunitaria de disposición de residuos sólidos en las comunidades beneficiarias del proyecto de Ecotecnias.
- g) Supervisar los avances de obra hasta la culminación de los objetivos planteados.

En términos de proyectos relacionados con el tema del drenaje, se han realizado las siguientes actividades:

- a) Realizar reuniones constantes con la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), AGUAKÁN y Municipios para dar seguimiento a la implementación de la estrategia de conexión al drenaje en Solidaridad, Tulum, Bacalar y Othón P. Blanco.
- b) Dar seguimiento a los convenios de colaboración con universidades para el apoyo de estudiantes de servicio social a la promoción de la conexión al drenaje.
- c) Elaborar un diagnóstico con base en bibliografía de la Calidad de Agua de Solidaridad, Tulum, Bacalar y Othón P. Blanco que pueda ser presentado a los Municipios.
- d) Realizar talleres de implementación del Manual para operadores de PTARs.
- e) Impresión de material para campaña de difusión de conexión al drenaje.

Asimismo, ASK mantiene alianzas estratégicas con distintos actores posicionándose como un punto focal en los municipios:

- a) Vinculación con Direcciones de Ecología de Benito Juárez, Solidaridad, Felipe Carrillo Puerto, Othón P. Blanco y Puerto Morelos.
- b) Participación en eventos de posicionamiento de ASK (foros, eventos culturales, etc.) y seguimiento de acuerdos.
- c) Capacitación a personal de las Direcciones de Ecología en los municipios

Con base en estas acciones, ASK ha obtenido una serie de logros que han sido reconocidos a nivel local y federal, de los cuales se pueden observar algunos:

- a) Se lograron explorar 380 kilómetros cuadrados de la microcuenca de Tulum a través de mapeo aéreo electromagnético.
- b) Se ha determinado el tiempo de descarga aproximado de contaminantes que fluyen a través del sistema Ox Bel Ha.
- c) Participación en los procesos de diseño, revisión y modificación de la Ley General de Agua y la NOM-001.

- d) Culminación de la Guía de Mejores prácticas para uso sustentable de cuevas, cavernas, grutas, cenotes y el Manual de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- e) Avances en educación ambiental sobre la conservación del acuífero por medio del programa Eres Agua, Toma Conciencia.
- f) Se han publicado 5 artículos de investigación sobre el mapeo electromagnético y el modelamiento del acuífero de Tulum.
- g) Se promovió la creación del Grupo Promotor de Conexión al Drenaje en el municipio de Solidaridad.
- h) Impartición de talleres Eres Agua, Toma Conciencia, con un alcance aproximado de 54,409 personas (2016).
- i) Se creó el cuaderno didáctico del mismo programa para maestros y educadores ambientales.

En este sentido, ASK es un actor relevante para la implementación de las Ecotecnias (componente A del proyecto GEF CReW+) ya que cuenta con amplia experiencia en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las infraestructuras basadas en la naturaleza.

Componente B

Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento

La Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento (ANEAS) se fundó aproximadamente hace 40 años y es una asociación que agrupa a Organismos Operadores de Agua Potable del país y tiene como objetivo apoyar la elevación de la eficiencia en la prestación de los servicios, así como fomentar el nivel de profesionalización y autonomía del capital humano.

La ANEAS es una asociación civil sin fines de lucro, integrada por sistemas de agua y saneamiento estatales y municipales de México, así como con aliados estratégicos que son empresas proveedoras e instancias académicas y gremiales que participan en el sector, quienes aportan e intercambian conocimientos y experiencias para el logro de objetivos particulares y colectivos. Brindan asesoría jurídica, legislativa y fiscal, servicios para el desarrollo de capacidades y certificación, apoyo técnico para mejorar la operación y el mantenimiento de los sistemas de agua potable, representación ante autoridades y gestiones diversas, enlace con organizaciones nacionales e internacionales para compartir una gran variedad de experiencias y conocimiento; así como organización de talleres, cursos, seminarios y eventos en México y en otros países.

La misión de la ANEAS es representar a instituciones relacionadas con la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en México, con el fin de contribuir a la sostenibilidad hídrica, a través de acciones que lleven la eficiencia global

de los servicios, así como al desarrollo de capacidades institucionales y competencias laborales.

Su visión es ser un referente obligado en el sector hídrico dentro y fuera del país, por posicionar el agua como un tema prioritario de interés nacional e incidir en las políticas públicas del subsector y con ello contribuir al desarrollo sostenible de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento de México.

En resumen, los objetivos específicos de la asociación son:

- a) Aglutinar y representar a las entidades de agua y saneamiento estatales y municipales, con el propósito de definir problemas comunes, así como determinar estrategias para su solución, siendo interlocutor de los asociados. Buscan ser el medio de vinculación de las entidades con los diferentes niveles de gobierno y una instancia de gestión ante las diversas instituciones y autoridades relacionadas con el sector.
- b) Impulsar las instancias legislativas que propicien el marco regulatorio adecuado para la operación de los sistemas, así como las políticas públicas que posibiliten el desarrollo de los organismos como entidades productivas.
- c) Divulgar entre los agremiados las experiencias y aspectos sobresalientes del subsector.
- d) Fomentar el mejoramiento de los niveles técnico, administrativo y educativo de los trabajadores, profesionales y directivos de las empresas de agua y saneamiento.
- e) Apoyar la descentralización de los organismos y su autosuficiencia técnica-financiera con el fin de lograr su autonomía.
- f) Promover la cultura del agua a través de los Organismos Operadores asociados.

En este sentido, la ANEAS se vuelve un actor relevante ya que a través de sus objetivos específicos podría impulsar un marco regulatorio en beneficio de los mecanismos de financiamiento que se propongan para la sostenibilidad de las PTARs en Quintana Roo.

New Ventures

New Ventures es un fondo de inversión de impacto que busca crear una disrupción en los negocios basados en la Revolución de Impacto. Empoderan a los “disruptores” para que desafíen el estatus quo y diseñen la sociedad en la que nos esforzamos por vivir.

Trabajan en cuatro áreas complementarias:

- a) Aceleración
- b) Financiamiento
- c) Construcción de ecosistemas
- d) Finanzas innovadoras

Respecto al área de Aceleración, se dedican a escalar empresas innovadoras que abordan los desafíos sociales más apremiantes para liberar su potencial a través del apoyo al desarrollo de capacidades.

Actualmente tienen 4 proyectos en desarrollo en diversos proyectos con objetivo social y medioambiental, de desarrollo económico, agricultura, reintegración social, soluciones BoP y de emprendimiento:

Social y medioambiental

- Shell LiveWIRE México. Es una iniciativa que busca fortalecer las comunidades globales y locales a través del desarrollo de empresas sociales y la innovación.
- BBVA Momentum. Apoya anualmente a 100 PyMES en todo México que tienen un impacto social y/o ambiental. El programa ofrece capacitación, apoyo y financiamiento para acelerar el crecimiento y el éxito de estas empresas.

Desarrollo económico

- CCL Global Project. Apoya a emprendedores globales que se enfocan en aumentar la salud financiera de sus beneficiarios aprovechando la ciencia del comportamiento.

Agricultura

- Siembra. Programa de aceleración enfocado en modelos de agronegocios en etapas tempranas fundados por jóvenes mexicanos. Estará dirigido a jóvenes emprendedores entre las edades de 18 y 35 años con un modelo de negocio desarrollado en etapa temprana que busca mejorar los procesos agrícolas para los pequeños productores en México.

Reintegración social

- Empleando. En alianza con Fomento Social Citibanamex, buscamos desarrollar emprendimientos sociales y organizaciones que promuevan y mejoren la inclusión laboral en México.

Soluciones BoP

- I3 LATAM. Busca a los emprendedores sociales más innovadores de América Latina que beneficien a poblaciones vulnerables a través de la provisión de empleo, bienes y servicios de calidad.

Emprendimiento

- Laboratorio MIPYMES MX. Es un programa de capacitación gratuito dirigido a micro y pequeñas empresas de mujeres mexicanas para fortalecer sus negocios afectados por situaciones de crisis como la pandemia por la COVID-19. Una colaboración entre Unidad de Desarrollo Productivo de la Secretaría de Economía y GIZ en México.

En este sentido, New Ventures puede participar como actor en los mecanismos de financiamiento propuestos para proporcionar financiamiento inicial que habilite captar recursos de banca multilateral, fondos, o recursos gubernamentales.

Metodología del mapeo de actores clave y el plan de involucramiento del componente A y B

El PIAC es un instrumento de gestión social que podrá asegurar la participación informada y efectiva de las personas, comunidades y organizaciones durante el proceso de implementación de los componentes.

Para el desarrollo de un PIAC, es crucial contar con la participación de los actores clave, así como las estrategias y actividades que implica la implementación de los proyectos de la gestión del agua a lo largo de su ciclo de vida. La planificación de esta participación y los procesos de consulta reflejan el reconocimiento de los impactos sociales y ambientales que están presentes en dichos proyectos.

Adicionalmente, según el nivel de los impactos, los elementos de un PIAC pueden incluirse como parte de algún Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS), sobre todo en el componente B, donde se estiman proyectos de infraestructura de tratamiento de agua residual de mayor tamaño, inversión y alcance social que los del componente A.

Como parte de las actividades elaboradas para el desarrollo del PIAC para los componentes A y B, se elaboraron las siguientes dos grandes actividades:

- Mapeo de actores: Esta técnica nos permite identificar aquellos actores que se encuentran relacionados de manera directa o indirecta con el desarrollo de los proyectos.
- Plan de involucramiento: Por su parte el plan de involucramiento es la consecuencia de contar con el mapeo de actores y establecer una guía para proponer espacios y mecanismos para el oportuno y progresivo involucramiento de dichos actores.

Tabla 43 Metodología del mapeo de actores clave y el plan de involucramiento

Componentes	Mapeo de Actores	Plan de involucramiento
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de actores directa e indirectamente relacionados con el sistema. • Identificación de actores clave, primarios y secundarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategias de participación e involucramiento dividido por categorías.
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de entidades gubernamentales, privadas y multilaterales involucradas en los componentes A y B. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategias para llevar a cabo el desarrollo de los mecanismos de financiamiento.

Metodología para la selección de mecanismo de financiamiento

Existen elementos condicionantes y aspectos relevantes para la sostenibilidad financiera que deberán considerarse. Respecto a los elementos condicionantes nos podríamos encontrar con contextos legales, institucionales, sociales y culturales que delimiten la viabilidad de implementación de algún mecanismo de financiamiento. Las características propias de los marcos legales a nivel federal, estatal y municipal, la capacidad institucional y de gestión de los proyectos, así como los aspectos de tipo social y cultural pueden habilitar o descartar ciertos mecanismos de financiamiento.

Ejemplos de ello pueden ser:

- Limitaciones de tipo legal para la constitución de fondos fiduciarios.
- Falta de capacidad operativa en el manejo de mecanismos de financiamiento de mercado, que requieren cierto nivel de sofisticación.
- Resistencia por parte de las comunidades locales al uso de figuras asociativas entre los sectores público y privado.

Estos elementos deberán ser considerados al momento de priorizar y seleccionar los mecanismos de financiamiento más adecuados para la sostenibilidad de los componentes.

Al igual que los elementos condicionantes, existen otros aspectos relevantes que deberán ser considerados al momento de priorizar y seleccionar los mecanismos de financiamiento:

- El apalancamiento de recursos financieros debe ser visto como un medio y no como un fin en sí mismo. La implementación de los mecanismos debe ser medio para alcanzar los objetivos del proyecto GEF CReW+.
- La adopción de un enfoque de negocio en la gestión de los Componentes A y B tiene un efecto considerable en la sostenibilidad financiera. Mostrar los beneficios de destinar recursos a estos proyectos puede marcar una gran diferencia en las labores de gestión de recursos financieros.
- Medición de efectividad en la gestión. Se deberán construir esquemas de medición y revisión a los proyectos para asegurar la efectividad y beneficios generados con el objetivo de poder facilitar la identificación de necesidades, prioridades y soluciones.
- Diálogos intersectoriales. Los diálogos entre diferentes actores podrían mejorar la relación entre los mismos y a su vez apoyar a implementar mecanismos de financiamiento más apropiados.

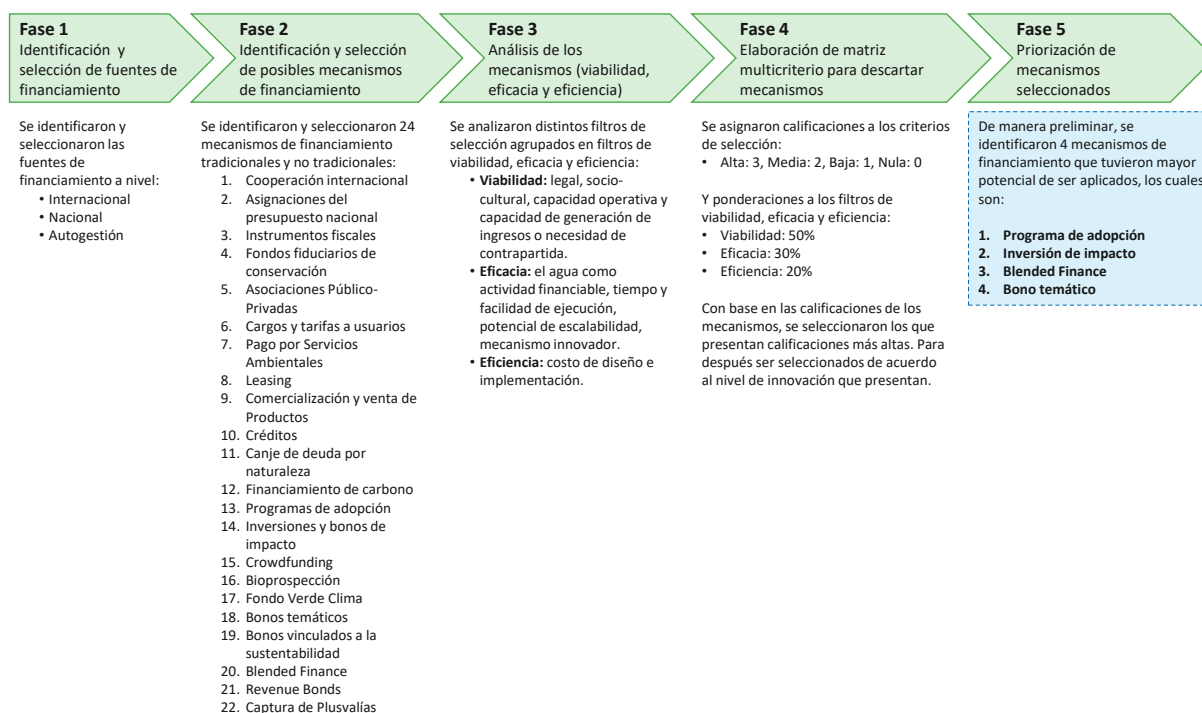
- Estrategias con perspectiva regional. Se buscará que la estrategia de financiamiento sea replicable regionalmente.

Se entiende que los mecanismos de financiamiento, que contribuyen a la sostenibilidad financiera de los Componentes A y B serán aquellos que tengan la mayor capacidad de asegurar un flujo de recursos suficiente para cubrir las necesidades de financiamiento identificadas, adecuado para las actividades que se busca desarrollar y oportuno de acuerdo con los tiempos en los que se planea realizar cada inversión.

Tomando como base la antes dicho para la selección de los esquemas de financiamiento se elaboró un análisis cualitativo a través de 5 fases:

1. Identificación y selección de fuentes de financiamiento
2. Identificación y selección de posibles mecanismos de financiamiento
3. Análisis de los mecanismos (viabilidad, eficacia y eficiencia)
4. Elaboración de matriz multicriterio para descartar mecanismos
5. Priorización de mecanismos seleccionados

Figura 26 Metodología para la selección del mecanismo de financiamiento



Fuente: Elaboración propia

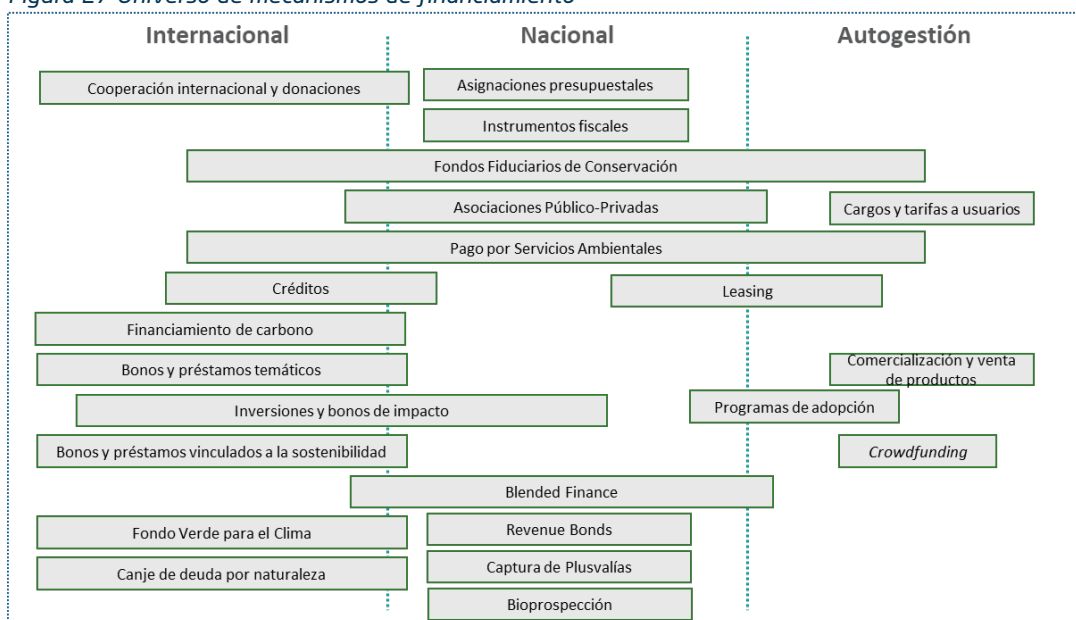
Fase 1: En esta fase se realizó la identificación de mecanismos de financiamiento en el ámbito: (i) Internacionales, (ii) Nacional, y (iii) mecanismos de autogestión.

- **Fuentes internacionales:** hacen parte de esta categoría los mecanismos financieros cuya fuente de recursos proviene de una entidad internacional, tales como organismos multilaterales, agencias de cooperación bilateral, fundaciones y corporaciones internacionales, ONGs, entre otras. Su uso más común está estrechamente asociado a la provisión de bienes y servicios de tipo público, como la provisión de servicios de agua y saneamiento.
- **Fuentes nacionales:** tienen su origen en los fondos federales, estatales y/o municipales, fundaciones, corporaciones y ONGs que operan en el ámbito nacional. Esta fuente es utilizada comúnmente en la financiación de actividades de gestión y operación.
- **Ingresos derivados de la autogestión:** los ingresos generados a nivel local o in-situ favorecen la autonomía financiera de los proyectos y constituyen una fuente confiable. En este grupo destacan por diferentes casos de éxito los cargos y tarifas a usuarios, el pago por servicios ambientales y las Asociaciones Público-Privadas, sin embargo, comúnmente algunos de estos mecanismos se apoyan de subsidios por parte de alguna fuente nacional o de donaciones por parte de alguna fuente internacional.

Fase 2: Una vez identificadas las fuentes de financiamiento, se procedió seleccionar aquellos mecanismos que tuvieran como objeto financiar proyectos como los mencionados en el componente A y B.

En esta fase se identificaron alrededor de 22 mecanismos de financiamiento tradicionales e innovadores que conforman las distintas fuentes de recursos: internacional, nacional y de autogestión.

Figura 27 Universo de mecanismos de financiamiento



Fuente: Elaboración propia

Fase 3: En esta fase se analizaron distintos filtros para realizar la selección de los mecanismos más apropiados para el proyecto considerando su viabilidad, eficacia y eficiencia:

- **Viabilidad:** legal, sociocultural, capacidad operativa y capacidad de generación de ingresos o necesidad de contrapartida.
- **Eficacia:** el agua como actividad financiable, tiempo y facilidad de ejecución, potencial de escalabilidad, mecanismo innovador.
- **Eficiencia:** costo de diseño e implementación.

Fase 4: En esta fase se asignaron calificaciones a los filtros de selección antes mencionados: Alta: 3, Media: 2, Baja: 1, Nula: 0. De igual manera se otorgó una ponderación: Viabilidad 50%, Eficacia 30%, Eficiencia 20%.

Con base en las calificaciones de los mecanismos, se seleccionaron los que presentan calificaciones más altas. Para después ser seleccionados de acuerdo con el nivel de innovación que presentan.

En la siguiente tabla se muestra mayor detalle respecto de la asignación de calificaciones a los filtros antes descritos:

Tabla 44 Criterios de la metodología para la selección del mecanismo de financiamiento

Filtro	Criterio	Descripción	Alta (3)	Media (2)	Baja (1)	Nulo (0)
Viabilidad	Legal	Existencia del marco legal y regulatorio que habilite el uso del mecanismo	A nivel de constitución, tratados internacionales, leyes federales	A nivel de leyes locales	A nivel de reglamentos o acuerdos	Sin existencia de marco legal y regulatorio
	Sociocultural	El mecanismo genera impactos positivos en las comunidades locales o en general y no genera resistencia respecto a su implementación	Si cumple con los ODS 3, 6, 11, 14 y 15	Si cumple con al menos 3 de los 5 ODS anteriores	Si cumple con al menos 1 ODS	Si no cumple con alguno de los ODS 3, 6, 11, 14 y 15
	Capacidad operativa	Necesidad de recursos humanos, técnicos y tecnológicos para administrar	No requiere la creación de nuevas estructuras	Requiere nuevas estructuras o modificación de existentes poco complejas	Requiere nuevas estructuras o modificación de existentes complejas	Requiere la creación de nuevas estructuras para su administración

		el mecanismo y complejidad de este				
	Capacidad de generación de ingresos	No existe la necesidad de que el proyecto genere ingresos para poder hacer viable el mecanismo o necesidad de contrapartida para acceder al mecanismo o fuente de financiamiento	No se requiere que el proyecto genere ingresos	Requerimiento de ingresos no necesariamente del proyecto, pero sí de alguna otra fuente	Requerimiento de generación de ingreso mixto (proyecto y otros)	Requerimiento de generación de ingreso por parte del proyecto
Eficacia	Programa de agua	El mecanismo cuenta con un programa específico para apoyar proyectos hídricos	Cuenta con un programa específico de agua	Cuenta con un programa específico de agua	Cuenta con programas que podrían aplicar al tema hídrico indirectamente	No se relaciona con temas hídricos
	Tiempo de ejecución	El mecanismo se puede ejecutar en un tiempo relativamente corto	6-12 meses	12-18 meses	18-24 meses	más de 24 meses
	Facilidad de ejecución	El mecanismo se puede implementar y ejecutar con facilidad, sin caer en la necesidad de procesos burocráticos y robustos	Alta facilidad, el mecanismo no tiene procesos burocráticos o robustos	Media facilidad, el mecanismo cuenta con algunos procesos burocráticos o robustos	Baja facilidad, el mecanismo cuenta con procesos robustos y complejos	Procesos altamente robustos y complejos
	Potencial de escalabilidad	Capacidad del mecanismo de alcanzar un crecimiento exponencial, con una expansión regional o nacional	Alta escalabilidad en función de complejidad y movilización de recursos	Media escalabilidad en función de complejidad y movilización de recursos	Poca escalabilidad en función de complejidad y movilización de recursos	Escalabilidad nula
	Mecanismo innovador	Capacidad de movilizar nuevos recursos adicionales a través de nuevas estructuras o mecanismos distintos a los tradicionales	Poco tradicional, alta capacidad de movilizar recursos, posibilidad de crear el primer caso de éxito	Poco tradicional, capacidad media para movilizar recursos, con algunos casos de éxito	Tradicional, capacidad para movilizar recursos, con muchos casos de éxito y experiencias	Sin capacidad de movilizar recursos

Eficiencia	Costo de diseño e implementación	El mecanismo podría generar altos costos administrativos en relación con los costos del proyecto	El mecanismo no requiere de una estructura robusta para su ejecución	Requiere de cierta estructura para su ejecución	El mecanismo requiere de una estructura robusta para su ejecución	Costos extremadamente altos
-------------------	----------------------------------	--	--	---	---	-----------------------------

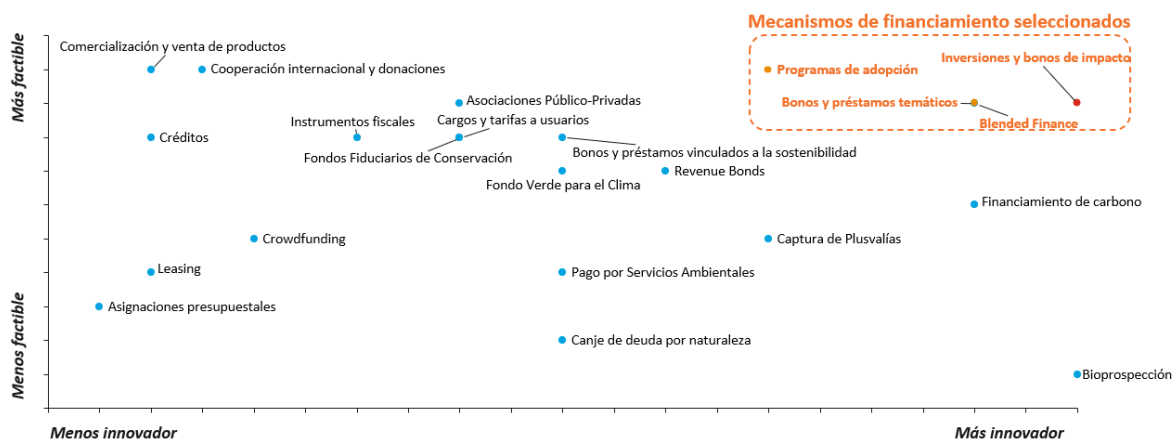
Fuente: Elaboración propia

Fase 5: En esta fase se realizó la priorización de los mecanismos de financiamiento, con base en las calificaciones más altas de los mecanismos. Posteriormente, se seleccionaron aquellos mecanismos que cumplieran con un nivel de innovación y factibilidad altos. Esto dado que el principal objetivo del proyecto es identificar mecanismos no tradicionales que cuenten con factibilidad para los proyectos CREW+.

Cómo se puede observar en la gráfica los mecanismos que muestran una mayor calificación global y mayor nivel de factibilidad e innovación son: (i) Inversión y bonos de impacto, (ii) Blended Finance, (iii) Bonos y préstamos temáticos y (iv) Programas de Adopción. Estos mecanismos de financiamiento cumplen con los objetivos de la consultoría, es decir que sean mecanismos innovadores y factibles.

La gráfica consta de dos ejes, siendo el eje de las (x) el indicativo de innovación y el eje de las (y) el de factibilidad.

Figura 28 Mecanismos graficados por nivel de innovación y nivel de factibilidad



Fuente: Elaboración propia

Creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua

Los tres mecanismos priorizados para el componente B cuentan con diferentes habilitadores que son indispensables para su viabilidad. El habilitador que es constante en los tres mecanismos es la creación de un nuevo concepto de cobro en el recibo de agua de los usuarios.

Por esta razón una de las actividades clave en el plan de involucramiento es revisar, rediseñar y definir la política financiera donde se propone lo siguiente:

- Revisar, rediseñar y definir los instrumentos de esquemas de tarifas y subsidios (Los subsidios son proporcionales al volumen que se consume, y dado que el acceso de las personas con escasos recursos al agua potable suele ser limitado o nulo, los subsidios tienden a beneficiar en un futuro principalmente a los grupos de mayor ingreso)
- Redefinir los mecanismos para la clasificación de los usuarios sujetos o candidatos a recibir subsidios
- Redefinir una política de disminución gradual de subsidios

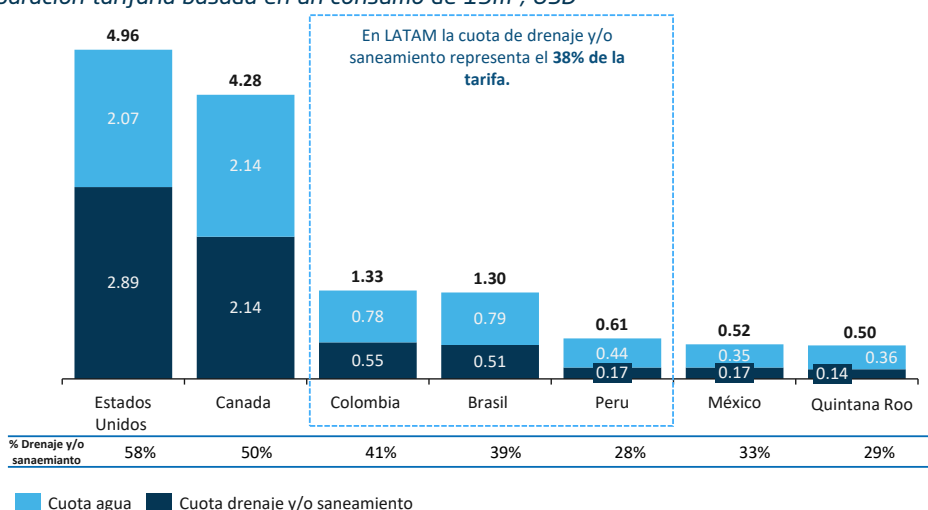
La teoría económica sugiere que las tarifas del agua deberían incluir el costo completo del suministro de agua y saneamiento (costos de inversión, costos operativos y de mantenimiento, costos de oportunidad y costos medioambientales externos). Sin embargo, las instancias a cargo de formular las políticas deben asegurarse de que la población en situación vulnerable pueda permitirse pagar por sus necesidades mínimas de agua y que la implementación de las tarifas del agua sobreviva realmente al proceso político.⁴⁸

Para la propuesta de la creación de un nuevo concepto de cobro, se llevó a cabo una evaluación preliminar del sistema tarifario del agua en Quintana Roo. De esta evaluación se identificó lo siguiente:

- El nivel tarifario promedio en México es menor a lo que se cobra en otros países en América como se puede ver en la siguiente figura.
- La base de evaluación para la tarifa del agua no marca diferencias entre el consumo de agua, la producción de aguas residuales y la contaminación, siendo este último punto uno de los datos medulares del análisis. En consecuencia, los usuarios más contaminantes transfieren los costos de tratamiento a usuarios que no necesariamente son los que contaminan más.

⁴⁸ (LIWA, 2022)

Figura 29 Comparación tarifaria basada en un consumo de 15m³, USD

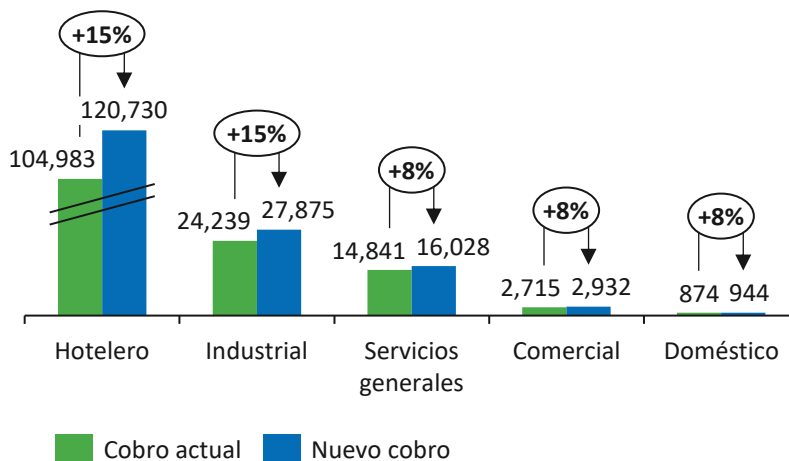


Fuente: Elaboración propia con información de IBNET Tariffs

Derivado a lo anterior revisar las tarifas, subsidios y mejorar la medición de los usuarios más contaminantes es fundamental para poder justificar un incremento en los costos y que a su vez este incremento permita el repago de los mecanismos de financiamiento propuestos para los componentes A y B.

Tomando como ejemplo el costo de inversión y operación de las PTARs estimado en 1,474 millones de pesos. Se calcula que, para poder realizar el repago de un bono a 25 años, se requerirá contar con los siguientes incrementos en el recibo de agua de los usuarios.

Figura 30 Comparativo del cobro promedio por tipo de usuario

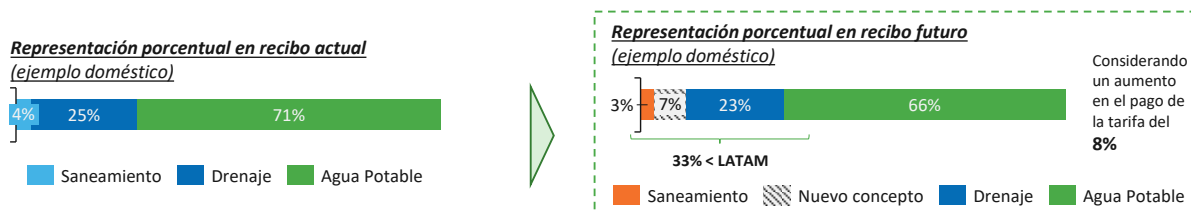


Fuente: Elaboración propia

La figura anterior nos permite visualizar cual sería el incremento de cobro promedio por tipo de usuario. De manera esquemática y colocando el ejemplo de un recibo de agua

de un usuario doméstico, la distribución en porcentaje respecto de la cuota total de pago quedaría representada de la siguiente manera:

Figura 31 Representación porcentual del pago de un recibo de agua



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura anterior, se plasma el comparativo porcentual del pago de un recibo de agua actual en comparación con el propuesto. Como se observa en la figura de la derecha, el nuevo concepto de pago representa un 7% respecto del cobro total, lo cual es equivalente al aumento del 8% en el pago de su tarifa normal.

De manera general las consideraciones financieras para el pago del bono son las siguientes:

- Con el cobro del nuevo concepto se espera captar los ingresos necesarios para hacer el repago de un bono con un tenor de 25 años.
- El repago anual estimado sería de 120 millones de pesos.
- El rendimiento para los tenedores se estima en TIIIE + 30 puntos base, obteniendo una tasa real estimada de 5.52%.
- (1) Considera una TIIIE de 9.22% y un premio de 30 puntos base. La tasa real descuenta la inflación estimada en 4.00% según el objetivo del Banco de México

Donatarias autorizadas

Además de las empresas, otro motor para el desarrollo social son las organizaciones altruistas, conocidas como donatarias autorizadas por las leyes fiscales. Las Donatarias Autorizadas son organizaciones civiles o fideicomisos que pueden recibir donativos deducibles del impuesto sobre la renta (ISR) de personas físicas o morales. AMIGOS DE SIAN KA AN, AC es una donataria autorizada con el siguiente objeto social:

“SÉPTIMA.- EL OBJETO DE LA ASOCIACIÓN SERÁ:...B).- PROMOVER ENTRE LA POBLACIÓN LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA, DEL AIRE Y DEL SUELO, LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Y LA PRESERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO.C).- PROMOVER, FOMENTAR, REALIZAR Y COLABORAR EN ACTIVIDADES ENCAMINADAS A LA CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO RACIONAL INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES DEL ESTADO DE QUINTANA ROO EN PARTICULAR Y LA PENÍNSULA DE YUCATÁN EN GENERAL, A FIN DE CONSERVAR PARA LAS GENERACIONES FUTURAS DE QUINTANARROENSES UN PATRIMONIO DE RIQUEZA NATURAL...F).- APOYAR LOS PROYECTOS ECOLÓGICOS QUE SURJAN DE LA INICIATIVA DE LA POBLACIÓN (ASÍ) LOCAL Y CONTRIBUIR A FORMAR CONCIENCIA RESPECTO A LA IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE NATURAL Y DE SUS DIFERENTES COMPONENTES PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA VIDA HUMANA EMPLEANDO PARA ELLO LA DIFUSIÓN EN PERIODICOS, REVISTAS, PUBLICACIONES, RADIO, TELEVISIÓN, CINE Y OTROS MEDIOS DE COMUNICACIÓN, ORGANIZAR Y COLABORAR EN LA ORGANIZACIÓN DE EVENTOS EN EL AMBITO NACIONAL O INTERNACIONAL, TALS COMO CONGRESOS, SEMINARIOS, CURSOS Y CONFERENCIAS CON TEMAS DE INTERES PARA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, FLORA Y FAUNA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, Y DE LA PENINSULA DE YUCATÁN.G).- COLABORAR CON LAS AUTORIDADES COMPETENTES PARA REDUCIR Y ELIMINAR LOS FACTORES INDUCIDOS PÓR EL HOMBRE QUE CONDUCEN A LA ALTERACIÓN Y DESTRUCCIÓN DEL HÁBITAT Y DE LOS RECURSOS NATURALES QUE ESTE CONTIENE, COADYUVANDO A DETENER O IMPEDIR ACTIVIDADES TALES COMO LA TALA, CAZA Y COMERCIO IRRACIONALES E ILEGALES DE FLORA Y FAUNA, MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES...L).- APOYAR ECONOMICAMENTE LAS ACTIVIDADES DE PERSONAS MORALES AUTORIZADAS PARA RECIBIR DONATIVOS DEDUCIBLES EN LSO TÉRMINOS DE LAS DISPOSICIONES FISCALES VIGENTES.”

Al igual que otras personas morales, las entidades autorizadas para recibir donativos deducibles deben emitir la factura electrónica, hacer retención de impuestos y llevar en orden su contabilidad. Los principales ventajas para las donatarias autorizadas, así como para los donantes se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 45 Ventajas de contar con la autorización para recibir donativos deducibles del impuesto sobre la renta.

Ventajas para las Donatarias Autorizadas	Ventajas para los Donantes
<ul style="list-style-type: none"> • Puede recibir donativos sin límite, ya sea en efectivo o en especie, de residentes en el país o en el extranjero, debiendo expedir los comprobantes respectivos. • De manera general no es contribuyente del ISR. • Su inclusión como donataria autorizada en el Anexo 14 de la Resolución Miscelánea Fiscal, que se publica en el Diario Oficial de la Federación y en el Portal de internet del Servicio de Administración Tributario es una garantía nacional, ya que da certeza jurídica a sus potenciales donantes y le ayuda a percibir más donativos. • Con previa autorización del Servicio de Administración Tributaria puede aplicar los donativos deducibles que reciba a otras actividades adicionales contenidas en su acta constitutiva o estatutos o contrato de fideicomiso respectivo, siempre que se ubiquen en los supuestos de los artículos 79, fracciones VI, X, XI, XII, XVII, XIX, XX y XXV, 82, 83 y 84 de la Ley del Impuesto sobre la Renta, así como 36, segundo párrafo, y 134 de su Reglamento, sin que sea necesario una nueva publicación en el Diario Oficial de la Federación o se dé a conocer ello en el Portal de internet del Servicio de Administración Tributaria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los donantes tienen un reconocimiento fiscal que puede aminorar el importe del impuesto sobre la renta a cargo, al momento de presentar tu Declaración anual del ejercicio. • El donativo es 100% deducible, pero hay un monto máximo. En donativos a la Federación, entidades federativas, municipios o a sus organismos descentralizados hasta el 4% de: (i) la utilidad fiscal del ejercicio anterior en caso de ser persona moral, o (ii) los ingresos acumulables del ejercicio fiscal inmediato anterior tratándose de personas físicas. En donativos a las Donatarias Autorizadas por el SAT, hasta el 7% de la utilidad fiscal o ingresos acumulables del ejercicio fiscal inmediato anterior.

Externalidad - Contaminación de Agua

Cada año se vierten a los cuerpos de agua millones de metros cúbicos de aguas residuales, descargas municipales, industriales y agrícolas tratadas de forma inadecuada o sin tratamiento alguno. La contaminación o degradación de la calidad del agua tiene un alto impacto en los ecosistemas y por lo tanto en la salud. Por esta razón es necesario reducir los metros cúbicos que son descargados de forma inadecuada o sin tratamiento y mejorar los procesos de tratamiento, no sólo para procurar el bienestar social y la protección ambiental, sino también por razones económicas.

Las externalidades se producen cuando las actividades sociales o económicas de un grupo de personas tienen un impacto sobre otro, y estas pueden ser de dos tipos positivas o negativas, las cuales están asociadas a un beneficio o costo.⁴⁹

Por lo que la degradación de la calidad del agua está caracterizada por ser una externalidad negativa asociada a un costo económico. Conocer el costo económico de las externalidades es indispensable, ya que permite establecer y diseñar instrumentos para fomentar la rendición de cuentas de estas (el que contamina paga), o para justificar la inversión en infraestructura de agua y saneamiento.

Acorde con información publicada por la Auditoría Superior de la Federación (ASF), se estima que a nivel nacional el costo estimado por la degradación de la calidad del agua es de \$85,176,162 pesos⁵⁰, cifras estimadas considerando la Tasa Media de Crecimiento Anual del periodo 2007-2013.

Considerando lo anterior, se puede estimar que el costo por degradación de la calidad del agua correspondiente a la Península de Yucatán es de \$1,849,371 pesos, asumiendo que en el año 2014 descargaron 977,897 m³ del agua el 2.2% del volumen total de descargas a nivel nacional.

La inversión necesaria de capital para el cumplimiento con los requisitos de la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 en las PTARs mayores a 100 l/s en el estado de Quintana Roo es de \$1,474,572 de pesos.

En conclusión, se puede deducir que es más económico realizar la inversión en infraestructura para el tratamiento de aguas residuales que absorber el costo por la degradación del agua. Considerando la información de 2014 de ASF, el costo de inversión representaría aproximadamente el 80% del costo económico pagado por

⁴⁹ (European Commission, 2003)

⁵⁰ (ASF, 2014)

degradación de agua.

Capacitaciones

Al final del mes de octubre y a principios del mes de noviembre se llevaron a cabo dos capacitaciones sobre los mecanismos seleccionados:

- Presentación del componente A (Ecotecnias): 31 de octubre para ASK
- Presentación del componente B (PTARs): 27 de octubre y 3 de noviembre para CONAGUA

El objetivo principal de estas capacitaciones fue presentar la propuesta de los mecanismos de financiamiento innovadores para la sostenibilidad financiera del proyecto CReW+. Los objetivos específicos fueron:

- a) Explicar los principales mecanismos de financiamiento seleccionados.
- b) Explicar la aplicabilidad de los mecanismos al Proyecto CReW.
- c) Presentar la propuesta de mecanismos de financiamiento innovadores para la sostenibilidad financiera.

De manera general se realizó la presentación de los antecedentes del proyecto, objetivos y se realizó una breve explicación sobre los mecanismos de financiamiento existentes en el mercado. Posteriormente se presentaron los mecanismos de financiamiento seleccionados y sus esquemas de desarrollo, los esquemas presentados fueron los siguientes:

1. Programa de adopción
2. Inversión de impacto
3. Blended Finance
4. Bono temático

Finalmente, la capacitación concluyó mostrando ejemplos prácticos de este tipo de mecanismos en el mercado. Como referencia de estas capacitaciones se anexa al presente documento el material expuesto en dichas capacitaciones.

Bibliografía

- Amigos de Sian Ka'an . (2021). *Catálogo de Ecotecnias. Manejo Adecuado*. Quintana Roo: En colaboración con IMTA, SEDESO, CReW+, SAC-TUN, FGRA.
- Amigos de Sian Ka'an. (2021). *8 lecciones aprendidas*. En colaboración con IMTA, SEDESO, CReW+, SAC-TUN, FGRA.
- Amigos de Sian Ka'an. (2021). *Diagnóstico de 8 comunidades de Quintana Roo*. En colaboración con CAPSIS, GIZ, CreW+, SAC-TUN .
- Amigos de Sian Ka'an. (2022). *Progama de Capacitación para el Acompañamiento*. Quintana Roo: En colaboración con CAPSUS, GIZ, CReW+, SAC-TUN.
- ANEAS. (11 de Marzo de 2022). Obtenido de ANEAS: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2022/03/Lineamientos-para-cumplir-NOM-001-SEMARNAT.pdf>
- AWWA. (2005). *Microfiltration and Ultrafiltration Membranes for Drinking Water. M53*. Denver, CO. USA: American Water Works Association.
- CAWST. (2012). *Manual de construcción del filtro de bioarena*. Calgary, Alberta. CA.: Centre for Affordable Water and Sanitation Technology.
- CONAGUA. (1994). *Saneamiento Rural*. Subdirección General Técnica.
- CONAGUA. (12 de 2014). Obtenido de Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. : http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/publicaciones/Publicaciones/Inventario_Nacional_Plantas1.pdf
- INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda*.
- IRRI. (2022). *IRRI México*. Obtenido de IRRI México: <https://irrimexico.org/programas/programa-seguridad-hidrica/>
- Kawamura, S. (2000). *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities* (2nd edition. ed.). John Wiley & Sons.
- MWH. (2005). *Water Treatment: Principles and Design* (2nd ed. ed.). New Jersey, Estados Unidos.: Wiley.

Qroo. (16 de 07 de 2021). *Congreso Qroo*. Obtenido de LEY DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO.: <https://www.congresoqroo.gob.mx/leyes/10/>

SEMARNAT. (11 de 03 de 2022). *SEGOB*. Obtenido de DOF: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0

SSWM. (2017). *Sustainable Sanitation and Water Management*. Recuperado el 2017, de <http://www.sswm.info/content/membrane-filtration>

Steer, D., Aseltyne, T., & Fraser, L. (2002). Life-cycle economic model of small treatment wetlands for domestic wastewater disposal. *Ecological Economics*, 359-369.

Urbana, I. (2022). *Sistemas de campo*. Obtenido de Isla Urbana : <https://islaurbana.org/sistemas-campo/>

WHO. (2017). *Guidelines for Drinking-Water Quality* (4th ed. ed.). World Health Organization.

Financiado por



Co-implementado por



Co-ejecutado por



OEA Más derechos para más gente

En alianza con



En colaboración con



CRew+

