



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE RECOLECCIÓN DE SARGAZO
EN LAS COSTAS DEL CARIBE MEXICANO.
DISEÑO Y EVALUACIÓN

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
MAYRA MURILLO GARCÍA

TUTOR
M.I. FRANCISCA IRENE SOLER ANGUIANO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX,
NOVIEMBRE 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Idalia Flores de la Mota
Secretario: M.I. José Domingo Figueroa Palacios
Vocal: M.I. Francisca Irene Soler Anguiano
1^{er}. Suplente: Dra. Esther Segura Pérez
2^{d o}. Suplente: Dra. Aida Huerta Barrientos

Lugar donde se realizó la tesis: México, Ciudad de México

TUTOR DE TESIS:

M.I. Francisca I. Soler Anguiano

FIRMA

A mis padres.

Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, en particular a la Facultad de Ingeniería, por darme la oportunidad de estudiar en uno de sus programas de posgrado.

A **CONACYT** por el apoyo económico que hizo posible la realización de mis estudios.

A la **Mtra. Francis Anguiano**, por su orientación y apoyo para la realización de esta tesis.

A la compañía Weir Minerals, es especial al **Ing. Guillermo Acosta**, por su colaboración con los aspectos técnicos del trabajo y por la confianza para proporcionarme la información.

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
PROBLEMÁTICA	2
OBJETIVO	3
JUSTIFICACIÓN	3
.....	4
CAPÍTULO 1. EL SARGAZO EN LAS COSTAS DEL CARIBE MEXICANO	5
1.1. Fenómeno atípico.....	6
1.2 ¿Por qué llegó tanto sargazo al Caribe?	7
1.3 ¿Qué se está haciendo?	8
1.4 Posibles usos del sargazo	10
1.5 Procesos de recolección de algas marinas	11
CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE PROYECTOS	15
2.1 Definición de Proyecto	15
2.2 Análisis Costo Beneficio.....	16
2.3 Asociación Pública Privada	19
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN	21
3.1 Descripción del proceso de recolección	21
3.2 Equipo y maquinaria.....	23
.....	25
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	26
4.1 Evaluación del proyecto	26
4.2 Escenarios Asociación Pública-Privada.....	33
4.3 Comparación de los escenarios	38
CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS	42
ANEXO I. Aspectos técnicos del equipo	43
ANEXO II. VPN de distintos escenarios	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Sargassum</i> flotando en aguas cerca de la costa.....	5
Figura 1.2 Sargazo húmedo retirado en Quintana Roo.....	6
Figura 1.3 Ubicación y esquema de desplazamiento del Mar de los Sargazos en el Océano Atlántico.....	7
Figura 1.4 Método de limpieza de los arribazones en el Caribe Mexicano.....	8
Figura 1.5 Uso de maquinaria pesada para la limpieza de las costas en el Caribe Mexicano.....	8
Figura 1.6 Banda transportadora en Puerto Morelos.....	9
Figura 1.7 Barco <i>Sargacero</i>	11
Figura 1.8 Barco recolector <i>Scoubidou</i> de <i>Laminaria digitata</i>	12
Figura 1.9 Recolección de <i>Laminaria Hyperborea</i> en Noruega.....	12
Figura 1.10 Cortadores montados en la parte frontal de un buque.....	13
Figura 2.1 Fases del ciclo de vida del proyecto.....	16
Figura 2.2 Clasificación de Proyectos.....	15
Figura 3.1 Vista superior (a) y frontal (b) del barco con dimensiones.....	23
Figura 4.1 VPN = 0 en los parámetros sensibles del PPI.....	32
Figura 4.2 Resultados Caso 1.....	34
Figura 4.3 Resultados Caso 2.....	35
Figura 4.4 Resultados Caso 3.....	36
Figura 4.5 Resultados Caso 4.....	37
Figura 4.6 Comparación de los escenarios del esquema APP.....	38
Figura 4.1 Escenarios en el esquema APP rentables.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Usos industriales del compuesto químico (algina) que contiene del sargazo.....	10
Tabla 2.1 Diagrama de operaciones para el proceso de recolección de sargazo.....	22
Tabla 2.2 Descripción de los componentes del equipo de recolección.....	24
Tabla 2.3 Datos de la embarcación.....	24
Tabla 4.1 Consumo de combustible.....	27
Tabla 4.2 Precio histórico del Diesel en México a diciembre de cada año.....	27
Tabla 4.3 Cuantificación de los costos del PPI.....	29
Tabla 4.4 Cuantificación de los beneficios del PPI.....	29
Tabla 4.5 Análisis costo-beneficio del PPI.....	29
Tabla 4.6 Cálculo de los Indicadores de rentabilidad.....	30
Tabla 4.7 Estimaciones en los diferentes escenarios.....	31
Tabla 4.8 Cálculos del VPN con las diferentes estimaciones.....	31
Tabla 4.9 Cálculos de la TIR con las diferentes estimaciones.....	31
Tabla 4.10 Escenarios posibles en el esquema APP.....	33
Tabla 4.11 Resultados Caso 1.....	34
Tabla 4.12 Resultados Caso 2.....	35
Tabla 4.13 Resultados Caso 3.....	36
Tabla 4.14 Resultados Caso 4.....	37
Tabla 4.15 Indicadores de rentabilidad para los escenarios en el esquema APP.....	38
Tabla 4.16 Escenarios en el esquema APP rentables.....	39

RESUMEN

Las playas del corredor turístico del Caribe están infestadas de sargazo, un alga marina, que el sector turístico ha calificado como basura playera, sin embargo, esta alga posee ciertas propiedades que brindan la posibilidad de darle diferentes usos en industrias como la farmacéutica, alimentaria, textil, entre otras, obteniendo un beneficio económico.

Para poder aprovechar el sargazo es indispensable recolectarlo antes de que comience su proceso de putrefacción, por eso la importancia de diseñar un proceso de recolección del mismo dentro del mar. Dicho proceso a su vez deber ser eficiente, amigable con el ecosistema y económicamente factible, estos son los objetivos a desarrollar y resolver en esta investigación, haciendo uso de la técnica de análisis costo-beneficio para determinar la conveniencia del proyecto.

Como la excesiva cantidad de sargazo que ha llegado a las costas afecta directamente al turismo (dañando la estética del lugar y produciendo mal olor) y a las actividades pesqueras de la región este proyecto puede ser de gran utilidad para el sector público como para el sector privado por lo que se analizarán las opciones de adquisición del proyecto, una vez que se haya analizado que es viable, ya sea por parte del Sector Público o del Sector Privado ó en una Asociación Pública-Privada.

INTRODUCCIÓN

PROBLEMÁTICA

Desde el 2015 prácticamente todas las playas del corredor turístico del Caribe están infestadas de sargazo, que es una alga marina que se mantiene a flote naturalmente y que viaja en “colonias de algas” en el mar a través de las corrientes marinas.

Se trata de un fenómeno natural que llega a las Costas del Caribe e inicia por el mes de agosto, lo cual implica la llegada mesurada de estas algas, que sirven para regenerar el ecosistema, ayudan a acumular arena en las playas cuando forman una pequeña barrera de algas en la orilla y está por dos o tres semanas y luego desaparece, ese es el proceso natural, o sino son retiradas por las brigadas de limpieza de cada municipio de la Zona Federal Marítimo Terrestre (Zofemat) sin mayor afectación.

Pero la cantidad de sargazo que llegó ese año superó cualquier expectativa, está llegando de un modo insistente y en cantidades completamente inusuales; en caso particular, de acuerdo a un artículo publicado “en promedio cada día llegan a las costas de Quintana Roo un metro cúbico de sargazo, dependiendo de las corrientes marinas” (El Financiero, julio 2015), por lo que ya no es suficiente con la brigadas de limpieza para retirarlo.

Al ser tanta la cantidad, está afectando el turismo de la región, pues al estar estancado produce un olor desagradable, y arruina la estética del lugar; también dificulta la navegación de embarcaciones pequeñas y la pesca, pues se enmaraña con las redes.

Por tal motivo es indispensable poder retirarlo de las costas, además de limpiarlas, se podría tener un beneficio extra, pues se le puede dar diferentes usos al sargazo una vez recolectado, puede ser depositado en sitios para restaurar las zonas de dunas que fortalecen la misma playa, y por las cantidades importantes de potasio y fósforo, debidas a la alta diversidad de algas pardas, brindan posibilidad de generar alimento para aves de cautiverio, compostas para abono en el cultivo de hortaliza y posibles usos en la elaboración de alimentos y fármacos. Asimismo, la presencia de alginatos plantea su aprovechamiento en la elaboración de insumos para las áreas de cosmetología, médica y alimentaria (Castillo Arenas y Dreckmamm, 2013), inclusive algunos lugareños lo han estado utilizando como un ingrediente en sus platillos.

OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo proponer un proceso para la recolección de sargazo dentro del mar, que sea eficiente, amigable con el ecosistema y que genere un beneficio económico al reutilizar el sargazo, así como realizar la evaluación financiera del proyecto para determinar su viabilidad.

Objetivos Específicos

- Diseñar un proceso eficiente de recolección del sargazo dentro del mar.
- Identificar los usos potenciales del sargazo recolectado.
- Realizar un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad del proyecto.
- Evaluar las opciones de adquisición, ya sea por parte del Sector Público o el Sector Privado.

JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a investigadores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y de la división de Ciencias Biológicas y del Instituto Politécnico Nacional (IPN) la presencia de sargazo proseguirá en El Caribe; “Los arribazones van a continuar. Tenemos expectativas de que las corrientes, la producción de esta masa flotante, son continuas y son comunidades (...) creo que debemos pensar bien cómo sacar el sargazo. Parte tendrá que ser, extraer y procesar prácticamente de inmediato y, en parte, no hacerlo, es decir, tenemos que dejar que los organismos hagan su trabajo” (Mendoza González, septiembre 2015)¹, es por esto que se tienen que tomar medidas preventivas para poder retirarlo de las costas.

Además el sector turístico califica los arribazones como basura playera, sin embargo, esta alga posee ciertas propiedades que brindan la posibilidad de darle diferentes usos una vez recolectado obteniendo un beneficio económico.

¹ Investigadora de la división de Ciencias Biológicas del IPN.

CAPÍTULO 1

El sargazo en las
costas del caribe

CAPÍTULO 1. EL SARGAZO EN LAS COSTAS DEL CARIBE MEXICANO

Las arribazones algales consisten en la llegada a las playas o a las riberas de algunas costeras y estuarios de grandes cantidades de macroalgas, pertenecientes a cualquiera de las algas verdes, pardas o rojas. Según la localización geográfica, el elenco ficoflorístico cercano y la estacionalidad de las especies algales involucradas, éstas pueden estar compuestas de una o más especies.

En México todos los datos sobre la presencia del fenómeno en el litoral del Atlántico y Caribe provenían de observaciones ocasionales por ficólogos u otros especialistas y a pesar de la frecuencia de este fenómeno, no hay literatura pertinente a estudios que informen acerca de la composición taxonómica, las causas y mecanismos, la estacionalidad, la regionalización, el origen de las especies involucradas y sus usos potenciales; sólo se había mencionado que las arribazones presentes en el litoral del Estado de Quintana Roo son las más espectaculares en términos de diversidad y abundancia, destacándose las observadas en Cancún y Puerto Morelos.

En un intento por resolver el problema de la composición taxonómica, algunos investigadores (Castillo Arenas y Dreckmamm, 2013), realizaron un estudio de las especies presentes en Punta Cancún y Puerto Morelos, registrando 40 especies, 25 de tallas grandes (de 10 a más de 40 cm) susceptibles a ser explotadas; 14 son pequeñas (desde algunos micrómetros hasta 5-6 cm) y más difíciles de usar como recurso; 22 son estacionales en términos de presencia-ausencia a lo largo del año; 15 son perennes, es decir, tienen un largo periodo de vida.

El taxón más abundante fue el género *Sargassum*, con 7 especies y más de 80% de peso seco por cada kilogramo colectado. (Figura.)



Figura 1.1 *Sargassum* flotando en aguas cerca de la costa

Las arribazones de ambas localidades se presentan todo el año, con dos incrementos de alta diversidad alrededor de los meses de julio-agosto y octubre-noviembre. Entre los meses de agosto y noviembre, coincide con la temporada ciclónica, mientras que los que empiezan en noviembre y disminuyen en febrero, corresponde con la temporada de secas.

1.1. Fenómeno atípico

Desde mediados del 2015 las emblemáticas playas de Cancún y de todo el Caribe han cambiado su estampa debido a las grandes cantidades de sargazo que han llegado a las costas en un fenómeno atípico.

Normalmente la temporada natural de sargazo en las costas del Caribe implica la llegada mesurada de esta alga y está una o dos semanas y desaparece, ese es el proceso natural, o es retirada por las brigadas de limpieza de cada municipio de la Zofemat sin mayor afectación, pero a partir de este año la cantidad de sargazo que se está presentando en las costas supera cualquier expectativa y está obligando a tomar otras medidas.

De acuerdo a cifras oficiales emitidas por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo, tan sólo en una semana (19 al 26 de julio de 2015) fueron retiradas 28 mil 124 toneladas de sargazo húmedo de las costas quintanarroenses, siendo el municipio de Benito Juárez, en donde se ubica Cancún, el que más recolectó con 15 mil 74 toneladas de sargazo húmedo, seguido de Solidaridad (Playa del Carmen), Tulum, Cozumel, Othón P. Blanco, Chetumal e Islas Mujeres, ver figura 1.2.

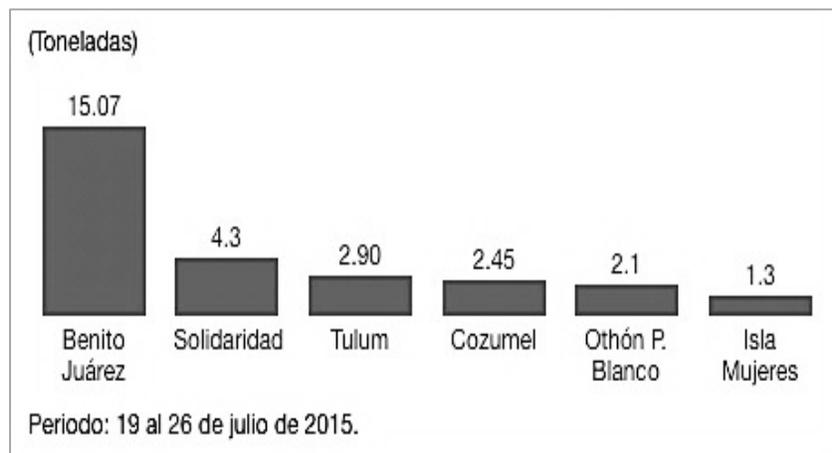


Figura 1.2 Sargazo húmedo retirado en Quintana Roo
FUENTE: El Universal, agosto 2015.

1.2 ¿Por qué llegó tanto sargazo al Caribe?

Un grupo de trabajo de científicos encabezados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Centro de Estudios del Mar y Limnología, así como dos universidades de Estados Unidos, la de Galveston en Texas y la Universidad de Lousiana estudian cuatro teorías fundamentales para explicar el fenómeno del exceso de sargazo en las costas quintanarroenses y en general en la zona del Mar Caribe, aunque hasta el momento ninguna de las cuatro teorías es decisiva. Las cuatro hipótesis son las siguientes:

Primer hipótesis: es posible que el Mar de los Sargazos (ver figura 1.3), que se encuentra al norte de Bahamas, se haya desplazado hacia el sur por el tema del calentamiento global, por ello la presencia del sargazo en todo el Mar Caribe es más fuerte.

Segunda hipótesis: el hecho de que el Mar Caribe no se hayan presentado huracanes realmente fuertes en los últimos 10 años, creando una estabilidad importante en el ecosistema, muy probablemente haya generado que al tener mejores condiciones las algas se hayan reproducido mejor y con las últimas heladas registradas el año 2014, hayan entrado en estrés ocasionando desprendimientos en grandes proporciones. De nueva cuenta el Mar de los Sargazos sería el origen.

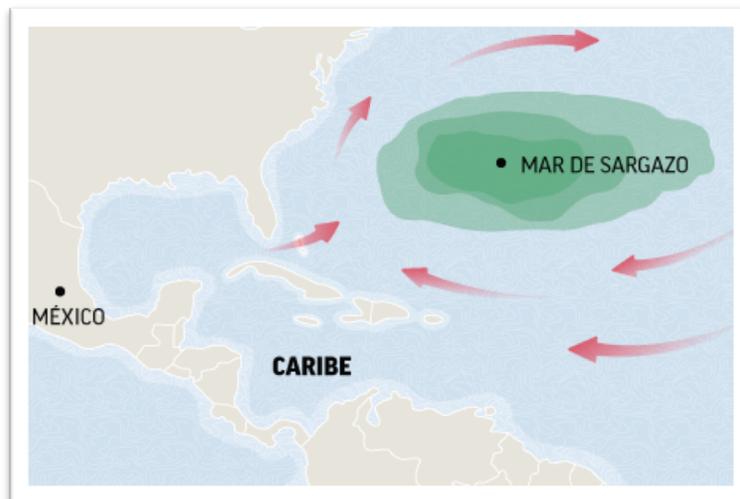


Figura 1.3 Ubicación y esquema de desplazamiento del Mar de los Sargazos en el Océano Atlántico.

Tercer hipótesis: el frente de la costa de Brasil, en donde está la salida de diferentes ríos de la zona, va cargado de mucha materia orgánica debido al incremento de deforestación que ha tenido el Amazonas, enviando un mayor arrastre de nutrientes al mar y generando desprendimientos mayores en esta zona de sargazo.

Cuarta hipótesis: en ésta África sería el origen, se cree que la cantidad de arena que se desprende del desierto que hay en África y que es rica en nutrientes, sobre todo en potasio, estaría generando una cantidad de nutrientes importantes en la región y con ello, de nueva cuenta incrementar la cantidad de sargazo en el mar.

1.3 ¿Qué se esta haciendo?

Por lo general, el sector turístico ha venido calificando los arribazones como basura playera durante los últimos 30 años. Para este sector y para el propio turista, efectivamente, resulta molesto en términos visuales, incómodo para el traslado a lo largo y ancho de la playa y repulsivo por el olor generado por la rápida descomposición algal. Desde luego la única solución es la limpieza periódica de las playas y la subsecuente incorporación de los desechos de algas al resto de los desechos urbanos.



Figura 1.4 Método de limpieza de los arribazones en el Caribe Mexicano



Figura 1.5 Uso de maquinaria pesada para la limpieza de las costas en el Caribe Mexicano

Normalmente el sargazo se recoge con carretillas y rastrillos por el personal de las brigadas municipales como se muestra en la figura; pero actualmente la cantidad es excesiva que esta labor es insuficiente, por lo que se ha empezado a utilizar maquinaria pesada para recolectarlo, sin embargo, con el uso de la maquinaria se remueve arena, con lo que se pierde uno de los principales atractivos de las playas del Caribe, la arena blanca (ver figura 1.5). Por lo que es indispensable buscar una alternativa de recolección.

En la búsqueda de alternativas para frenar el avance del sargazo hasta las playas y, además, encontrar formas para su aprovechamiento, en agosto de 2015 el Centro de Innovación e Investigación para el Desarrollo Sustentable A.C. (CIIDE) organizó un Foro en el que estuvieron representantes de la SEMARNAT, CAPA, CONAMP, así como autoridades estatales y de Puerto Morelos (SIPSE, enero 2016).

Dentro de los temas tratados figuró el manejo del sargazo donde se identificaron algunas propuestas, entre las que destacan que el sargazo se aproveche para su reutilización a través de la maquinaria óptima, y una embarcación (catamarán) para la recolección de estas algas marinas.

Otra propuesta sugerida por el sector hotelero es colocar una red a 300 metros de la orilla de la playa, que permitiría el paso mínimo de sargazo a las playas y el resto orientarlo por pequeñas embarcaciones hacia las corrientes que van al canal de Yucatán (SIPSE, agosto 2015).

Otra de ellas es la implementación de una barrera de PVC colocados a 50 metros mar adentro para que el sargazo no alcance la costa. Esta opción fue considerada la más viable, ya que este material es amigable con el medio ambiente y no interrumpe el paso de la fauna marina. Una de las razones para colocar los tubos flotantes se originó a raíz de identificar que el sargazo no llega por corrientes profundas, sino en la superficie, en donde es más fácil su recolección (SIPSE, agosto 2015).

Otra propuesta que se está analizando es que a través de bandas transportadoras (Figura 1.6) sacar el sargazo del mar sin dañar la arena, por lo que no existe el impacto ambiental de afectación en las playas, después de extraerlo se pasa a una trituradora para hacer los racimos más pequeños y se traslada a una especie de jaula de acopio (SIPSE, abril 2016).



Figura 1.6 Banda transportadora en Puerto Morelos

1.4 Posibles usos del sargazo

Las algas han sido utilizadas por la humanidad desde hace miles de años; en China y otros países de Asia se consumen como alimento y también se emplean para fabricar medicamentos. En el mundo occidental, su aprovechamiento industrial se inició en el siglo XVIII para extraer de ellas compuestos químicos.

Tradicionalmente, las algas, se han utilizado como alimento y como fertilizante; con el desarrollo de la industria cada día se emplean más para extraer compuestos químicos de gran valor económico, como los ficocoloides llamados agar, carragenano, furcellarano y algina; este último es el compuesto que se encuentra presente en las algas pardas que abundan en el Pacífico y en el Atlántico Norte.

La algina nombre común que se le da a las sales del ácido alginico, sobre todo al alginato de sodio, posee propiedades químicas que la hacen un compuesto de gran utilidad en la industria: se disuelve en agua formando una solución extremadamente viscosa, por lo que resulta ideal como agente espesante, estabilizador, suspensor y gelificante, además de ser capaz de formar delgadas películas sobre las superficies. (Cifuentes, et al., 1997).

Por otro lado, las cantidades importantes de potasio y fósforo, debidas a la alta diversidad de algas pardas, brindan posibilidad de generar alimento para animales, y como fertilizantes, ya que son magníficos acondicionadores del suelo, favoreciendo el desarrollo de las plantas.

En la tabla se muestra una lista de los posibles usos del sargazo a nivel industrial

Tabla 1.1 Usos industriales del compuesto químico (algina) que contiene del sargazo.

Industria	Usos
Alimentaria	<ul style="list-style-type: none">• En la confección de helados para evitar la formación de cristales de hielo• En salsas y aderezos para ensaladas• Geles retardadores para la producción de jaleas• Preparación de vinos y cervezas (conversión de almidón a etanol)
Farmacéutica	<ul style="list-style-type: none">• Como aglutinante de píldoras, pastillas y ungüentos• En pastas dentífricas, en cremas cosméticas, champús y jabones• En moldes dentales y ortopédicos
Textil	<ul style="list-style-type: none">• Como agentes espesantes pastas para teñir textiles
Construcción	<ul style="list-style-type: none">• En la producción de alquitrán y asfaltos, madera artificial, productos aislantes, preparación de esmaltes y cerámicas, etc.

1.5 Procesos de recolección de algas marinas

Debido a la diversidad en tamaños, hábitats, forma en que se fijan y abundancia, los métodos para la extracción o recolección de algas son muy variados; se puede considerar que siguen utilizándose los tradicionales, aunque para ciertas algas, como las grandes feofíceas, ya se han tecnificado en pequeña escala; sin embargo, el buceo y el corte a mano dominan en esta industria.

Las algas que son de menor tamaño y que se encuentran a mayor profundidad, se recogen a mano o con rastrillos o rastras. En algunos países de Asia, la operación la realizan buceadores que sólo usan unos anteojos protectores, sin embargo la eficiencia de este método depende mucho de la técnica empleada por los buceadores, por ejemplo, en Japón llegan a extraer hasta una tonelada y media del alga *Gelidium* (género de alga roja) en 24 horas; esta misma cantidad es recolectada por los buceadores en Baja California, México, durante una jornada de trabajo.

Para las algas grandes, se han logrado diseñar embarcaciones con características especiales; a continuación se describen algunos ejemplos en los que se utilizan maquinaria para la recolección:

- **El Sargacero.** En México el “sargazo gigante”, alga flotante, se recolecta con una embarcación de 33.5 metros de eslora, con capacidad de 350 toneladas y autonomía para pescar durante 20 horas, llamado *Sargacero* (Figura 1.7).

La extracción se lleva a cabo en forma mecánica con embarcaciones que tienen en la proa una rampa levadiza con cuchillas en los bordes laterales y en el inferior de la misma dispuestas de tal manera que cortan el sargazo al paso del barco. La rampa mide 9.20 metros de ancho y lleva una banda que recoge el sargazo costado y lo eleva hasta dejarlo caer al depósito de almacenamiento. El corte se hace a una profundidad máxima de 4 metros, con el fin de dejar la región de fijación de la mayoría de estos grandes vegetales, “podando” sólo el 40% del vegetal; de este modo se puede contar con materia prima suficiente y permitir que se regeneren y queden listas para volverlas a cortar, lo cual en este tipo de macroalgas lleva un lapso de 4 meses. (Cifuentes, et al., 1997).



Figura 1.7 Barco *Sargacero*.

- **Bote Scoubidou.** En Francia la recolección de el alga *L. Digitata* (género de alga parda), que es una de las principales materias primas para la industria del alginato, se ha hecho de una manera eficiente con el uso de un dispositivo mecánico, el *scoubidou*, (Figura 1.8) que se encuentra montado en un barco. El *scoubidou* es un gancho de hierro curvado que está suspendido de un brazo hidráulico montado en el barco; el gancho baja a la cama de algas que se encuentra en el mar y se le hace girar

de modo que las algas se enrollan alrededor del gancho giratorio y el brazo hidráulico los saca del mar. Algunas hojas que son de menor tamaño se pierden por el dispositivo y forman la cosecha del próximo año. Los barcos operan el *scoubidou* de mayo a octubre con algunas restricciones sobre el número de barcos y de su recolección diaria para evitar la sobreexplotación del alga. (McHugh D.,2003).



Figura 1.8 Barco recolector *Scoubidou* de *Laminaria digitata* en las costas de Brittany, Francia.

- En Noruega la industria del alginato utilizaba originalmente *L. Digitata* pero a medida que la compañía amplió su mercado, se hizo necesario explotar los “bosques” del alga *L. Hyperborea* (género de alga parda), lo que hizo necesario el diseño de un barco de recolección específico para este propósito. (McHugh D.,2003). La recolección se realiza arrastrando un gran dispositivo de rastrillo a través del lecho de algas marinas donde se corta la planta cerca del disco adhesivo; se fija una grúa en el barco y después de aproximadamente dos minutos de arrastrar, la grúa levanta el rastrillo y se deposita (alrededor de dos toneladas) en el barco (Figura 1.9). El barco puede transportar hasta 130 toneladas, y cuando esta llena la carga se lleva a un silo de almacenamiento en el que se pica y se almacena en una solución de formol.



Figura 1.9 Recolección de *Laminaria Hyperborea* en Noruega.

- Otro método que se utiliza en California para recolectar el alga *Macrocystis pyrifera* (sargazo gigante), que crece en aguas relativamente profundas (de 8 a 25 metros), es con un buque que está equipado en la parte delantera o trasera con cuchillas de movimiento alternativo, del tamaño del ancho de la embarcación y sobre dos metros verticalmente en cada lado, en forma de "U". Montada detrás de las cuchillas hay una malla de alambre inclinada (Figura 1.10), de modo que a medida que el recipiente se acerca al lecho de algas marinas, todo el conjunto (las cuchillas y la malla) se sumerge, un metro aproximadamente, en el agua. Las cuchillas cortan el tallo por debajo de la superficie y el movimiento hacia delante de la embarcación obliga al alga marina subir por la cinta que también se encuentra en movimiento, ésta transporta el alga marina a una bodega abierta que se extiende por casi toda la longitud del buque, mientras que un rastrillo de acondicionamiento mecánico se utiliza para difundir las algas de manera uniforme sobre la bodega. Estos buques son capaces de transportar cientos de toneladas de algas por viaje. (McHugh D.,2003).



Figura 1.10 Cortadores montados en la parte frontal de un buque para la recolección de *Macrocystis pyrifera*

Uno de los problemas para lograr el desarrollo de la industria de las algas es la falta de métodos adecuados de recolecta: la manual es lenta y cada vez se hace más costosa, aunque en países en vías de desarrollo, las granjas de algas marinas son muy importantes pues ofrecen fuentes de trabajo e ingresos para todos los miembros de las familias de pescadores.

Con base en la información anterior, se desarrollará la propuesta del uso de maquinaria especializada para la recolección del sargazo dentro del mar, así como la evaluación económica de factibilidad del proyecto.

CAPÍTULO 2

Evaluación de
proyectos

CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE PROYECTOS

En este apartado se establecerán las bases para realizar la evaluación del proyecto, desde la definición de lo que es un proyecto, así como los tipos que existen y sus características; también se describirán los requerimientos para determinar la viabilidad de efectuar un proyecto, incluyendo las opciones de adquisición o comercialización del mismo, ya sea por parte del sector Público o del sector Privado o en una Asociación Pública-Privada.

2.1 Definición de Proyecto

Un proyecto es una planificación que consiste en un conjunto de acciones coordinadas, con el objetivo de obtener un beneficio derivado de una inversión durante un tiempo determinado.

Los proyectos de inversión, dan respuesta a la aparición de un problema o el aprovechamiento de una oportunidad ya sea del sector Público o Privado. (Ortegón, et al., 2005)

Una característica esencial de un proyecto es que implica costos y beneficios para quien lo realiza, de modo que si ocasiona únicamente costos no se considera como un proyecto.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) clasifica los proyectos que se registran en la cartera de Programas y Proyectos de Inversión de la siguiente manera:

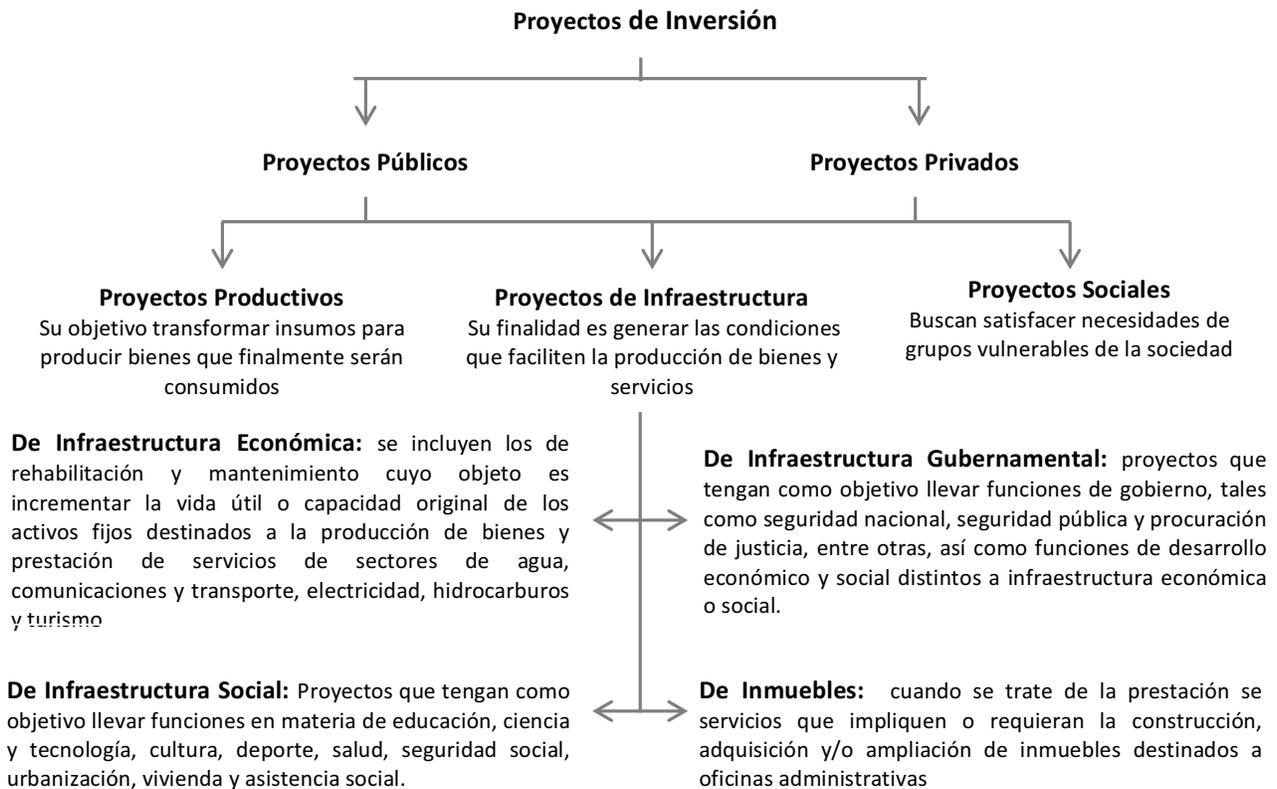


Figura 2.1 Clasificación de Proyectos.

Los proyectos se clasifican primeramente en: a) Proyectos Públicos, que son proyectos realizados por el Estado en el que se invierten recursos de la sociedad y se espera obtener un rendimiento o una mejora en el bienestar para ella y utiliza fondos de la sociedad y b) Proyectos Privados, donde se invierten recursos privados buscando una ganancia para los inversionistas.

Todo proyecto cuenta con un ciclo de vida que inicia con la identificación del problema, necesidad u oportunidad que requiere una solución, y de forma genérica cuenta con cuatro fases (Figura 2.2) que comunican la evolución del proyecto.



Figura 2.1 Fases del ciclo de vida del proyecto.

Este trabajo estará enfocado únicamente en el desarrollo de la primera fase del proyecto, generación o preinversión, donde se definen los grandes objetivos que se pretende alcanzar con el proyecto, el problema a solucionar o la potencialidad a desarrollar, se aborda preliminarmente los principales aspectos técnico-económico de la idea del proyecto, también consiste en analizar si la empresa o institución debe o no embarcarse en dicho proyecto, en otras palabras, analizar la viabilidad del proyecto.

Este proceso de análisis se realiza a través de la preparación y evaluación de proyectos para determinar la rentabilidad socioeconómica y privada, en base a la cual se debe programar la inversión.

2.2 Análisis Costo Beneficio

El análisis costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de decisión. Es un análisis de rentabilidad del proyecto que se realiza a nivel prefactibilidad, puesto que pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios directos e indirectos derivados de la ejecución y operación de dicho proyecto.

Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios, etc., prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales y/o económicas.

Con base en el artículo 34, fracción II, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, el análisis costo-beneficio de los programas y proyectos de inversión, en su fase de evaluación del Programa o Proyecto de Inversión (PPI) consta de lo siguiente:

- a) Identificación, cuantificación y valoración de los costos del PPI: deberán considerar el flujo anual de costos del proyecto de inversión, tanto en su etapa de ejecución como la de operación. Adicionalmente, se deberá explicar de forma detallada como se identificaron, cuantificaron y valoraron los costos, incluyendo los supuestos y fuentes empleadas para su cálculo;
- b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI: deberán considerar el flujo anual de beneficios del proyecto de inversión, tanto en su etapa de ejecución como la de operación. Adicionalmente, se deberá explicar de forma detallada como se identificaron, cuantificaron y valoraron los beneficios, incluyendo los supuestos y fuentes empleadas para su cálculo;
- c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad: deberán calcularse a partir de los flujos netos a lo largo del horizonte de evaluación, con el fin de determinar el beneficio neto y la conveniencia de realizar el PPI. El Cálculo de los indicadores de rentabilidad incluye: VPN, TIR, y la TRI.
- d) Análisis de sensibilidad: a través del cual, se deberán identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del programa o proyecto de inversión: el VPN, la TIR y, en su caso, la TRI. Entre otros aspectos, deberá considerarse el efecto derivado de variaciones porcentuales en: en el monto total de inversión, los costos de operación y mantenimiento, los beneficios, la demanda, el precio de los principales insumos y los bienes y servicios producidos, etc.; asimismo, se deberá señalar la variación porcentual de estos rubros con la que el VPN sería igual a cero; y
- e) Análisis de riesgos: deberán identificarse los principales riesgos asociados al programa o proyecto de inversión en sus etapas de ejecución y operación, dichos riesgos deberán clasificarse con base en la factibilidad de su ocurrencia y se deberán analizar sus impactos sobre la ejecución y la operación del programa o proyecto de inversión en cuestión, así como las acciones necesarias para su mitigación.

Con este análisis se obtiene el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) como indicadores de rentabilidad del proyecto.

- **Valor Presente Neto (VPN)**

Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el “presente”. Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del proyecto son mayores a sus beneficios.

La fórmula del VPN es:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

B_t : son los beneficios totales en el año t

C_t : son los costos totales en el año t

$B_t - C_t$: flujo neto en el año t

n : número de años del horizonte de evaluación

r : es la tasa social de descuento

t : año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

○ **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un proyecto de inversión sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del proyecto es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Donde:

B_t : son los beneficios totales en el año t

C_t : son los costos totales en el año t

$B_t - C_t$: flujo neto en el año t

n : número de años del horizonte de evaluación

TIR: Tasa Interna de Retorno

t : año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

○ **Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI)**

Es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo para el proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución. El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son crecientes en el tiempo, es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.

La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$TRI = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Donde:

B_{t+1} : es el beneficio total en el año $t+1$

C_{t+1} : es el costo total en el año $t+1$

I_t : Monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

n : número de años del horizonte de evaluación

t : año anterior al primer año de operación

$t + 1$: primer año de operación

2.3 Asociación Pública Privada

La ley de Asociaciones Públicas y Privadas, publicada en el Diario Oficial de la federación en el artículo 2, contempla los proyectos de Asociación Pública-Privada como aquellos que se realicen con cualquier esquema para establecer una relación contractual de largo plazo, entre instancias del sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público, mayoristas, intermedios o al usuario final y en los que se utilice infraestructura provista total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumente el bienestar social y los niveles de inversión en el País.

Las dependencias o entidades deben clasificar el proyecto de asociación público-privada (APP) con aportaciones de recursos para el pago de la prestación de servicios al público o al usuario final y de los costos de inversión, operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura de acuerdo a lo siguiente:

- **Proyecto de asociación público-privado puro:** El origen de los recursos son en su totalidad recursos federales presupuestarios.
- **Proyecto de asociación público-privado combinado:** El origen de los recursos provienen de sector público (federales presupuestarios, Fondo Nacional de Infraestructura u otros recursos).

CAPÍTULO 3

Diseño del proceso
de recolección

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN

En este capítulo se presentará el proceso de recolección del sargazo, base de la propuesta del presente proyecto de investigación, el cual consiste en el levantamiento del sargazo dentro del mar con el uso de maquinaria especializada, debido a que se considera puede ser una técnica más eficiente que realizarlo manualmente además de que es amigable con el medio ambiente.

3.1 Descripción del proceso de recolección

Uno de los problemas principales, expuestos en la problemática de este trabajo, es que la recolección manual que se realiza en las playas no es suficiente y tampoco adecuada para poder darle un uso posterior al sargazo una vez recolectado; es por esta razón que el diseño del proceso de recolección que se propone sea dentro del mar toma como base algunos de los métodos de recolección de algas ya existentes, mencionados en el Capítulo 1, en donde se hace uso de barcos que tienen instalada maquinaria especial para la recolección y asegurar así un posible uso.

Ya que la especie del sargazo que se encuentra en el Caribe se presenta sólo en la superficie como una “cama flotante” de algas, se considera que apoyándose en la propuesta mencionada en el punto 1.3 del Capítulo 1, la implementación de una barrera de PVC colocada a 50 metros mar adentro, a modo que se vaya reteniendo el sargazo y después intervenga el proceso de recolección que es la propuesta de este trabajo, que consiste en recolectar el sargazo en un barco con equipo especial, que tiene instaladas tenazas retractiles que se encargarán de agrupar el sargazo a modo de inducirlo a la bomba de succión y corte que se encontrará sumergida aproximadamente un metro en el agua, la bomba impulsará el sargazo a la superficie del barco, con la ayuda de una persona se distribuirá el sargazo en contenedores calados de plástico a modo que el alga pueda escurrirse sin tener pérdidas y el agua pueda regresar al mar.

Es un proceso simple, con el objetivo de que se pueda realizar una recolección eficiente en un corto periodo de tiempo, para minimizar costos y para que el sargazo no pierda sus propiedades antes de ser procesado, es decir, antes de que comience su proceso de putrefacción.

Se estima que se cubra una distancia de 5 metros por minuto, de acuerdo a la capacidad de la bomba a utilizar. Ya que el sargazo estará retenido por la barrera de PVC la recolección se realizará dos veces por semana de modo que se puedan juntar en promedio tres toneladas de sargazo húmedo semanalmente.

El proceso propuesto se encuentra descrito en el diagrama de operaciones de la Tabla 2.1, este cuenta con 9 actividades que involucran dese que el barco sale de la costa hasta su regreso y su traslado a la planta/lugar de procesamiento.

Tabla 2.1 Diagrama de operaciones para el proceso de recolección de sargazo.

No. Actividad	Descripción de la actividad	△	○	□	➡	D	▽	▽	△	○
1	Origen. El barco se encuentra anclada en la orilla de la playa	●								
2	Traslado del barco al lecho de las algas									
3	Agrupación del sargazo. Las tenazas del barco agruparán el sargazo y lo dirigirán a la entrada de la bomba		●							
4	Succión y corte del sargazo. La bomba de succión trasladará el sargazo del agua a la superficie del barco al tiempo que lo corta en trozos más pequeños		●							
5	Escurrecimiento del sargazo. El sargazo se estará colocando en un contenedor calado para que este perdiendo el exceso de agua		●							
6	El sargazo se mantendrá en el contenedor hasta que se llene su capacidad									
7	Traslado del barco con el sargazo a orillas de la playa									
8	Descarga de sargazo. Se descarga el sargazo recolectado del barco		●							
9	Traslado del sargazo a la planta/lugar de procesamiento									

Simbología



3.2 Equipo y maquinaria

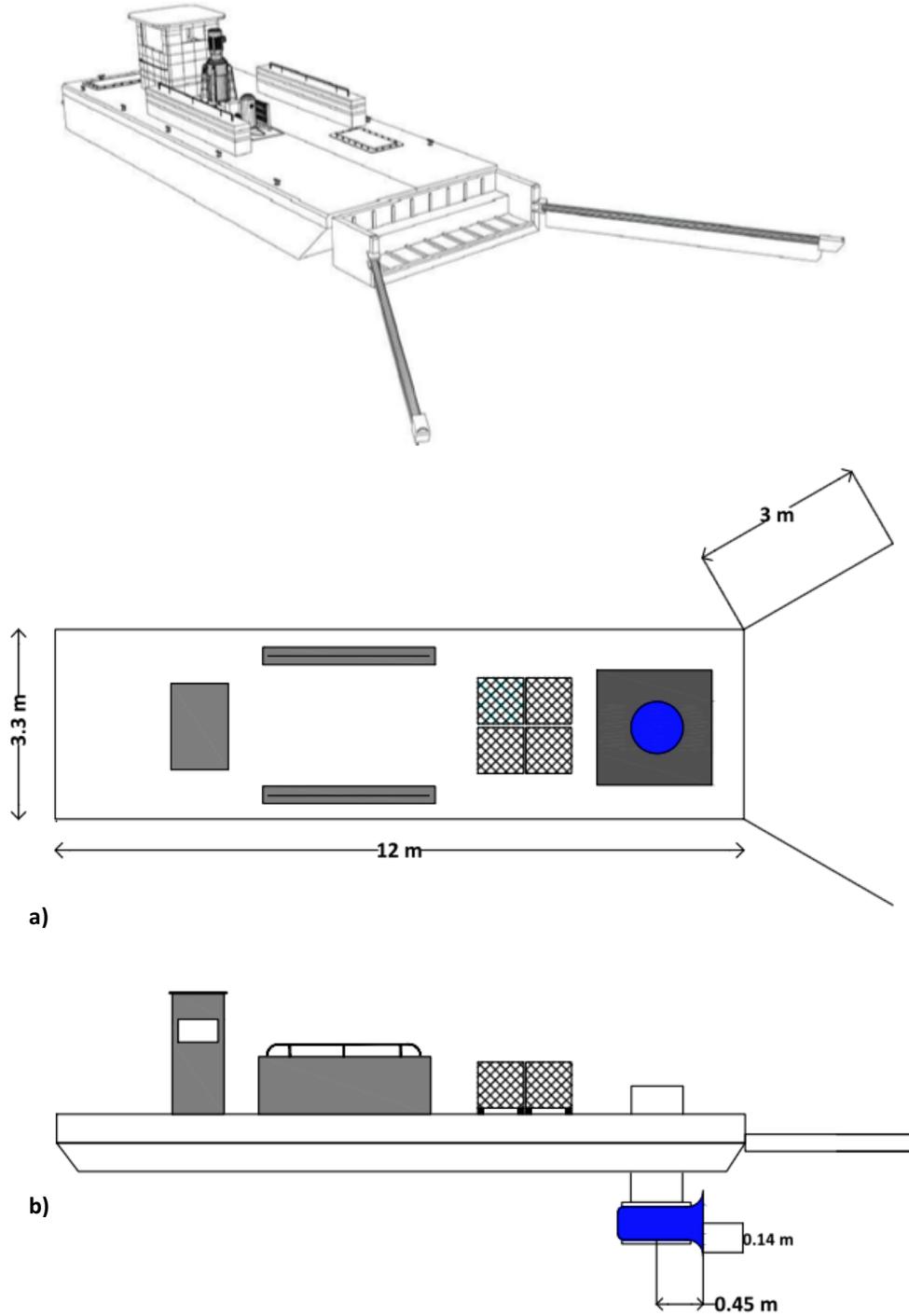


Figura 3.1 Vista superior (a) y frontal (b) del barco con dimensiones
FUENTE: Elaboración propia

La descripción de los componentes del equipo se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.2 Descripción de los componentes del equipo de recolección.

Componente	Descripción	Cantidad	Precio
Barco	Mini Gulp 12.9x3.3 m	1	\$118,000 USD* \$2, 103,857.4 MXN
Bomba	Bomba centrífuga sumergible, modelo 10X8CFSR, con motor de 30 HP, armazón 250TY, 1800 RPM, sello mecánico de carburo de tungsteno/ carburo de tungsteno, con 25 ft de cable. (Anexo I)	1	\$39,440.00 USD* \$793,138.4 MXN
Contenedores	Contenedor de polietileno de alta densidad (calado), apilable. Dimensiones 80x80x80 cm.	4	\$8,156.2 MXN

*Tipo de cambio \$20.11 MXN (febrero 2017)

Tabla 2.3 Datos de la embarcación.

Eslora total	12 m
Eslora en flotación	11 m
Desplazamiento en servicio	8 toneladas
Potencia declarada del motor, HP funcionamiento continuo	50 HP
Revoluciones máximas del motor, funcionamiento continuo	3000 RPM
Manga de flotación	2.3 m
Velocidad máxima	8.2 nudos
Velocidad de servicio	7.2 nudos

CAPÍTULO 4

Evaluación
financiera del
proyecto

CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta la evaluación económica del desarrollo del proyecto mediante dos escenarios posibles, sin la Asociación Pública-Privada (APP) y otro suponiendo una APP, incluyendo los indicadores de rentabilidad, las condiciones establecidas y finalmente se presenta la comparación de los de escenarios.

4.1 Evaluación del proyecto

Identificación, cuantificación y valoración de los costos del PPI

Los costos que generará el proyecto se enlistan a continuación:

INVERSIÓN INICIAL

Comprende el costo total por la maquinaria y equipamiento que se utilizará para el proceso de recolección de sargazo, lo cual lo constituye el costo del barco, la bomba sumergible y los contenedores de plástico, (Tabla 2.2).

PERMISOS Y LICENCIAS

Como se trata de una embarcación menor mexicana (tonelaje menor a 500 UAB), de acuerdo con la Ley de Navegación y Comercio Marítimo para la operación del barco en aguas nacionales no se necesita de un permiso o licencia especial, sólo se necesita que la embarcación este debidamente matriculada.

Con base a la guía de trámites y servicios de la coordinación general de puertos y marina mercante, por la expedición, revalidación o reposición del certificado de matrícula para embarcaciones que efectúen cualquier clase de tráfico, navegación de altura, cabotaje e interior de 100.01 hasta 500 toneladas brutas de arqueo tiene un costo de \$1,478.00 MXN, siendo de vigencia indefinida.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Por recomendación del proveedor (Weir Minerals) el mantenimiento de la bomba se realizará cada año y representa un costo del 4% del costo del producto, que es de \$31,725.24 MXN anuales.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Es lo referente al costo del combustible que se usará para la movilización del barco. La recolección se realizará mínimo 2 veces por semana, tomando como referencia el hecho de que llega aproximadamente un metro cúbico diario de sargazo.

De acuerdo a los datos de la embarcación que se muestran en la Tabla 2.3, se obtiene la cantidad de combustible que consumirá la embarcación junto con la fuente de poder que utilizará la bomba (Tabla 4.1)

Tabla 4.1 Consumo de combustible

Potencia máxima en el eje portahélice	HP	50
Revoluciones por minuto del motor	RPM	3000
Velocidad de servicio	nudos	7.2
Fracción de potencia en el eje portahélice		1
Potencia en eje portahélice	HP	50
Consumo de combustible	litros/hora	12.5
Consumo de combustible por milla náutica	litros/nm	1.74
Distancia al caladero y de vuelta	nm	30
Consumo de combustible por salida	litros	52.08
Tiempo de viaje por salida	horas	4.17
Número de salidas al año		104
Consumo de combustible anual	litros	5,416.67
Consumo de combustible de la fuente de poder	litros/semana	40
Consumo de combustible de la fuente de poder anual	litros	2,080.00
Precio del diésel agosto 2017	MXN	\$17.10
Consumo de combustible anual	MXN	\$128,193.00

De acuerdo al histórico del aumento del Diésel en el país que se presenta en la tabla 4.2 se agregará un incremento del 9% anual al costo de combustible que es el promedio del incremento anual.

Tabla 4.2 Precio histórico del Diésel en México a diciembre de cada año.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Agosto 2017
Precio	\$8.85	\$9.82	\$10.90	\$12.49	\$13.94	\$14.20	\$14.63	\$17.10
Aumento		10%	10%	13%	10%	2%	3%	14%

FUENTE: Índice Nacional de Precios al Consumidor (INCP)

COSTO POR EMPLEADO

Se contará con dos empleados para la operación del barco, los cuales realizarán las siguientes actividades:

- **Encargado de la operación del barco (Empleado 1):**

Verifica el funcionamiento de la embarcación y lo conduce hasta el lugar donde recoge la carga y hasta su destino donde vigila la entrega de la carga, presenta la documentación que la ampara. Este trabajador deberá tener el tipo de licencia que requieren las disposiciones legales vigentes en la zona correspondiente, que lo acrediten como calificado para conducir esta clase de embarcación. Revisa la máquina y comprueba su correcto funcionamiento, reporta para mantenimiento y reparación.

- **Ayudante General (Empleado 2):**

Ejecuta bajo orientación, actividades relacionadas con la prestación de servicios generales, como traslados, montajes, mantenimiento y/o limpieza de instalaciones, materiales y maquinaria.

De acuerdo a la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, que fija los salarios mínimos general y profesionales vigentes a partir del 1º de enero de 2017, se fijaron los salarios para los empleados, siendo para el Empleado 1 de \$6,600 mensuales y de \$5,230 mensuales para el Empleado 2.

Los trabajadores contarán con prestaciones conforme a la ley, seguro social, fondo para el retiro, INFONAVIT, aguinaldo y vacaciones con lo cual generará una cuota patronal de \$37,481.28 anuales.

En la tabla 4.3 se encuentra la cuantificación de los costos del proyecto de inversión.

Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

Los beneficios, tanto económicos como sociales, que se espera obtener del proyecto de inversión son los siguientes:

- Beneficios económicos

VENTA DE SARGAZO

Una vez recolectado el sargazo se venderá como materia prima a compañías intermediarias que procesan el alga para obtener el compuesto de interés, el agar.

La venta de algas marinas a nivel nacional no es un mercado estrictamente establecido por lo que no hay una referencia al precio de venta, sin embargo, internacionalmente existe un mayor desarrollo al respecto, el precio de venta oscila de entre \$10 a \$25 MXN por kilogramo seco de alga, en países como Filipinas existen granjas de algas marinas en donde el precio por kilogramo seco es de P26 (2016, *Business Diary Philippines*) que equivale a \$11.50 MXN y en España los residentes de las costas se dedican a recolectar las algas para después venderlas a intermediarios, obteniendo 1€ por kilo de alga seca (2012, La voz de Galicia), equivalente a \$23 MXN.

La relación entre el peso de alga húmeda y alga seca es de 8:1 (2016, *Business Diary Philippines*)

Con base en lo mencionado anteriormente, se estableció el precio de venta de kilo de sargazo seco de \$25 MXN, por lo que se espera recolectar al menos 3 toneladas de alga húmeda semanalmente, reflejado en pesos son \$9, 375.00 semanales y anualmente se tendría una ganancia de \$487,500.00 MXN por la venta del sargazo.

- Beneficios sociales

TURISMO

Los participantes en el desarrollo turístico deben salvaguardar el entorno natural con miras a alcanzar un crecimiento económico continuo y sostenible orientado a satisfacer equitativamente las necesidades y aspiraciones presentes y de futuras generaciones.

La percepción que tiene un turista sobre un destino turístico tiene mucho impacto sobre otros visitantes potenciales, incluso más que los estudios científicos; por tanto, los turistas preferirán ir a lugares recomendados para evitar problemas de salud y decidirán ir a lugares responsables que cuiden el aire, el agua y el suelo. Esto ayuda al cliente a motivarse para participar e integrarse culturalmente con el lugar, lo que lleva implícito la consecuente promoción con otros visitantes o probablemente, vaya a motivar una razón para regresar.

USO COMO COMUBUSTIBLE

El sargazo puede ser fuente de combustible incluso para el mismo barco de recolección, sin embargo todavía no se cuenta con información necesaria para el desarrollo de esta actividad.

La cuantificación de los beneficios del proyecto de inversión se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.3 Cuantificación de los costos del PPI.

COSTOS	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Inversión inicial	\$ 2,905,151.60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Barco	\$ 2,103,857.00										
Bomba	\$ 793,138.40										
Contenedor	\$ 8,156.20										
Mantenimiento	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54	\$ 31,725.54
Consumo de combustible	\$ 128,193.00	\$ 139,730.37	\$ 152,306.10	\$ 166,013.65	\$ 180,954.88	\$ 197,240.82	\$ 214,992.49	\$ 234,341.82	\$ 255,432.58	\$ 278,421.52	\$ 306,263.67
Empleados	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28	\$ 179,081.28
Sueldo del empleado	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00	\$ 141,600.00
Cuota patronal	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28	\$ 37,481.28
Matriculación	\$ 1,478.00										
Otros costos											
TOTAL COSTOS	\$ 3,245,629.42	\$ 350,537.19	\$ 363,112.92	\$ 376,820.47	\$ 391,761.70	\$ 408,047.64	\$ 425,799.31	\$ 445,148.64	\$ 466,239.40	\$ 489,228.33	\$ 517,070.48

Tabla 4.4 Cuantificación de los beneficios del PPI.

BENEFICIOS	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Venta de sargazo	\$ 585,000.00	\$ 643,500.00	\$ 707,850.00	\$ 778,635.00	\$ 856,498.50	\$ 942,148.35	\$ 1,036,363.19	\$ 1,139,999.50	\$ 1,253,999.45	\$ 1,379,399.40	\$ 1,517,339.34
TOTAL BENEFICIOS	\$ 585,000.00	\$ 643,500.00	\$ 707,850.00	\$ 778,635.00	\$ 856,498.50	\$ 942,148.35	\$ 1,036,363.19	\$ 1,139,999.50	\$ 1,253,999.45	\$ 1,379,399.40	\$ 1,517,339.34

Tabla 4.5 Análisis costo-beneficio del PPI.

Pesos reales de 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$ 3,245,629.42	\$ 331,476.24	\$ 343,368.15	\$ 356,330.33	\$ 370,459.11	\$ 385,859.47	\$ 402,645.88	\$ 420,943.05	\$ 440,886.98	\$ 462,625.85	\$ 488,954.05
BENEFICIOS	\$ 585,000.00	\$ 608,508.79	\$ 669,359.66	\$ 736,295.63	\$ 809,925.19	\$ 890,917.71	\$ 980,009.48	\$ 1,078,010.43	\$ 1,185,811.48	\$ 1,304,392.62	\$ 1,434,831.89
Flujo Neto	-\$ 2,660,629.42	\$ 277,032.55	\$ 325,991.52	\$ 379,965.30	\$ 439,466.09	\$ 505,058.24	\$ 577,363.61	\$ 657,067.38	\$ 744,924.50	\$ 841,766.77	\$ 945,877.84

Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Con base en los lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión que presenta la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, los beneficios y costos se expresarán en términos reales, esto es, descontando el efecto causado por la inflación. Para ello, en el caso de las evaluaciones socioeconómicas de los programas o proyectos de inversión por iniciar, los beneficios y costos se expresarán a precios del año en el que se solicita el registro del proyecto. El análisis costo-beneficio se muestra en la tabla 4.5

Así mismo, el lineamiento también estipula que la tasa social de descuento que se deberá utilizar en la evaluación socioeconómica será del 12%, en términos reales, es decir, a precios de año en el que se realiza dicha evaluación.

Considerando una inflación del 5.75%, de acuerdo al valor publicado en la SHCP, hasta el mes de junio de 2017 se obtienen los siguientes resultados de los cálculos de los indicadores de rentabilidad:

Tabla 4.6 Cálculo de los Indicadores de rentabilidad.

Indicador de rentabilidad	Valor
VPN	\$3,067,309.86
TIR	13.32% > 12%
TRI	9.03%

Con base en los resultados de los indicadores de rentabilidad se puede concluir que es conveniente realizar el PPI. El Valor Presenta Neto es positivo, lo que indica que los beneficios derivados del proyecto de inversión son mayores a sus costos; teniendo un valor de TIR mayor a la tasa de descuento, se puede considerar que el proyectos es viable económicamente; sin embargo el resultado de la TRI, siendo menor que la tasa de descuento en el primer año, indica que no es el momento óptimo para iniciar la operación del proyecto, si no hasta el segundo año donde el valor ya es mayor a la tasa de descuento.

Análisis de sensibilidad

Asumiendo que los ingresos y costos se proyectan de la siguiente forma:

$$\begin{array}{l} \text{Ingresos por} \\ \text{ventas anuales} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Toneladas de} \\ \text{sargazo vendidas} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Precio por kg} \\ \text{de sargazo} \end{array}$$

$$\text{Costo total} \\ \text{anual} = \begin{array}{l} \text{Consumo de} \\ \text{combustible} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Sueldo} \\ \text{empleados} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Costo de} \\ \text{Mantenimiento} \end{array}$$

El resultado es que las estimaciones de ingresos y costos dependen de:

- Precio por kg de sorgo
- Toneladas de sorgo vendidas
- Costos anuales

Por lo tanto estos parámetros son los que se tomarán como variables en el análisis de sensibilidad, además del costo de inversión, para hacer una comparativa se crearon tres escenarios posibles, pesimista, esperado y optimista; el escenario esperado representa las expectativas que se tienen del proyecto, los escenarios pesimista y optimista son pronósticos derivados de la variación porcentual de cada parámetro que se muestra en la Tabla 4.7, también se muestran en la misma tabla las estimaciones de las variables.

Tabla 4.7 Estimaciones en los diferentes escenarios.

Variable	Variación porcentual	Pesimista	Esperado	Optimista
Precio por kg.	20%	\$24	\$30	\$36
Toneladas de sorgo	33%	2	3	4
Costos	20%	\$406,799.78	\$338,999.42	\$271,199.85
Inversión	30%	\$3,776,697.08	\$2,905,151.60	\$2,033,606.12

El análisis de sensibilidad se realizó calculando el VPN de las tres posibilidades de una sola variable, junto con los pronósticos esperados de los demás parámetros, dando como resultado los valores de la Tabla 4.8, donde se obtiene que para los escenarios optimista el VPN es positivo, sin embargo, para los escenarios pesimistas en todos los casos resulta no ser conveniente realizar el proyecto, dado que el VPN es negativo.

Tabla 4.8 Cálculos del VPN con las diferentes estimaciones.

Variable	Pesimista	Esperado	Optimista
Precio	-\$838,141.50	\$162,158.26	\$1,162,458.01
Toneladas de sorgo	-\$1,505,008.00	\$162,158.26	\$1,829,324.52
Costos	-\$286,668.85	\$162,158.26	\$610,985.36
Inversión	-\$616,007.35	\$162,158.26	\$940,323.86

Tabla 4.9 Cálculos de la TIR con las diferentes estimaciones.

Variable	Pesimista	Esperado	Optimista	AS*
Precio por kg.	5%	13%	21%	0.43
Toneladas de sorgo	-2%	13%	26%	0.47
Costos	10%	13%	17%	0.18
Inversión	8%	13%	22%	0.18

*Siendo $AS = \Delta TIR / \Delta PF$, donde $\Delta TIR = |TIR1 - TIR2|$ y ΔPF es la variación porcentual del parámetro financiero.

Analizándolo con otro indicador de rentabilidad, que es la TIR (Tabla 4.9), se puede observar mejor la sensibilidad que tiene el proyecto a los diferentes parámetros; el resultado del análisis es que el proyecto es más sensible al cambio del precio por kilogramo del sorgo y a las toneladas recolectadas/vendidas del mismo, no obstante, el análisis de sensibilidad no es un valor mayor a 1 lo que se puede considerar que es poco sensible a la variación de los parámetros.

El análisis de sensibilidad muestra al VPN de acuerdo con varios supuestos y les da a los administradores una mejor percepción de los riesgos del proyecto.

Otro de los requisitos que pide el informe de la evaluación costo-beneficio es señalar en que variación porcentual de los parámetros el VPN sería igual a 0. Siendo el precio por kilogramo y las toneladas de sargazo vendidas los parámetros más sensibles del proyecto se realizó el análisis gráficamente, como se muestra en la Figura 4.1.

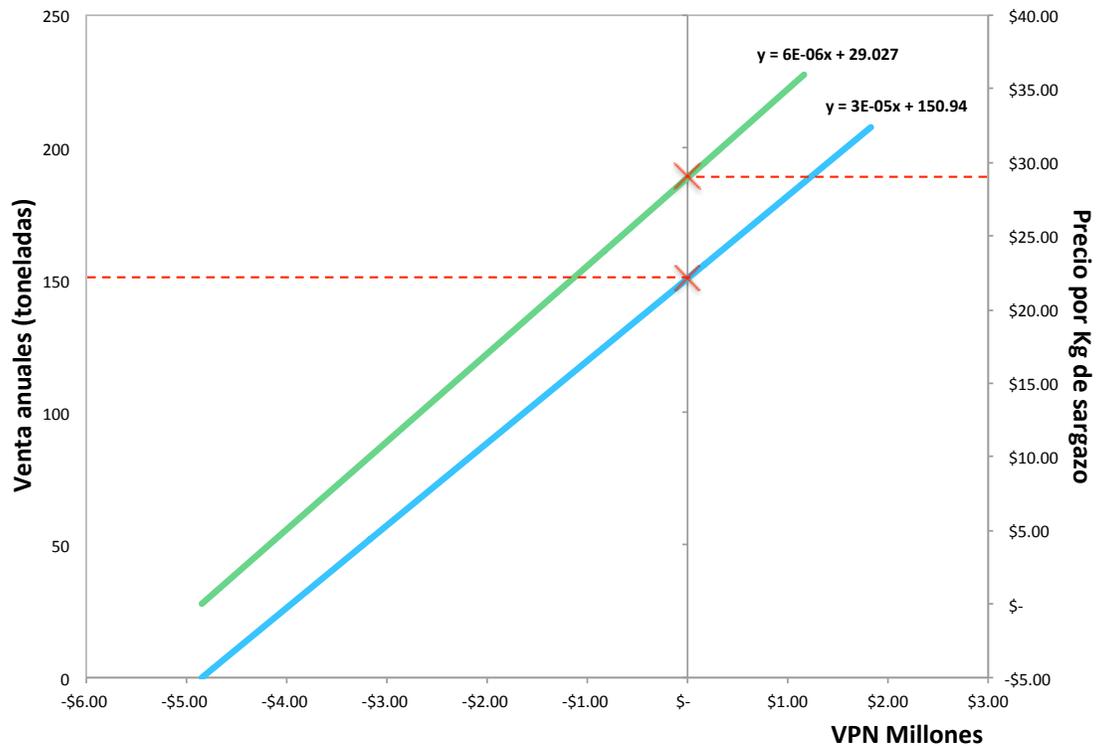


Figura 4.1 VPN = 0 en los parámetros sensibles del PPI.
FUENTE: Elaboración propia

Obteniendo como resultado que para tener un VPN igual a 0 se tendrían que vender 151 toneladas anuales, mientras que para el precio por kilogramo de sargazo se tendría que vender a \$29 MXN, siendo una variación del 3.3% y 3.4% respectivamente con respecto a lo esperado. Esto quiere decir que por debajo de estos valores el proyecto empezará a perder valores.

Análisis de riesgo

Entre la clasificación de los riesgos se pueden mencionar los riesgos económicos y financieros, donde los primeros se relacionan con la vulnerabilidad que se producen cuando se realizan inversiones y la situación económica puede llegar a afectar dichas inversiones por cambios en el procesos posteriores a la pre inversión. Normalmente, para disminuir a este tipo de riesgo se utiliza la inversión a corto plazo. Cuanto antes se obtiene el beneficio, hay menos posibilidades que los riesgos afecten las ganancias.

Los riesgos financieros se relacionan con la vulnerabilidad que presenta una determinada empresa al no poder cubrir sus propias responsabilidades financieras. Este tipo de riesgos están muy vinculados con los económicos ya que los activos y la producción o los servicios que el mismo presta pueden significar el endeudamiento.

4.2 Escenarios Asociación Pública-Privada

Después de analizar si el proyecto de inversión es económicamente rentable, se procede a analizar la adquisición del PPI, mostrando algunos posibles escenarios. Los factores que serán variables son: el porcentaje de aporte privado en la inversión, en los costos de operación y el porcentaje de los ingresos totales que cobraría el Privado. Considerando que los costos de administración estarían a cargo de la entidad pública y los costos de mantenimiento del equipo corren por cuenta del sector privado. De este modo se manejarán 4 escenarios posibles se muestran en la tabla 4.10 además del caso sin APP.

Tabla 4.10 Escenarios posibles en el esquema APP.

Escenarios	Descripción
Caso 1	100% inversión privada, 60% ingresos sector privado
Caso 2	100% inversión privada, 50% ingresos
Caso 3	50% inversión privada, 50% ingresos
Caso 4	50% inversión privada, 50% ingresos, + costo de combustible

Para determinar la tasa de descuento privada, se utiliza el Modelo de Costos de los Activos Fijos, CAPM, por sus siglas en inglés, la cual es una herramienta utilizada en el área financiera para determinar la tasa de retorno requerida para un cierto activo. El modelo toma en cuenta la sensibilidad del activo al riesgo del mercado o riesgo sistémico (β), la rentabilidad esperada del mercado y la rentabilidad esperada de un activo libre de riesgo.

$$E_p = R_f + (E_M - R_f)\beta_p$$

Donde:

E_p : Rentabilidad esperada del activo

R_f : Tasa libre de riesgo; es la tasa de rendimiento de los Certificados de Tesorería (CETES): **7.22** (BANXICO, agosto 2017).

β_p : Coeficiente beta, define la volatilidad de la rentabilidad de un activo ante movimientos de la rentabilidad del mercado: **0.59** (NYU STERN, 2017)

E_M : Rendimiento del mercado; es la tasa de descuento social: **12%** (SHCP)

Con la fórmula anterior y los valores mencionados, la tasa de descuento privada es de 10%.

Teniendo todas las variables se procede a realizar los cálculos de los indicadores de rentabilidad, VPN, TIR, TIR para cada sector de acuerdo a los escenarios mencionados, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4.11

Caso 1.

En este primer caso la inversión es totalmente cubierta por el sector privado, considerando que es la adquisición del equipo y su mantenimiento posterior, se asigna un porcentaje de ingresos del 60% y los demás costos, pago a los empleados y el consumo de combustible corren a cargo del sector público, teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 4.11 Resultados Caso 1.

Privada	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$2,938,355.14	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42
BENEFICIOS	\$351,000.00	\$365,105.27	\$401,615.80	\$441,777.38	\$485,955.12	\$534,550.63	\$588,005.69	\$646,806.26	\$711,486.89	\$782,635.57	\$860,899.13
Flujo Neto	-\$2,587,355.14	\$335,104.86	\$371,615.38	\$411,776.96	\$455,954.70	\$504,550.21	\$558,005.27	\$616,805.84	\$681,486.47	\$752,635.16	\$830,898.72

Pública	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$307,274.28	\$301,475.82	\$313,367.73	\$326,329.91	\$340,458.69	\$355,859.06	\$372,645.46	\$390,942.64	\$410,886.56	\$432,625.44	\$458,953.63
BENEFICIOS	\$234,000.00	\$243,403.51	\$267,743.87	\$294,518.25	\$323,970.08	\$356,367.09	\$392,003.79	\$431,204.17	\$474,324.59	\$521,757.05	\$573,932.75
Flujo Neto	-\$73,274.28	-\$58,072.31	-\$45,623.86	-\$31,811.66	-\$16,488.61	\$508.03	\$19,358.33	\$40,261.53	\$63,438.03	\$89,131.61	\$114,979.12

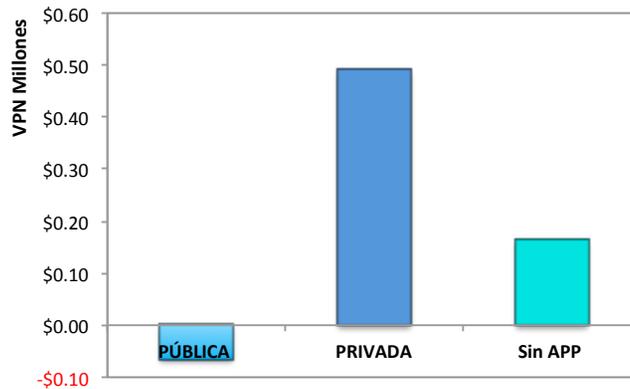


Figura 4.2 Resultados Caso 1.

CASO 1	PRIVADA	PÚBLICA
VPN	\$491,729.67	-\$63,862.28
TIR	14%	N/A
TRI	12%	N/A

Caso 2.

En este escenario la inversión de nuevo es cubierta por el sector privado, considerando que es la adquisición del equipo y su mantenimiento posterior, los ingresos se dividen en partes iguales teniendo un 50% para cada sector y los demás costos, pago a los empleados y el consumo de combustible corren a cargo del sector público, teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 4.12 Resultados Caso 2.

Privada	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$2,938,355.14	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42
BENEFICIOS	\$292,500.00	\$304,254.39	\$334,679.83	\$368,147.82	\$404,962.60	\$445,458.86	\$490,004.74	\$539,005.22	\$592,905.74	\$652,196.31	\$717,415.94
Flujo Neto	-\$2,645,855.14	\$274,253.98	\$304,679.42	\$338,147.40	\$374,962.18	\$415,458.44	\$460,004.33	\$509,004.80	\$562,905.32	\$622,195.90	\$687,415.53

Pública	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$307,274.28	\$301,475.82	\$313,367.73	\$326,329.91	\$340,458.69	\$355,859.06	\$372,645.46	\$390,942.64	\$410,886.56	\$432,625.44	\$458,953.63
BENEFICIOS	\$292,500.00	\$304,254.39	\$334,679.83	\$368,147.82	\$404,962.60	\$445,458.86	\$490,004.74	\$539,005.22	\$592,905.74	\$652,196.31	\$717,415.94
Flujo Neto	-\$14,774.28	\$2,778.57	\$21,312.10	\$41,817.90	\$64,503.91	\$89,599.80	\$117,359.28	\$148,062.58	\$182,019.18	\$219,570.87	\$258,462.31

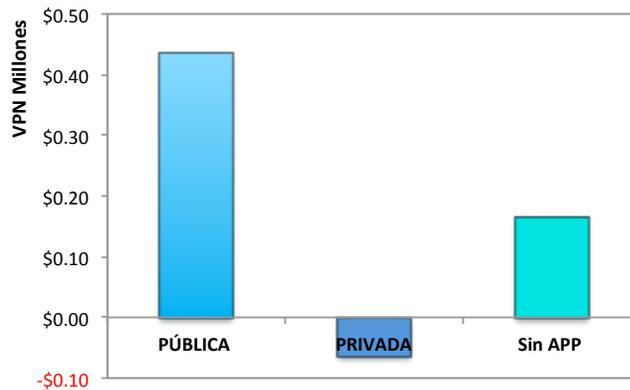


Figura 4.3 Resultados Caso 2.

CASO 2	PÚBLICA	PRIVADA
VPN	\$436,287.59	-\$63,139.84
TIR	N/A	10%
TRI	N/A	10%

Caso 3.

En este escenario la inversión es dividida entre los dos sectores, cubriendo el 50% cada uno de la adquisición del equipo, sin embargo, el mantenimiento posterior sería a cargo del sector privado únicamente, los ingresos se dividen en partes iguales teniendo un 50% para cada sector y los demás costos, pago a los empleados y el consumo de combustible corren a cargo del sector público, teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 4.13 Resultados Caso 3.

Privada	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$1,485,779.34	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42	\$30,000.42
BENEFICIOS	\$292,500.00	\$304,254.39	\$334,679.83	\$368,147.82	\$404,962.60	\$445,458.86	\$490,004.74	\$539,005.22	\$592,905.74	\$652,196.31	\$717,415.94
Flujo Neto	-\$1,193,279.34	\$274,253.98	\$304,679.42	\$338,147.40	\$374,962.18	\$415,458.44	\$460,004.33	\$509,004.80	\$562,905.32	\$622,195.90	\$687,415.53

Pública	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$1,759,850.08	\$301,475.82	\$313,367.73	\$326,329.91	\$340,458.69	\$355,859.06	\$372,645.46	\$390,942.64	\$410,886.56	\$432,625.44	\$458,953.63
BENEFICIOS	\$292,500.00	\$304,254.39	\$334,679.83	\$368,147.82	\$404,962.60	\$445,458.86	\$490,004.74	\$539,005.22	\$592,905.74	\$652,196.31	\$717,415.94
Flujo Neto	-\$1,467,350.08	\$2,778.57	\$21,312.10	\$41,817.90	\$64,503.91	\$89,599.80	\$117,359.28	\$148,062.58	\$182,019.18	\$219,570.87	\$258,462.31

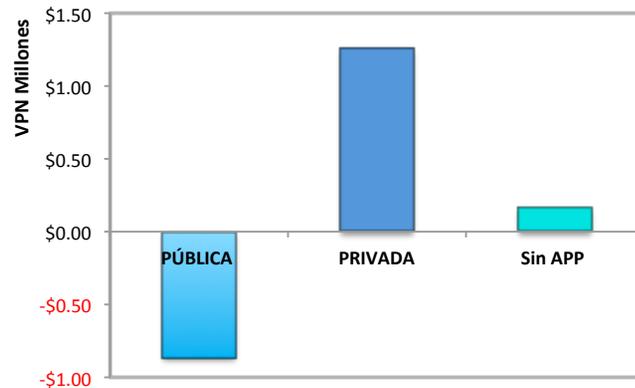


Figura 4.4 Resultados Caso 3.

CASO 3	PÚBLICA	PRIVADA
VPN	-\$860,655.09	\$1,256,901.20
TIR	-3%	29%
TRI	0%	20%

Caso 4.

En este escenario la inversión de nuevo es dividida en partes iguales, cubriendo el 50% cada uno de la adquisición del equipo, sin embargo, el mantenimiento y costo del combustible sería cubierto únicamente por el sector privado, los ingresos se dividen en partes iguales teniendo un 50% para cada sector y el pago a los empleados corren a cargo del sector público, teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 4.14 Resultados Caso 4.

Privada	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$1,613,972.34	\$162,132.75	\$174,024.66	\$186,986.84	\$201,115.62	\$216,515.99	\$233,302.39	\$251,599.57	\$271,543.49	\$293,282.37	\$319,610.57
BENEFICIOS	\$292,500.00	\$304,254.39	\$334,679.83	\$368,147.82	\$404,962.60	\$445,458.86	\$490,004.74	\$539,005.22	\$592,905.74	\$652,196.31	\$717,415.94
Flujo Neto	-\$1,321,472.34	\$142,121.64	\$160,655.17	\$181,160.97	\$203,846.98	\$228,942.87	\$256,702.35	\$287,405.65	\$321,362.24	\$358,913.94	\$397,805.38

Pública	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
COSTOS	\$1,631,657.08	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48	\$169,343.48
BENEFICIOS	\$292,500.00	\$304,254.39	\$334,679.83	\$368,147.82	\$404,962.60	\$445,458.86	\$490,004.74	\$539,005.22	\$592,905.74	\$652,196.31	\$717,415.94
Flujo Neto	-\$1,339,157.08	\$134,910.91	\$165,336.35	\$198,804.33	\$235,619.11	\$276,115.37	\$320,661.26	\$369,661.73	\$423,562.25	\$482,852.83	\$548,072.46

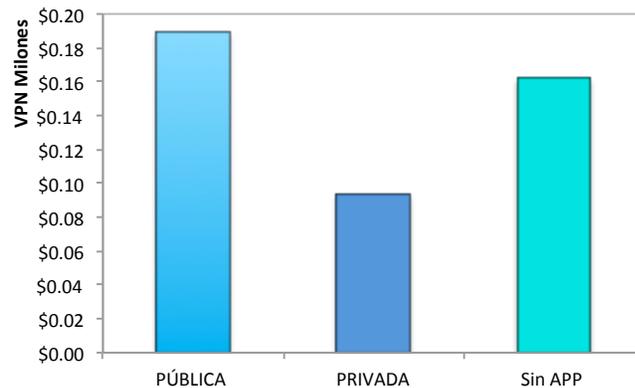


Figura 4.5 Resultados Caso 4.

CASO 4	PÚBLICA	PRIVADA
VPN	\$189,601.59	\$93,547.38
TIR	15%	12%
TRI	9%	9%

4.3 Comparación de los escenarios

A modo de comparación en la figura 4.6 se presenta un resumen de los indicadores de rentabilidad, VPN, TIR y TRI, que se obtienen de cada escenario para cada una de las entidades participantes.

Tabla 4.15 Indicadores de rentabilidad para los escenarios en el esquema APP.

Caso 1. 100% inversión privada, 60% ingresos		
	Público	Privado
VPN	-\$63,862.28	\$491,729.67
TIR	N/A	14.0%
TRI	N/A	12%
Caso 2. 100% inversión privada, 50% ingresos		
VPN	\$436,287.59	-\$63,139.84
TIR	N/A	9.5%
TRI	N/A	10%
Caso 3. 50% inversión privada, 50% ingresos		
VPN	-\$860,655.09	\$1,256,901.20
TIR	-3%	29%
TRI	0%	20%
Caso 4. 50% inversión privada, 50% ingresos, + costo de combustible		
VPN	\$189,601.59	\$93,547.38
TIR	15%	12%
TRI	9%	9%

Como se observa, en los casos 1 y 3 el proyecto se presenta atractivo para el sector privado, puesto que tienen un VPN positivo y una tasa de retorno mayor a la esperada de 10%, para el panorama del sector público solamente es conveniente cuando recibe el 50% ingresos y la inversión corre a cuenta de el sector privado sus beneficios son mayores a los costos, que es cuando obtiene un VPN positivo, sin embargo, sólo es viable económicamente si el sector privado se hace cargo del consumo de combustible (Caso 4), cuando la TIR es mayor que la tasa de descuento social (12%). En la figura 4.6 se puede apreciar mejor el cambio de los valores del VPN de acuerdo a las condiciones de cada escenario.

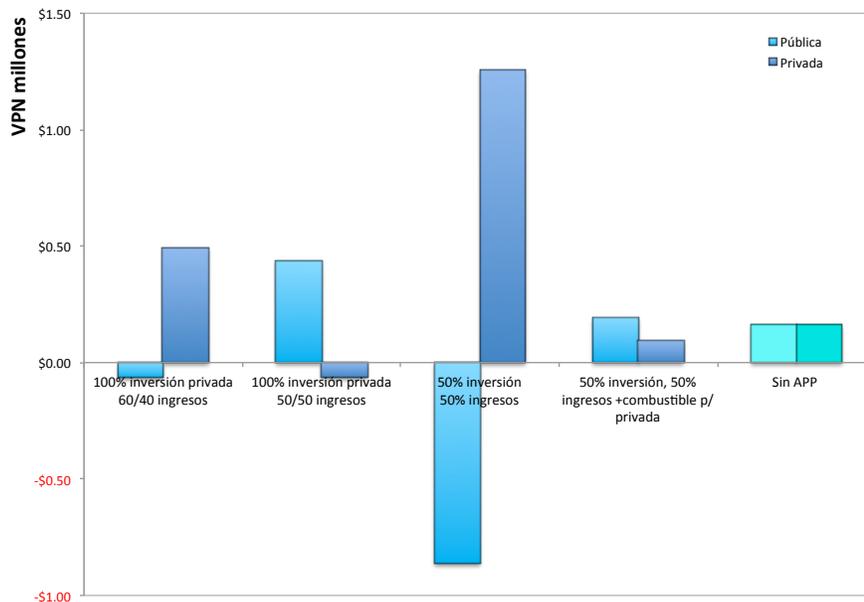


Figura 4.6 Comparación de los escenarios del esquema APP.

Sólo con la información anterior no se puede elegir un escenario ideal, puesto que una de las entidades se beneficia, mientras que la otra se encarece, por lo tanto, a modo de identificar los escenarios de APP en donde para ambas entidades, pública y privada, los beneficios que reciben del proyecto sean mayores a los costos que tienen que cubrir y así poder seleccionar un escenario óptimo, se calculó el VPN que obtendría cada entidad variando el porcentaje de inversión que aportaría, así como el porcentaje de ingresos que recibiría del proyecto (Anexo II).

En la tabla 4.16 se muestran los 8 escenarios, en los cuales se obtuvo un VPN positivo para ambas entidades, así como una TIR igual o mayor que la tasa de descuento social (12%) para los cálculos de la entidad pública e igual y mayor que la tasa de descuento privada (10%) para los cálculos de ésta entidad.

Tabla 4.16 Escenarios en el esquema APP rentables.

Escenario. 10% inversión privada, 10/90 ingresos privada/pública		
	Público	Privado
VPN	\$102,390.28	\$93,456.00
TIR	13%	17%
Escenario. 30% inversión privada, 20/80 ingresos privada/pública		
VPN	\$121,017.48	\$120,309.09
TIR	13%	13%
Escenario. 45% inversión privada, 30/70 ingresos privada/pública		
VPN	\$9,950.40	\$279,166.29
TIR	12%	15%
Escenario. 50% inversión privada, 30/70 ingresos privada/pública		
VPN	\$139,644.67	\$147,162.18
TIR	14%	12%
Escenario. 55% inversión privada, 30/70 ingresos privada/pública		
VPN	\$269,338.94	\$15,158.08
TIR	16%	10%
Escenario. 70% inversión privada, 40/60 ingresos privada/pública		
VPN	\$158,271.86	\$174,015.28
TIR	16%	12%
Escenario. 90% inversión privada, 50/50 ingresos privada/pública		
VPN	\$176,899.06	\$200,868.37
TIR	21%	12%
Escenario. 100% inversión privada, 55/45 ingresos privada/pública		
VPN	\$186,212.65	\$214,294.92
TIR	35%	12%

Los resultados se muestran gráficamente en la figura 4.7, donde se aprecia que a pesar de que en los números todas las opciones son viables económicamente, hay tres escenarios en los que se obtiene un beneficio mayor que si se realizara el proyecto sin asociación alguna, puesto que tanto la entidad privada como la pública obtienen un valor presente neto mayor al caso sin APP.

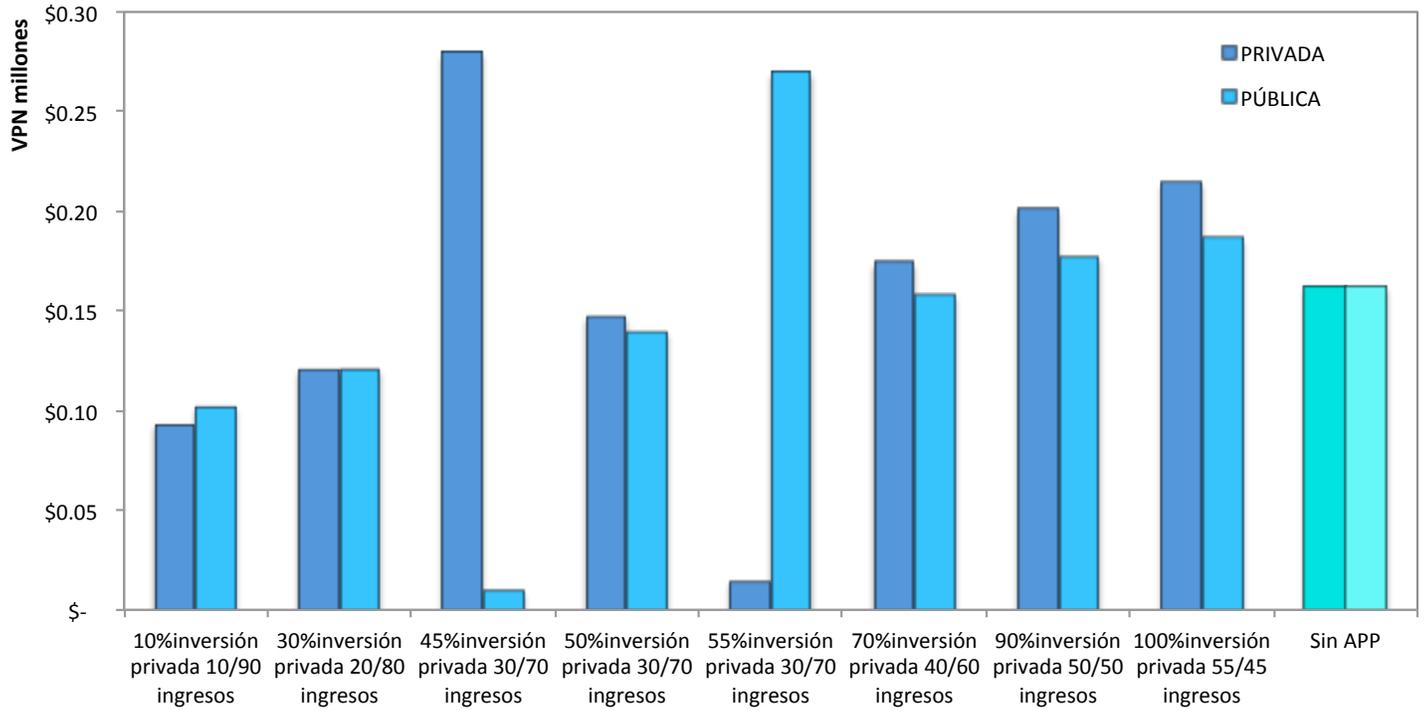


Figura 4.1 Escenarios en el esquema APP rentables.

CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo se logró diseñar un proceso de recolección de sargazo que puede ayudar a abrir un mercado rezagado en México.

Se identificó que el sargazo presente en las Costas del Caribe mexicano cuenta con un compuesto químico, algina, que posee propiedades de gran utilidad para las industrias alimentaria, farmacéutica, textil y para la construcción, lo que hace atractivo su recolección en buen estado.

Con el análisis costo-beneficio realizado se determinó la viabilidad del proyecto, donde de acuerdo a los resultados de los indicadores de rentabilidad, se concluye que los beneficios que genera el proyecto son mayores a los costos que conlleva ponerlo en marcha, dado que se obtuvo un VPN positivo, el valor de la tasa interna de retorno que se obtuvo es mayor a la tasa de descuento social, lo que indica que económicamente es conveniente realizar el proyecto.

Otra de las fases del análisis costo-beneficio es el análisis de sensibilidad el cual determino que el proyecto es sensible a las toneladas vendidas de sargazo y al precio por kilogramo al que se vende.

El análisis de adquisición muestra que el proyecto es viable para llevarlo a cabo sin una asociación, es decir, en el esquema de obra pública tradicional, así mismo si el sector privado considera hacer la adquisición por si mismo lo puede realizar; de igual manera, siguiendo un esquema de Asociación Público Privada hay tres escenarios favorables y rentables para ambas entidades, que van desde la aportación del 70% al 100% de la inversión por parte de la entidad privada.

Partiendo de esta información, será decisión de las partes involucradas llegar a un común acuerdo de adquisición conveniente para cada entidad.

Sin embargo, este trabajo solo analiza la primera fase del ciclo del proyecto, sería conveniente seguir con las fases de ejecución y operación del mismo, para asegurar que realmente es un proyecto factible que ayudará a conservar el turismo y desarrollar el mercado de la venta de algas en México.

REFERENCIAS

- Dreckmann, K.M., A. Sentías. 2013. Los arribazones de algas marinas en el caribe mexicano: evento biológico natural o basura en las playas. CONABIO. Biodiversitas, 107:7-11. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv107art2.pdf> (consultado el 16 de noviembre del 2015)
- Águila, A.C. (26 de julio del 2015). Invasión de sargazo en playas de Cancún ahuyenta el turismo. *La Jornada*. Recuperado de <http://www.jornada.unam.mx> (consultado el 16 de noviembre del 2015)
- Velasco, A. (28 de julio del 2015). Sargazo invade el Caribe ¿Qué es y como se combate?. *El Financiero*. Recuperado de <http://www.elfinanciero.com.mx/nacional/> (consultado el 13 de octubre del 2015)
- Varillas, A. (09 de septiembre del 2015). Sargazo seguirá llegando, advierten especialistas. *El Universal*. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/> (consultado 22 de julio del 2016) [justificación]
- Sosa, D. (17 de enero del 2016). Lanzará proyecto piloto de recolección de sargazo en Puerto Morelos. *SIPSE*. Recuperado de <http://sipse.com/novedades/> (consultado el 19 de abril del 2016)
- Chan, I. (06 de agosto del 2015). Analiza SEMARNAT proyecto de embarcación que retira el sargazo. *SIPSE*. Recuperado de <http://sipse.com/novedades/> (consultado el 19 de abril del 2016)
- Chan, I. (27 de agosto del 2015). Barreras de tubos de PVC contra el arribo del sargazo en Quintana Roo. *SIPSE*. Recuperado de <http://sipse.com/novedades/> (consultado el 19 de abril del 2016)
- Díaz, L. (13 de abril del 2016). Bandas transportadoras recogerán el sargazo en Puerto Morelos. *SIPSE*. Recuperado de <http://sipse.com/novedades/> (consultado el 19 de abril del 2016)
- Cifuentes, L. J., Torres-García, P. Y Frías M. (1997). *El océano y sus recursos X. Pesquería*. En La ciencia para todos. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/> (consultado el 22 de julio del 2016) [usos del sargazo]
- SHCP, 2013. *Secretaría de Hacienda y Crédito Público*. Recuperado de <http://www.shcp.gob.mx/> (consultado el 22 de julio de 2016)
- McHugh D.J. 2003. A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper 441. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/y4765e/y4765e07.htm> (consultado el 23 de septiembre de 2016)
- SHCP, 2013. *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*. Recuperado de : http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/ProgramasYProyectosDelInversion/Lineamientos/costo_beneficio.pdf
- BDHP (21 de enero del 2016). How to star a seaweed production business? *Business Diary Philippines*. Recuperado de: <http://businessdiary.com.ph/1083/how-to-start-a-seaweed-production-business/> (consultado el 17 de enero de 2017).
- Longueira, T. (01 de noviembre de 2012). Un euro por kilo de alga seca. *La voz de Galicia*. Recuperado de: http://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/galicia/2012/10/01/euro-kilo-alga-seca/0003_201210G1P23995.htm (consultado el 17 de enero de 2017).

Bibliografía

- Ross S., Westerfield R., Jaffe J. (2012). *Finanzas Corporativas*. 9ª edición. Mc Graw-Hill. N.Y., U.S.A., pág. 206-213.
- Gulbrandsen O. (2015). *FAO Ahorro de combustible en pequeñas embarcaciones pesqueras – manual*. Roma, Italia.
- Snell M. (2011). *Cost-benefit analysis: a practical guide*. 2ª edición. Thomas Telford. London.

ANEXO I. Aspectos técnicos del equipo



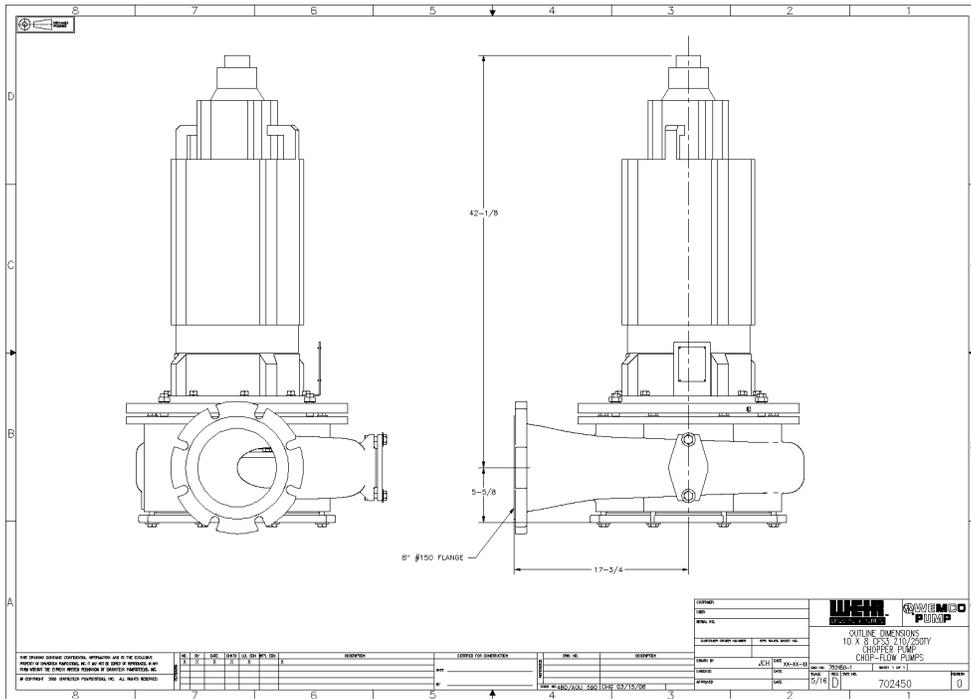
Weir Specialty Pumps 17.0.3.0

Customer Technical Offer			
Customer		Size / Stages	10x8 CFS3 / 1
Item number	003	Pump speed	880
Customer reference		Quote number	601177

Pump	
Qty	Description
1	<p>10x8 CFS3</p> <p>General Pump Options</p> <p>Pump Options Standard Pump Configuration</p> <p>Driver</p> <p>Motors WSP Supplied Motor: WSP Supplied Motor 30HP 250TY 1800RPM Standard Efficiency TENV Submersible Motor All motors are sized and selected in accordance with Hydraulic Institute Grade 2 - 2B performance test acceptance grades and tolerances which adds 8% to the rated horsepower requirement of the pump. This calculation has not changed the rated horsepower or efficiency shown on the Performance Data Sheet. View the link for more information from Hydraulic Institute. Motor manufacturer - WSP Standard Tungsten carbide / tungsten carbide motor seal</p> <p>Motor options Moisture Detector Relay 25 ft. motor cable</p> <p>Pump Support</p> <p>Pump Support No Pump Support 30 foot 304 stainless steel lifting cable</p> <p>Protective Coatings</p> <p>Paint manufacturer & type Paint Preparation: Standard paint preparation (clean and blast) WSP Standard Blue Paint - Prime and Top Coat Unless otherwise noted all motors will receive top coat only of specified paint</p> <p>Packing & Shipping</p> <p>Shipping No Boxing WSP Decision Carrier</p> <p>Material Testing</p> <p>Material Testing No Hardness Testing No Non-Destructive Testing</p> <p>Testing No Testing</p> <p>Estimated Weights Bareshaft Pump 1300.lbs Baseplate 0.lbs Driver 445.lbs Misc. Weight 0.lbs Misc. Weight 0.lbs Misc. Weight 0.lbs Total Per Unit Weight 1745.lbs</p>

General Arrangement Drawing

Customer	:	Quote number	: 601177
Customer reference	:	Size	: 10x8 CFS3
Item number	: 003	Stages	: 1
Service	:	Pump speed	: 880
Quantity of pumps	: 1.0	Date last saved	: 07 Feb 2017 6:38 PM



<small>THE DRAWING IS THE PROPERTY OF WEHR SPECIALTY PUMPS, INC. AND IS TO BE USED ONLY FOR THE PROJECT AND QUANTITY SPECIFIED HEREON. IT IS TO BE RETURNED TO WEHR SPECIALTY PUMPS, INC. UPON COMPLETION OF THE PROJECT. NO PARTS OF THIS DRAWING ARE TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM. WEHR SPECIALTY PUMPS, INC. ACCEPTS NO LIABILITY FOR ANY DAMAGE OR LOSS OF PROFITS, BUSINESS, OR REVENUE, OR FOR ANY SPECIAL, CONSEQUENTIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES, INCLUDING ATTORNEY'S FEES, ARISING OUT OF THE USE OF THIS DRAWING.</small>		<table border="1"> <tr> <th>REV.</th> <th>DATE</th> <th>DESCRIPTION</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>02/07/17</td> <td>ISSUE FOR QUOTE</td> </tr> </table>	REV.	DATE	DESCRIPTION	1	02/07/17	ISSUE FOR QUOTE	<table border="1"> <tr> <td>PROJECT NO.</td> <td>601177</td> </tr> <tr> <td>QUANTITY</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>DATE</td> <td>02/07/17</td> </tr> <tr> <td>BY</td> <td>JCH</td> </tr> <tr> <td>CHECKED BY</td> <td>JCH</td> </tr> <tr> <td>DATE</td> <td>02/07/17</td> </tr> </table>	PROJECT NO.	601177	QUANTITY	1.0	DATE	02/07/17	BY	JCH	CHECKED BY	JCH	DATE	02/07/17
REV.	DATE	DESCRIPTION																			
1	02/07/17	ISSUE FOR QUOTE																			
PROJECT NO.	601177																				
QUANTITY	1.0																				
DATE	02/07/17																				
BY	JCH																				
CHECKED BY	JCH																				
DATE	02/07/17																				
<table border="1"> <tr> <td>WEHR SPECIALTY PUMPS, INC.</td> <td>10000 W. 10TH AVENUE</td> <td>MINNETONKA, MN 55342</td> </tr> <tr> <td>PHONE: (763) 835-7300</td> <td>FAX: (763) 835-7301</td> <td>WWW.WEHRPUMPS.COM</td> </tr> </table>		WEHR SPECIALTY PUMPS, INC.	10000 W. 10TH AVENUE	MINNETONKA, MN 55342	PHONE: (763) 835-7300	FAX: (763) 835-7301	WWW.WEHRPUMPS.COM	<table border="1"> <tr> <td>WEHR SPECIALTY PUMPS, INC.</td> <td>10000 W. 10TH AVENUE</td> <td>MINNETONKA, MN 55342</td> </tr> <tr> <td>PHONE: (763) 835-7300</td> <td>FAX: (763) 835-7301</td> <td>WWW.WEHRPUMPS.COM</td> </tr> </table>	WEHR SPECIALTY PUMPS, INC.	10000 W. 10TH AVENUE	MINNETONKA, MN 55342	PHONE: (763) 835-7300	FAX: (763) 835-7301	WWW.WEHRPUMPS.COM							
WEHR SPECIALTY PUMPS, INC.	10000 W. 10TH AVENUE	MINNETONKA, MN 55342																			
PHONE: (763) 835-7300	FAX: (763) 835-7301	WWW.WEHRPUMPS.COM																			
WEHR SPECIALTY PUMPS, INC.	10000 W. 10TH AVENUE	MINNETONKA, MN 55342																			
PHONE: (763) 835-7300	FAX: (763) 835-7301	WWW.WEHRPUMPS.COM																			

ANEXO II. VPN de distintos escenarios

Porcentaje de Inversión privada	Ingresos		Ingresos		Ingresos		Ingresos	
	Pública 100%	Privada 0%	Pública 95%	Privada 5%	Pública 90%	Privada 10%	Pública 80%	Privada 20%
0%	\$343,151.63	-\$197,405.30	\$93,076.69	\$80,029.45	-\$156,998.25	\$357,464.21	-\$657,148.13	\$912,333.72
10%	\$602,540.16	-\$461,413.51	\$352,465.22	-\$183,978.75	\$102,390.28	\$93,456.00	-\$397,759.59	\$648,325.51
20%	\$861,928.70	-\$725,421.72	\$611,853.76	-\$447,986.96	\$361,778.82	-\$170,552.21	-\$138,371.06	\$384,317.30
30%	\$1,121,317.23	-\$989,429.93	\$871,242.29	-\$711,995.17	\$621,167.36	-\$434,560.42	\$121,017.48	\$120,309.09
35%	\$1,251,011.50	-\$1,121,434.03	\$1,000,936.56	-\$843,999.27	\$750,861.62	-\$566,564.52	\$250,711.75	-\$11,695.01
40%	\$1,380,705.77	-\$1,253,438.13	\$1,130,630.83	-\$976,003.38	\$880,555.89	-\$698,568.62	\$380,406.01	-\$143,699.12
45%	\$1,510,400.04	-\$1,385,442.24	\$1,260,325.10	-\$1,108,007.48	\$1,010,250.16	-\$830,572.73	\$510,100.28	-\$275,703.22
50%	\$1,640,094.30	-\$1,517,446.34	\$1,390,019.37	-\$1,240,011.59	\$1,139,944.43	-\$962,576.83	\$639,794.55	-\$407,707.32
55%	\$1,769,788.57	-\$1,649,450.44	\$1,519,713.63	-\$1,372,015.69	\$1,269,638.69	-\$1,094,580.94	\$769,488.82	-\$539,711.43
60%	\$1,899,482.84	-\$1,781,454.55	\$1,649,407.90	-\$1,504,019.79	\$1,399,332.96	-\$1,226,585.04	\$899,183.08	-\$671,715.53
70%	\$2,158,871.38	-\$2,045,462.76	\$1,908,796.44	-\$1,768,028.00	\$1,658,721.50	-\$1,490,593.25	\$1,158,571.62	-\$935,723.74
80%	\$2,418,259.91	-\$2,309,470.96	\$2,168,184.97	-\$2,032,036.21	\$1,918,110.03	-\$1,754,601.46	\$1,417,960.16	-\$1,199,731.95
90%	\$2,677,648.45	-\$2,573,479.17	\$2,427,573.51	-\$2,296,044.42	\$2,177,498.57	-\$2,018,609.66	\$1,677,348.69	-\$1,463,740.16
100%	\$2,937,036.98	-\$2,837,487.38	\$2,686,962.04	-\$2,560,052.63	\$2,436,887.11	-\$2,282,617.87	\$1,936,737.23	-\$1,727,748.36

Porcentaje de Inversión privada	Ingresos		Ingresos		Ingresos		Ingresos	
	Pública 70%	Privada 30%	Pública 60%	Privada 40%	Pública 50%	Privada 50%	Pública 45%	Privada 55%
0%	-\$1,157,298.01	\$1,467,203.22	-\$1,657,447.89	\$2,022,072.73	-\$2,157,597.76	\$2,576,942.24	-2407672.703	2854376.996
10%	-\$897,909.47	\$1,203,195.02	-\$1,398,059.35	\$1,758,064.52	-\$1,898,209.23	\$2,312,934.03	-2148284.167	2590368.788
20%	-\$638,520.94	\$939,186.81	-\$1,138,670.81	\$1,494,056.32	-\$1,638,820.69	\$2,048,925.83	-1888895.631	2326360.58
30%	-\$379,132.40	\$675,178.60	-\$879,282.28	\$1,230,048.11	-\$1,379,432.16	\$1,784,917.62	-1629507.095	2062352.372
35%	-\$249,438.13	\$543,174.50	-\$749,588.01	\$1,098,044.01	-\$1,249,737.89	\$1,652,913.51	-1499812.828	1930348.268
40%	-\$119,743.86	\$411,170.39	-\$619,893.74	\$966,039.90	-\$1,120,043.62	\$1,520,909.41	-1370118.56	1798344.164
45%	\$9,950.40	\$279,166.29	-\$490,199.48	\$834,035.80	-\$990,349.35	\$1,388,905.31	-1240424.292	1666340.06
50%	\$139,644.67	\$147,162.18	-\$360,505.21	\$702,031.69	-\$860,655.09	\$1,256,901.20	-1110730.024	1534335.956
55%	\$269,338.94	\$15,158.08	-\$230,810.94	\$570,027.59	-\$730,960.82	\$1,124,897.10	-981035.7562	1402331.852
60%	\$399,033.21	-\$116,846.02	-\$101,116.67	\$438,023.49	-\$601,266.55	\$992,892.99	-851341.4884	1270327.748
70%	\$658,421.74	-\$380,854.23	\$158,271.86	\$174,015.28	-\$341,878.01	\$728,884.79	-591952.9526	1006319.54
80%	\$917,810.28	-\$644,862.44	\$417,660.40	-\$89,992.93	-\$82,489.48	\$464,876.58	-332564.4169	742311.3323
90%	\$1,177,198.81	-\$908,870.65	\$677,048.94	-\$354,001.14	\$176,899.06	\$200,868.37	-73175.88121	478303.1244
100%	\$1,436,587.35	-\$1,172,878.85	\$936,437.47	-\$618,009.35	\$436,287.59	-\$63,139.84	186212.6545	214294.9165