

# Reducción del uso de combustible en la pesca del camarón en el sudeste de Estados Unidos con puertas curvadas con ranura y cinchas Sapphire®



TEXAS A&M  
**AGRI**LIFE  
EXTENSION

**TAA**  
Trade Adjustment  
Assistance for Farmers  
Technical Assistance

**Sea Grant**  
Texas  
AT TEXAS A&M UNIVERSITY

Douglas L. Steele, Director • Texas A&M AgriLife Extension Service • The Texas A&M University System • College Station, Texas

Pamela T. Plotkin, Directora • Texas Sea Grant College Program • Texas A&M University • College Station, Texas

Preparado por Michael G. Haby, Gary L. Graham y Lawrence L. Falconer

---

# Reducción del uso de combustible en la pesca del camarón en el sudeste de Estados Unidos con puertas curvadas con ranura y cinchas Sapphire<sup>a,b</sup>

Preparado por Michael G. Haby<sup>c</sup>, Gary L. Graham<sup>d</sup>, y Lawrence L. Falconer<sup>e</sup>

TAMU-SG-15-511 Diciembre 2015 200



<sup>a</sup> Esta publicación está financiada en parte por una subvención institucional otorgada al Texas Sea Grant College Program (NA10OAR4170099) por la National Sea Grant Office, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce.

El trabajo específico relacionado con los esfuerzos de conservación de combustible en la pesca del camarón con red de arrastre solo ha sido posible gracias al apoyo financiero brindado por varios benefactores entre los años 2005 y 2011. Las fuentes de financiación incluyen: (1) Subvención número 2005-48605-03347 del U.S. Department of Agriculture para el Texas A&M AgriLife Extension Service, un organismo del Texas A&M University System (recibida en 2005); (2) Contrato número CM725 / Proyecto patrocinado por TAMU: 0000421118 del State of Texas Energy Conservation Office para el Texas Sea Grant College Program, una parte de la Texas A&M University (recibido en 2006); (3) Subvención número NA10OAR4170099 de la National Sea Grant College Program Office dentro del U.S. Department of Commerce para el Texas Sea Grant College Program (recibida en 2010); y (4) Subvención número H001344230 del U.S. Department of Agriculture para el Texas Sea Grant College Program (recibido en 2011).

<sup>b</sup> La mención de una marca registrada o un producto patentado no constituye garantía alguna por parte del Texas A&M AgriLife Extension Service o el Texas Sea Grant College Program, y no implica su aprobación la exclusión de otros productos que también puedan ser apropiados.

<sup>c</sup> Investigador Senior / Profesor Emérito y Economista de extensión – Mariscos, Department of Agricultural Economics. Texas Sea Grant College Program y Texas A&M AgriLife Extension Service, Texas A&M University System. Domicilio postal: Texas A&M AgriLife Research & Extension Center, 10345 Hwy. 44, Corpus Christi, Texas 78406-1412. Teléfono: 361/265-9203, Fax: 361/265-9434, Correo electrónico: m-haby@tamu.edu.

<sup>d</sup> Profesor y Especialista en pesca marina, Department of Wildlife & Fisheries Sciences. Texas Sea Grant College Program y Texas A&M AgriLife Extension Service, Texas A&M University System. Domicilio postal: P.O. Box 1125, West Columbia, Texas 77486. Teléfono: 979/345-6131, Correo electrónico: glgshrimp@embarqmail.com.

<sup>e</sup> Professor y Economista de extensión, Department of Agricultural Economics, Mississippi State University. Domicilio postal: Delta Research and Extension Center, P.O. Box 197, Stoneville, MS 38776. Teléfono: 662/686-3238, Correo electrónico: larry.falconer@msstate.edu.

---

# Tabla de contenidos

<b>Resumen</b> .....	v
<b>Introducción y propósito</b> .....	1
Introducción .....	1
Propósito .....	2
<b>Probar que las puertas curvadas pueden funcionar</b> .....	3
Información sobre las puertas de pesca de arrastre curvadas .....	3
Estudio preliminar de eficacia — Pruebas de mar iniciales .....	3
Observaciones y modificaciones posteriores a partir del estudio preliminar de eficacia .....	4
Comparación preliminar del uso de combustible y rendimiento del motor entre puertas planas rectangulares y puertas curvadas con ranura .....	6
Paso exploratorio final: Probar la equivalencia de producción entre las puertas tradicionales y las puertas curvadas con ranura .....	7
Nota sobre bramantes, cinchas y redes Sapphire® trenzados .....	7
<b>Programa de investigación colaborativa con pescadores para evaluar los aspectos de conservación de combustible de las puertas de arrastre curvadas con ranura y cinchas Sapphire®</b> .....	8
Procedimiento experimental .....	8
Asegurar el control experimental .....	9
Resumen de rendimiento: Ahorro de combustible con cinchas Sapphire® trenzadas y puertas curvadas con ranura .....	9
<b>Consideraciones de reemplazo, ajuste y mantenimiento</b> .....	10
Consideraciones de reemplazo .....	10
Consideraciones de ajuste .....	10
El mantenimiento periódico es esencial .....	11
Nota sobre la fabricación portuaria de las puertas curvadas .....	11
<b>¿Las puertas de acero curvadas con ranura y las redes fabricadas con fibra Sapphire® trenzada representan una mejor opción económica para la industria de la pesca del camarón con red de arrastre?</b> .....	12
Antecedentes .....	12
Comprender el valor actual neto e interpretar los resultados .....	13
Suposiciones, necesidades de información y fuentes de información utilizadas para comparar el valor actual neto de cada elección de equipamiento de pesca con red de arrastre .....	16
Paso 1: Estimación de los costos de caja esperados atribuibles al equipamiento tradicional y a las puertas curvadas/redes Sapphire® .....	19
Paso 2: Conversión de los costos de caja estimados futuros a los valores actuales .....	23
Paso 3: Comparación de los valores actuales de los costos de caja relevantes para cada tipo de equipamiento de pesca con red de arrastre .....	25
Resumen del análisis del valor actual neto .....	25
<b>Análisis</b> .....	26
Hitos alcanzados en la búsqueda de equipamiento de pesca con red de arrastre más eficaz .....	26
Importancia futura de los resultados del proyecto .....	26
<b>Resumen y conclusiones</b> .....	28
<b>Referencias</b> .....	29



---

## Resumen

El presente informe detalla los esfuerzos realizados para evaluar, modificar y verificar equipamiento de pesca con red de arrastre con mayor rendimiento del combustible para la pesca del camarón del Golfo y el Atlántico Sur. Este proyecto comenzó como una idea de Patrick F. Riley, el gerente general de Western Seafood en Freeport, Texas. Los trabajos iniciales comenzaron con la evaluación de las puertas de acero curvadas con ranuras y de confección utilizadas principalmente en la pesca pelágica europea. Estas puertas resultaron prometedoras durante el estudio preliminar de eficacia. Sin embargo, cuatro modificaciones de ingeniería generaron beneficios verificables en el ahorro de combustible sin alterar la producción de camarón con respecto a las cosechas realizadas con el equipamiento tradicional.

Con las modificaciones completas, la siguiente fase del trabajo entregó el equipamiento de pesca con red de arrastre recientemente modificado a pescadores colaboradores de estados del Golfo y el Atlántico sur. Este proyecto colaborativo de investigación fue diseñado y gestionado por el cuerpo docente del Texas A&M Agrilife/Texas Sea Grant. Un protocolo de investigación de cuatro pasos para los colaboradores (a) estableció una referencia del uso de combustible con el equipamiento tradicional, (b) midió la contribución proporcional a los ahorros de combustible realizados por las redes Sapphire® con cinchas desplegadas con las puertas planas tradicionales, (c) documentó la producción idéntica de camarón durante la pesca simultánea con el equipamiento tradicional y el equipamiento nuevo y (d) midió el uso de combustible durante la pesca con el equipamiento nuevo. Los fondos del U.S. Department of Agriculture y la State of Texas Energy Conservation Office brindaron un complemento de equipamiento de pesca y un medidor de flujo de combustible a cada pescador. Estos fondos también apoyaron a dos consultores que fueron los primeros en adoptar el equipamiento de ahorro de combustible. Los consultores ayudaron a los colaboradores en asuntos de ajustes en el paso tres para que el equipamiento nuevo tuviera resultados iguales a sus sistemas tradicionales de pesca. Este esfuerzo de investigación verificó los resultados generados en el *Isabel Maier*, el buque utilizado para el estudio preliminar de eficacia, y registró ahorros de combustibles comprendidos entre el 10% y el 39% sin pérdida de camarón. El primer grupo que adoptó el equipamiento de ahorro de combustible también observó que las puertas de acero curvadas y las redes Sapphire® con cinchas tenían una vida útil mucho mayor que el equipamiento tradicional.

En 2010, el complemento para el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible costaba \$13,570 en comparación con \$8,965 que costaba el sistema tradicional de pesca. La diferencia de \$4,605 representaba un 51% de aumento en el costo. Pensamos que el precio elevado fue uno de los

factores responsables de la lentitud del cambio hacia el nuevo equipamiento. Por supuesto, pagar más por un insumo como el combustible cuando la misma calidad está disponible en otra parte a un precio menor siempre generará menores ingresos para un buque, con los otros costos iguales. Sin embargo, ante dos opciones de bienes durables como los equipos de pesca con red de arrastre, un precio más elevado puede no tener el mismo efecto sobre el ingreso en el tiempo si la opción más costosa es más eficaz o tiene una vida útil más prolongada. Por tanto, la elección entre el equipamiento de pesca con red de arrastre tradicional y el equipamiento de ahorro de combustible es el típico dilema de toma de decisiones.

La pregunta es si los costos de producción serán menores con el equipamiento más costoso, de mayor durabilidad que ahorra combustible o con el equipamiento tradicional menos costoso con una vida útil menor y sin capacidad de ahorro de combustible inherente.

Esta pregunta se respondió mediante un análisis de valor actual neto que comparó los costos de producción esperados generados por los dos tipos de equipamiento de pesca con red de arrastre comparados. En un horizonte de planificación de 14 años — necesario para dar cuenta de las diferencias en la vida útil de las puertas tradicionales de pesca con red de arrastre y el equipamiento curvado — los costos anuales de producción estimados se convirtieron a los valores actuales a tasas de descuento comprendidas entre el 3% y el 15%. Sin importar la tasa de descuento utilizada, el valor actual de los costos de producción del equipamiento de ahorro de combustible fue sistemáticamente menor que el de los costos del equipamiento tradicional menos costoso utilizado en la pesca del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos. Debido a una mayor vida útil y la ausencia de costos anuales de mantenimiento de las redes Sapphire®, los costos de adquisición y operación fueron menores cuando se adquirió el equipamiento más costoso de ahorro de combustible. Sin embargo, el 80% de los gastos reducidos se generaron usando el 10% menos de combustible por año, que se estimó en 6,610 galones. Este 10% de reducción anual es una cifra conservadora, debido a que refleja el nivel más bajo de ahorros que tuvieron los pescadores que participaron del estudio. Por tanto, los operadores que eligieron el equipamiento nuevo de ahorro de combustible y reducen el uso de combustible en al menos 10% verán un incremento en el flujo neto de caja a lo largo de un periodo de 14 años. En otras palabras, atrapar la misma cantidad de camarón, pero hacerlo con menores gastos, genera ahorros en los costos anuales, que se reducen al mínimo y tienen un impacto positivo en el bienestar financiero de la actividad de pesca con red de arrastre del camarón.



## Introducción y propósito

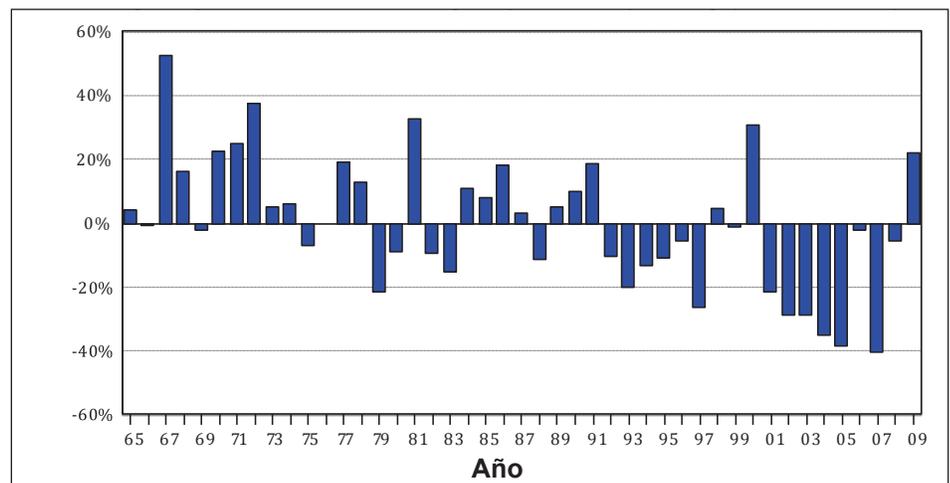
### Introducción

El camarón es una especie de vida corta que desova en alta mar, madura en las bahías costeras y completa su ciclo de vida migrando otra vez a alta mar, donde crece rápidamente. Los desembarques anuales dependen de los cambios ecológicos a corto plazo en los sistemas de las bahías costeras (zonas de reproducción) causados por sucesos meteorológicos.

Las cosechas anuales de camarón suelen fluctuar de un año al otro. En términos porcentuales, en la tabla se muestra cómo se comparan los desembarques del golfo de Texas con el promedio de 45 años de 40.4 millones de libras. En 16 de los 45 años (casi 36%) los desembarques anuales han estado al menos un 20% por encima (7 años) o por debajo (9 años) del promedio a largo plazo. Por tanto, la variación considerable de las cosechas anuales ha sido una constante en la producción de camarón.

¿Y la variación estacional? Entre 1981 y 2000, el 58% de las cosechas de alta mar de Texas y el 53% del valor real en el muelle se han generado entre mediados de julio y fines de septiembre (apenas 77 días). Durante los otros 9 ½ meses, las tasas de captura han sido considerablemente menores, especialmente después de diciembre.

En la industria de la pesca del camarón, existen pocas medidas de defensa, si las hay, que un operador puede utilizar para compensar la variación anual. La variación estacional es otra cuestión. Durante el verano, los pescadores históricamente buscaron formas de pescar más que la competencia. Al mismo tiempo, los productores experimentados reconocían que durante la mayor parte del año las tasas de captura esperadas eran mucho menores y suponían más aportes operativos, debido a que el camarón era menos abundante, estaba más alejado de la costa y estaba más disperso. Para tener éxito tanto en la ventana de pico de producción como durante el resto del año, los operadores han buscado continuamente distintos avances tecnológicos que pudieran producir la mayor cantidad de trabajo con un galón de diésel. Esta búsqueda de eficacia tenía dos facetas: (a) aumentar la producción con el mismo nivel de aportes o (b) mantener los niveles históricos de producción con menos aportes. Estas dos facetas de la eficacia se combinaban bien tanto con una ventana de pico de producción como con el resto del ciclo operativo de 12 meses.



Cambio porcentual de los desembarques de alta mar en Texas comparado con el promedio de 45 años (0%=40.43 millones de lb.)

**Aumentar la producción con el mismo nivel de aportes.** Pescar más que la competencia suponía una inversión en buques más grandes y potentes que pudieran acarrear equipamiento más grande (si era necesario) y soportar viajes extensos. Se realizaron mejoras a los buques y el equipamiento para mejorar la producción de camarón, pero los pescadores astutos también eran conscientes de las consecuencias que sus mejoras tenían en el consumo de combustible. La hélice con tobera es un ejemplo de los cambios en la pesca con red de arrastre. Envolver la hélice con una tobera permitió la opción de remolcar a una velocidad sobre el fondo mayor con las mismas RPM utilizadas con una hélice abierta. A fines de la década de 1980, la producción de cinchas de gran resistencia a la tracción y fibras de diámetro pequeño como Spectra® redujo la cantidad de cinchas en el agua, lo cual, a su vez, redujo el arrastre. Esta combinación les permitió a algunos productores pescar con redes más grandes y así cubrir mayor superficie de fondo. Al recoger las redes más rápido con la misma velocidad de motor, la eficacia de esas empresas aumentó a medida que los operadores buscaban asegurar una contribución temprana y saludable a las ganancias anuales durante la ventana de pico de producción.

**Mantener la producción con menos aportes.** Los mismos avances que potenciaron la producción durante el verano también otorgaron a los pescadores la opción de reducir el consumo de combustible durante las otras etapas del ciclo anual. Por ejemplo, los operadores pudieron volver a utilizar las redes del tamaño histórico, muchas fabricadas con fibras resistentes de diámetro pequeño. Junto con el menor arrastre creado por las nuevas opciones de cinchas, el empuje adicional de una hélice con tobera permitió a los operadores mantener sus velocidades sobre el fondo históricas en la temporada baja, pero con un motor menor que, a su vez, quemaba menos galones por hora.

## Propósito

Los pescadores de camarón siempre han estado preocupados por el uso de combustible porque la pesca de arrastre es una actividad en la que se consume mucho combustible. En un análisis de rendimiento estandarizado (SPA por sus siglas en inglés) de la flota camaronera de alta mar de Texas en el que se usó información de pescadores del intervalo de 12 años entre 1986 y 1997, la cantidad promedio de diésel utilizado por los productores colaboradores fue de 66,101 galones por año [1]. El emprendimiento de investigar distintas mejoras para mejorar la eficacia operativa de la pesca del camarón continúa en la actualidad, pero con una urgencia mucho mayor. Esta urgencia se produce debido a que los operadores se han enfrentado a grandes reducciones en los precios del camarón en el muelle desde 2001 y un incremento simultáneo y rápido del precio del diésel a partir de 2002. En la actualidad, identificar y reducir los costos que se pueden evitar es fundamental para el objetivo básico de la industria, que es la supervivencia y el desarrollo en el tiempo.

A partir de 2005, Western Seafood y Texas Sea Grant comenzaron un estudio preliminar de eficacia con puertas de pesca de acero curvadas con ranuras como posible reemplazo de las puertas rectangulares y planas que se han utilizado en la industria durante décadas.<sup>1</sup> El presente informe analiza el enfoque y análisis que en última instancia demostraron la eficacia de estas puertas curvadas con ranuras, que nunca antes se habían utilizado en la pesca del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos.

En este informe se destacan cuatro puntos. El primero es una revisión de estudios anteriores y modificaciones posteriores a puertas curvadas de confección que las convertían en una alternativa legítima para los pescadores de camarón. En segundo lugar, describimos el enfoque experimental utilizado en un programa de investigación regional con pescadores seleccionados. En sus propias zonas, los productores midieron el uso de combustible tanto con las redes tradicionales como con las redes trenzadas Sapphire®, a la vez que verificaron la equivalencia de producción entre los tipos de equipamiento. La tercera consideración destaca los requisitos de reemplazo, ajuste y mantenimiento periódico. Por último, se investigan los efectos económicos del equipamiento de ahorro de combustible.

En este informe se demuestra que mediante la inversión en equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible se pueden alcanzar tres objetivos clave simultáneos: (a) reducir el uso de un aporte importante, que a su vez (b) aumenta el ingreso operativo, mientras (c) brinda mayor capacidad para absorber crisis económicas como incrementos grandes en los precios del combustible, producción por debajo del promedio anual y precios de muelle fluctuantes. Este trabajo no es diferente de la migración realizada de la plataforma doble a la plataforma cuádruple hace más de 40 años. Es simplemente el siguiente paso lógico en una búsqueda de décadas por una mayor eficacia en una industria pesquera que experimenta una variación considerable en las cosechas anuales.

<sup>1</sup> Patrick Riley, gerente general de Western Seafood de Freeport, Texas, y una segunda generación de pescadores de camarón, comenzaron a buscar formas de reducir considerablemente los costos de producción en la flota del oeste. Con los precios de la energía altísimos, encontrar formas de reducir el uso de combustible y, a la vez, aprovechar las tasas de captura récord vigentes, se convirtió en una prioridad para el señor Riley. De hecho, la búsqueda de Patrick para reducir el uso de combustible fue tan importante para el éxito económico de Western Seafood como la tarea llevada a cabo por su padre, el capitán Mike Riley años antes en su búsqueda de maneras de tener un mejor desempeño que sus competidores.



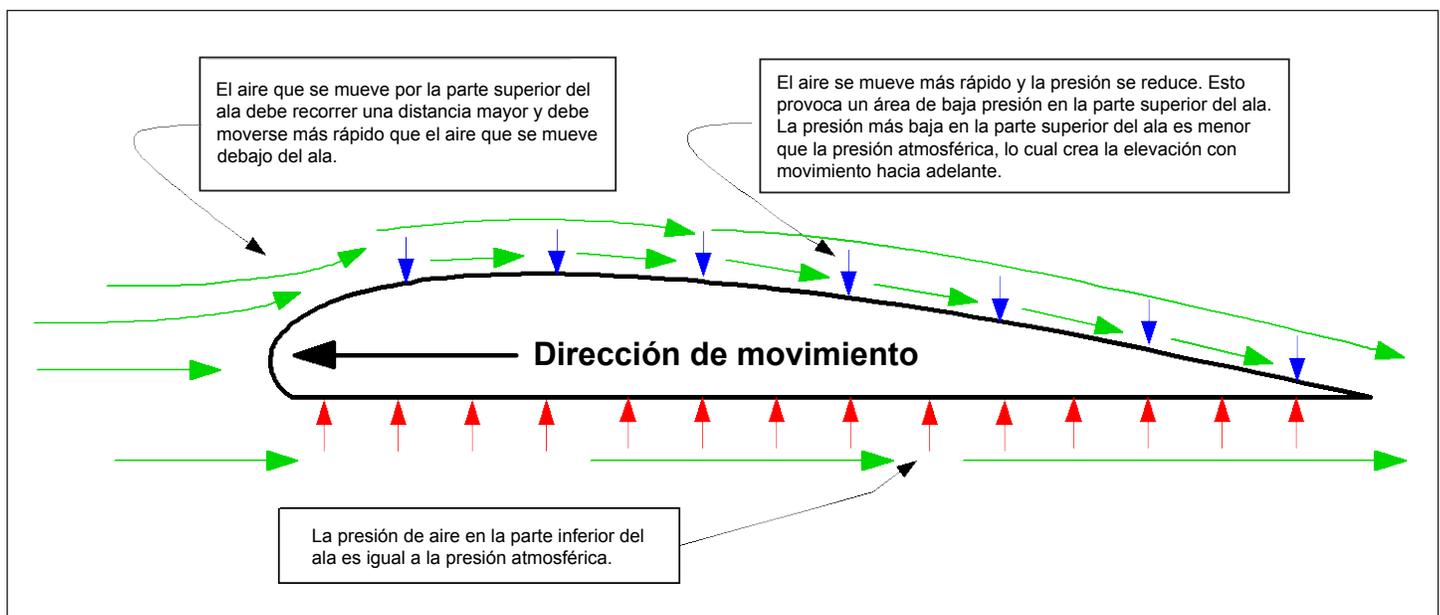
## Probar que las puertas curvadas pueden funcionar

### Información sobre las puertas de pesca de arrastre curvadas

Las puertas rectangulares planas despliegan las redes mediante la resistencia. Un sistema amarras de cuatro cadenas establece tanto el ángulo de ataque como el corte (movimiento retrasado) de la puerta. Mientras el buque está en marcha, el ángulo de ataque sirve para separar las puertas y abrir las redes, y el corte hace que las puertas permanezcan en el fondo. Por diseño, el ángulo de ataque genera más arrastre en el agua y en el fondo del mar. En una publicación de 1984, investigadores de la Louisiana State University observaron que el 30% del arrastre total se debe a las puertas de redes barredoras. [2]. Una vez que se despliega este equipamiento tradicional, una mayor resistencia requiere RPM adicionales por parte del motor principal para mantener la tasa de remolque de velocidad sobre el fondo necesaria para que las puertas puedan abrir las redes completamente. Las puertas rectangulares planas han funcionado muy bien para la industria. Sin embargo, con el aumento de los precios del diésel que comenzó en 2002 y llegó a un promedio de \$2.124 por galón

para 2006, los investigadores buscaron un tipo de puerta de red barridora que desplegara las redes para camarón en una trayectoria distinta de la "resistencia de proyecto".

En comparación con las puertas planas, las puertas curvadas abren las redes utilizando una diferencia de presión generada entre las superficies exterior e interior de la puerta. De hecho, las puertas curvadas generan la separación mediante el mismo principio que usan las alas de los aviones para lograr la elevación. Como se muestra en el diagrama de abajo, las alas de un avión logran la elevación cuando el aire forzado recorre la parte superior del ala, que es curva. Como la parte superior del ala es más larga que la parte inferior, el aire debe moverse por la parte superior más rápido. Este movimiento de aire más rápido reduce la presión en la parte superior del ala, que eleva el avión del suelo.



Las puertas curvadas se remolcan a un ángulo de ataque menor que las puertas rectangulares y planas; sin embargo, pueden alcanzar el mismo despliegue de redes. El menor ángulo de ataque genera menos resistencia. Una menor resistencia requiere menos RPM para alcanzar las tasas de remolque de velocidad sobre el fondo deseadas. Es esta reducción en la velocidad del motor principal (RPM) lo que se traduce directamente en una reducción del consumo de combustible.

### Estudio preliminar de eficacia — Pruebas de mar iniciales

El estudio preliminar de eficacia comenzó con puertas de redes de arrastre curvadas elípticas de confección utilizadas principalmente en la industria pesquera pelágica de Europa. Durante el estudio preliminar de eficacia a bordo del *Isabel Maier*, el equipo se enfrentó a tantas dificultades con las puertas curvadas como los pescadores pioneros encontraron al cambiar de las plataformas dobles a las plataformas cuádruples durante la década de 1970, pero igualmente pudieron informar tres hallazgos esenciales: (a) las puertas podían llegar al fondo, (b) permanecían erectas en la columna de agua y (c)

desplegaban las redes. Esto suena muy básico, excepto por el hecho de que cada puerta estaba conectada a un cable de remolque con un solo punto de conexión en vez de las amarras de cuatro cadenas utilizadas comúnmente con las puertas tradicionales de red de arrastre. El estudio preliminar de eficacia demostró la posibilidad de éxito, pero fue necesario mucho más esfuerzo antes de que este nuevo diseño pudiera convertirse en una opción legítima a las puertas rectangulares y planas utilizadas durante décadas.

## Observaciones y modificaciones posteriores a partir del estudio preliminar de eficacia

Las pruebas de mar iniciales demostraron el potencial de las puertas nuevas. Sin embargo, los resultados más importantes del estudio preliminar de eficacia fueron los indicios obtenidos que serían fundamentales en la modificación de una puerta diseñada originalmente para especies pelágicas de manera que pudiera utilizarse en el lecho marino.

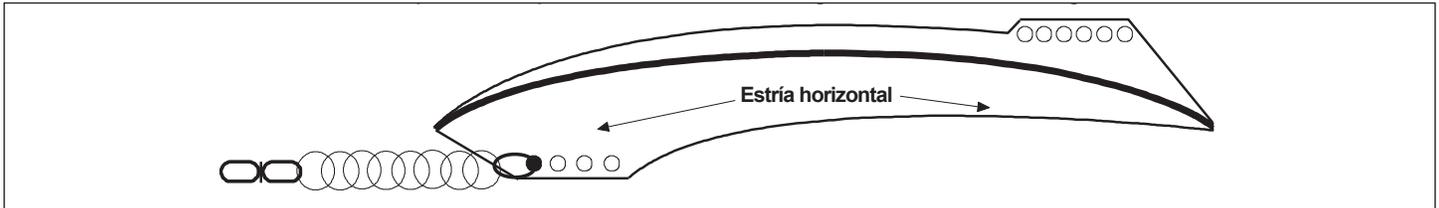
**Consideraciones sobre el tamaño de las puertas.** Durante los estudios iniciales, el equipo seleccionó una puerta curvada que tenía prácticamente la misma área ( $2.1 \text{ m}^2$ ) que la puerta rectangular utilizada históricamente a bordo del *Isabel Maier* de  $9' \times 40''$  (o  $2.79 \text{ m}^2$ ). Los investigadores descubrieron que las puertas curvadas de tamaño equivalente generaban mucha más potencia de despliegue que las puertas rectangulares y planas de aproximadamente la misma área. Específicamente, el tamaño de las puertas curvadas elegidas inicialmente superaban las dos redes de  $47\frac{1}{2}$  pies construidas con cinchas Spectra®. Como se muestra en la fotografía (derecha), cuando se reemplaza una puerta rectangular y plana con un modelo curvado, se requiere una reducción del área de la puerta de un 50%. En este caso, la puerta plana de  $9' \times 40''$  se reemplazó con una puerta curvada de  $1.4 \text{ m}^2$ .



**Rediseño de las zapatas.** Las puertas curvadas de confección eran ovales, con una zapata curvada que mantenía la forma oval (foto izquierda, abajo). Cuando se utilizaba en arrastre de fondo, la curvatura de la zapata original evitaba que la relinga y la cadena cosquillera tocaran el fondo. Esto generaba una pérdida de un 19% de camarón en la producción comparada con las puertas rectangulares y planas. Esta pérdida inaceptable de camarón terminó cuando se reemplazaron las zapatas curvadas con zapatas planas rediseñadas (foto derecha, abajo). Obsérvese que el nuevo diseño de zapata mantiene la forma oval en el borde principal de la puerta.



**Unir una puerta con el cable de remolque.** Una de las características únicas de las puertas curvadas de confección era la manera en que el cable de remolque estaba unido a la puerta. Como se muestra el diagrama (abajo), en la mayoría de las aplicaciones a nivel mundial, una puerta curvada se conecta con el cable de remolque en un único punto a lo largo de la estría horizontal. La estría está ubicada en el interior de la puerta y recorre la parte más exterior de la curvatura de la puerta de proa a popa. En el diagrama también se muestra un conjunto horizontal de agujeros ubicados en la estría horizontal que brindan varias opciones para conectar la puerta con el cable de remolque a través de la longitud de la cadena, algunos grilletes y un eslabón giratorio. Cada uno de estos puntos de conexión cambia el ángulo de ataque. Estas pruebas de mar demostraron que este único punto de conexión **no** era un método aceptable debido a que la cabeza posterior de la puerta tenía una tendencia a moverse.

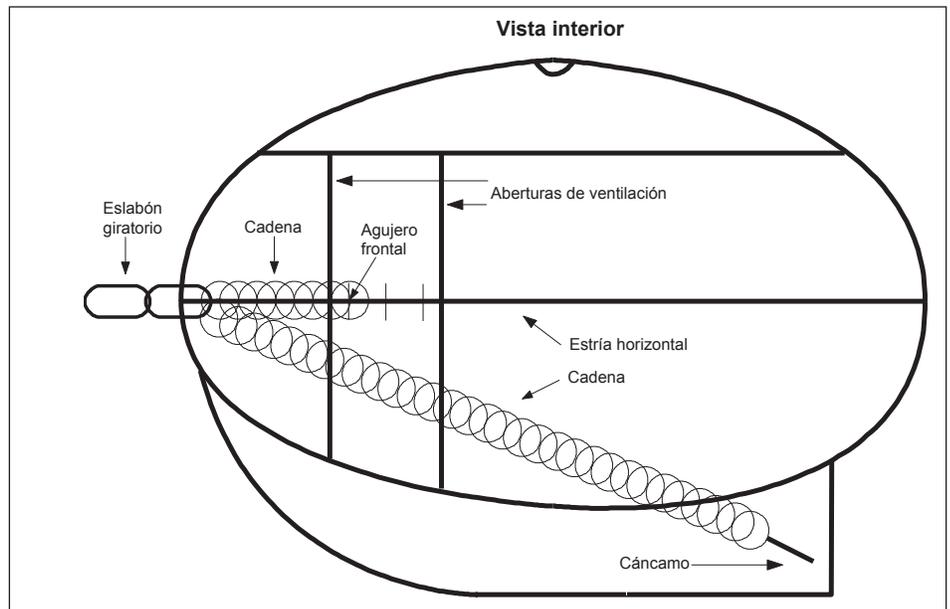


Vista superior de la puerta curvada con la configuración de conexión original.

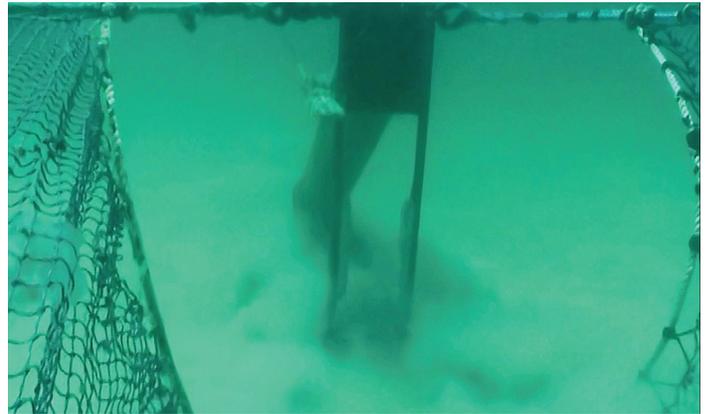
Para resolver este problema, los investigadores diseñaron otro punto de conexión en la parte inferior de la popa de la puerta. Para esto fue necesario agregar un cáncamo a la cabeza inferior de la puerta (presentado tanto en el diagrama (derecha) como en la foto de la página anterior). Este segundo punto de conexión estabilizó la puerta y finalmente una matriz de dos amarras se convirtió en el modo estándar de conexión de las puertas curvadas a los cables de remolque.

En la fotografía submarina (derecha) se muestra la configuración de dos cadenas durante las operaciones de pesca con red de arrastre. Mientras que el punto principal de remolque sigue siendo la estría horizontal de la puerta, en la fotografía se muestra una segunda cadena que se conecta a la cabeza posterior de la puerta y le brinda gran estabilidad. Esta es una conexión muy común en comparación con el sistema de cuatro amarras utilizado tradicionalmente con las puertas rectangulares y planas en la industria de pesca del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos.

Obsérvese el ángulo relativamente pequeño creado entre la amarra de cadena y el frente de la puerta. Las puertas curvadas están intencionalmente aparejadas para remolcar en un ángulo de ataque menor que las puertas planas. Recuerdese que debido a la curvatura de estas puertas, la presión a lo largo de la superficie exterior de la puerta es menor que la presión en la superficie interior. Esta diferencia de presión empuja cada puerta hacia afuera.



**Reconsiderar el diseño del trineo de arrastre.** Por último, el trineo de arrastre utilizado con las plataformas cuádruples debió modificarse. Durante el estudio preliminar de eficacia, los investigadores descubrieron que el trineo se hundía mucho más rápido que las puertas curvadas con ranuras. Esto generaba un problema importante durante el despliegue del equipamiento. La modificación final apuntó a cómo evitar el hundimiento rápido del trineo tradicional. En la fotografía izquierda (abajo), se muestra la fabricación de un trineo nuevo con una cámara de flotación. Esta cámara de flotación aminoraba el descenso del trineo hasta el lecho marino. En la fotografía de la derecha (abajo), se muestra el trineo nuevo durante una exploración en Panama City, Florida. La utilización de una cámara de flotación para la parte diagonal del trineo resolvió el problema, pero más tarde se diseñó un trineo menos costoso con una zapata más amplia fabricada con una barra plana. Este nuevo diseño se basaba en un pie más amplio y permitía que el trineo se deslizara por el fondo en armonía con las puertas. Esta mejora eliminó la necesidad de una cámara de flotación, e hizo que el trineo fuera menos costoso.



**Resumen del proceso de observaciones y modificaciones.** Las puertas curvadas, modificadas como resultado de las observaciones realizadas durante el estudio preliminar de eficacia, pescaron apropiadamente en evaluaciones posteriores de rendimiento en Panama City, Florida en 2007. Obsérvese en la fotografía a la derecha que la relinga y la cadena cosquillera están en contacto con el fondo como resultado de la zapata plana (modificación 2). Además, la puerta permanece perpendicular al lecho en el arrastre. Las amarras de dos cadenas proporcionan la estabilidad necesaria para evitar el movimiento, y la puerta despliega las redes con un ángulo de ataque relativamente pequeño (modificación 3).



## Comparación preliminar del uso de combustible y rendimiento del motor entre puertas planas rectangulares y puertas curvadas con ranura

Una vez que se completaron las cuatro modificaciones de diseño y que los investigadores comprendieron la lógica de ajustes necesaria para el equipamiento curvado, se registraron el rendimiento del motor y las comparaciones de combustible a bordo del *Isabel Maier*. Como se mencionó anteriormente, las puertas de 1.4 m<sup>2</sup> eran prácticamente un 50% más pequeñas que las puertas de madera estándar de 9' x 40" (2.79 m<sup>2</sup>). La velocidad del motor necesaria para mantener la tasa de velocidad de remolque sobre el fondo de 3 nudos (kn) (utilizada con las puertas rectangulares y planas) se redujo en aproximadamente 125 RMP con las puertas curvadas. Remolcar a 3 nudos con 125 RPM menos ahorró 5.5 galones de combustible por hora. El resultado fue una reducción del consumo de combustible de un 28% (véase la tabla).

	De madera	Curvada	Diferencia
<b>Tamaño de la puerta</b>	2.79 m <sup>2</sup>	1.4 m <sup>2</sup>	El área reducidas en 50%
<b>RPM a 3 kn</b>	1,525 – 1,550 RPM	1,400 – 1,425 RPM	RPM reducidas en ~ 125 (8%)
<b>Uso de combustible</b>	19.5 – 20.0 GPH	14.0 – 14.5 GPH	Uso reducido en 5.5 GPH (28%)

Usando la misma marca de medidor de flujo de combustible, pero el modelo especificado para el tipo de motor y los caballos de fuerza de su buque, el capitán del *Master Brandon*, Louis Stevenson (el primero

en adoptar el equipamiento curvado no probado) experimentó con distintas velocidades de motor (RPM) mientras controlaba el consumo de combustible. El capitán Stephenson observó que por cada reducción de 50 RPM en la velocidad del motor, el consumo de combustible disminuía en aproximadamente 1.5 a 2.0 galones por hora. Aunque el *Master Brandon* estaba equipado con un Cummins® KTA 19 de 500 caballos de fuerza, la reducción general en el uso de combustible en una menor RPM fue consistente con el *Isabel Maier*, que estaba equipado con un Caterpillar® 3412 de 500 caballos de fuerza.

## *Paso exploratorio final: Probar la equivalencia de producción entre las puertas tradicionales y las puertas curvadas con ranura*

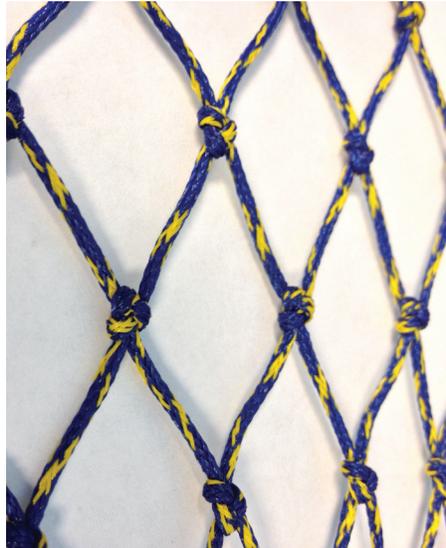
Tanto las modificaciones resultantes del estudio preliminar de eficacia como las posteriores comparaciones de uso de combustible y rendimiento del motor señalaron a las puertas curvadas como un nuevo método de reducción del uso de combustible. Sin embargo, probar la equivalencia de producción entre el equipamiento tradicional y el curvado era el tercer requisito esencial necesario para que el trabajo exploratorio anterior fuera un éxito. Un viaje de producción de tres semanas a bordo del *Isabel Maier* evaluó simultáneamente las

diferencias de producción entre los dos tipos de puerta. Para medir las diferencias en la producción de camarón, se utilizaron ambas puertas para pescar al mismo tiempo. Después de 15 buenos remolques, el equipamiento se cambió al lado opuesto del buque y se registraron las capturas de otros 15 buenos remolques. Las puertas curvadas de hecho produjeron aproximadamente un 2.6% más de camarón durante este viaje, pero este incremento en la producción no tuvo importancia estadística.

### *Nota sobre bramantes, cinchas y redes Sapphire® trenzados*

Las puertas curvadas de pesca con red de arrastre significaron el mayor desafío para los investigadores y el mayor beneficio potencial para la industria. Sin embargo, la evaluación de los bramantes Sapphire® también fue una parte importante del trabajo preliminar inicial. En la actualidad, los pescadores tienen varias opciones entre cinchas de diámetro pequeño y gran resistencia a la tracción. Algunas de estas tienen un diámetro más pequeño y mayor resistencia a la tracción que las Sapphire®. Trenzadas en vez de retorcidas, Sapphire® — una fibra de polietileno de alta densidad (HDPE) — se eligió debido a su alta resistencia, durabilidad y bajo costo comparativo entre otras fibras de alta resistencia.

El material trenzado de 2.1 mm (foto izquierda) posee una gran resistencia a la tracción. Las fibras trenzadas produjeron resultados positivos de ahorro de combustible y duración. Estas cinchas no deben someterse a proceso de inmersión (foto central). De hecho, la inmersión destruye el HDPE. Eliminar el costo de la inmersión bianual puede significar un ahorro de miles de dólares para la industria. Además, las redes con cinchas Sapphire® duran mucho más que el nylon. La primera red Sapphire® con cincha utilizada en Texas se puso en marcha en 2005 y se utilizó para pescar durante 7 años hasta 2011 (right photo). Como plástico número 2, las redes de HDPE también son reciclables mediante los medios municipales comunes.



---

## Programa de investigación colaborativa con pescadores para evaluar los aspectos de conservación de combustible de las puertas de arrastre curvadas con ranura y cinchas Sapphire®

El proceso de modificación de las puertas y el trineo de arrastre se completó. Una comparación preliminar del ahorro de combustible y el rendimiento del motor con puertas de madera y equipamiento curvado de acero registró que una menor velocidad de motor podía remolcar el equipamiento curvado a la misma velocidad sobre el fondo necesaria para desplegar las redes con las puertas planas. Un viaje de producción de tres semanas verificó que el equipamiento curvado producía cantidades de camarón equivalentes a las capturas generadas con las puertas rectangulares y planas.

Con estos hitos registrados, las nuevas puertas y redes estaban listas para que las evaluaran los pescadores colaboradores de la región del Golfo y el Atlántico sur. Es importante destacar que este esfuerzo colaborativo de investigación se concentró en una combinación diversa de condiciones operativas. Específicamente, esta evaluación ocurrió no solo en la costa, sino también en profundidad, no solo en fondo duro sino también en sustrato blando, y no solo en la pesca de camarón café usando plataforma cuádruple, sino también en la búsqueda de camarón blanco con redes de grifo doble.

### Procedimiento experimental

La preparación con cada pescador colaborador especificó el tamaño de las puertas curvadas necesario para abrir las redes, suficientes cinchas Sapphire® trenzadas para igualar el diseño y tamaño de las redes de nylon utilizadas, dos trineos y un medidor de flujo de combustible indicador según la marca (fabricante), modelo y caballos de fuerza del motor principal. Para estandarizar la forma de reunir los datos de rendimiento de los colaboradores, se diseñó un protocolo de investigación. Este protocolo debía satisfacer dos objetivos. Primero, la recolección de datos debía ser simple y rápida para que los pescadores pudieran reunir la información con la frecuencia necesaria sin interrumpir su propio trabajo. Segundo, el abordaje debía ser lo suficientemente riguroso como para que los datos de rendimiento de unos pocos colaboradores pudiera brindar estimaciones realistas sobre el ahorro de combustible. Este protocolo se especificó según cuatro pasos.

**Paso 1: Medir el consumo de combustible y el rendimiento del motor con el equipamiento tradicional.** El primer paso estableció un valor inicial de referencia con el cual realizar comparaciones. Esto supuso documentar la cantidad de combustible quemada por el buque a la velocidad en nudos preseleccionada por el operador al remolcar el equipamiento tradicional. Por ejemplo, si se estableció 3 nudos por hora como la tasa estándar de velocidad sobre el fondo, el capitán registró la velocidad récord sobre el fondo, la tasa de quema de combustible y las RPM del motor cuando pescaba con el equipamiento tradicional.

**Paso 2: Medir la contribución de las redes Sapphire® al consumo de combustible y al rendimiento del motor.** En el paso 2, las redes originales de nylon se reemplazaron con redes de igual tamaño y diseño fabricadas con Sapphire® trenzada. Nuevamente, el capitán remolcaba el arrastre a la misma tasa de velocidad sobre el fondo y anotaba las RPM del motor, velocidad sobre el fondo y consumo de combustible. Este paso nos permitió documentar los ahorros proporcionales de combustible generados con las redes Sapphire® conectadas a las puertas de arrastre originales.

**Paso 3: Probar la equivalencia de producción entre las puertas tradicionales y las puertas curvadas con ranuras.** Este fue el más difícil y desconcertante de los cuatro pasos para los colaboradores,

pero fue absolutamente esencial para migrar de las puertas de arrastre planas a las nuevas puertas curvadas con ranuras. Este paso se concentró estrictamente en la producción de camarón, por lo que fueron necesarios más remolques y ajustes preparatorios al equipamiento.<sup>2</sup> Una vez que el capitán estaba convencido de que los dos lados estaban pescando en su máxima eficacia, se realizaron 15 remolques buenos y se registraron las tasas de captura de las redes conectadas a las puertas tradicionales y a las puertas curvas con ranuras.<sup>3</sup> Después de completar 15 buenos remolques, las puertas se cambiaron a las redes de arrastre del lado opuesto del buque. Se registraron los datos de otros 15 remolques buenos. El cambio de los equipamientos eliminó cualquier sesgo potencial de las redes de arrastre de un lado del buque. De esta forma se completó el paso 3. Es importante destacar que este paso demostró a los pescadores colaboradores que no había pérdida de camarón cuando se utilizaban las puertas curvadas.

**Paso 4: Medir el consumo de combustible y el rendimiento del motor con el equipamiento curvado.** El paso final supuso remolcar redes con cinchas Sapphire® desplegadas con puertas curvadas en ambos lados del buque con las nuevas cinchas a la misma velocidad sobre el fondo utilizadas en los pasos 1 y 2, y registrar las RPM y el uso de combustible. Esto nos permitió comparar el efecto del equipamiento curvado en las RPM del motor y el consumo de combustible.

<sup>2</sup> A continuación se brinda una revisión breve de la preparación. El capitán primero remolcó sus puertas estándar con las redes Sapphire®. Se realizaron remolques de comparación utilizando las puertas anteriores para asegurarse de que en ambos lados la pesca era igual y que no eran necesarios ajustes adicionales. Este paso previo fue exactamente el abordaje utilizado en el viaje de producción de tres semanas a bordo del *Isabel Maier*. Una vez que se determinó que las puertas originales pescaban eficientemente, se reemplazó un lado con las puertas curvadas. En este punto, el buque pescaba simultáneamente tanto con el equipamiento tradicional como con el equipamiento curvado. Al comparar los dos conjuntos de equipos, se esperaba que el capitán y la tripulación ajustaran las puertas curvadas con el objetivo de producir cantidades de camarón que igualaran las cosechas del equipamiento tradicional.

<sup>3</sup> Un buen remolque se determinó como uno que no tuviera problemas de cadenas cosquilleras, dispositivos para la exclusión de tortugas (TEDs) atascados, redes dañadas, etc.

## Asegurar el control experimental

Para los pasos 1, 2 y 4, se pidió a los operadores que registraran la velocidad sobre el fondo, RPM del motor, momento del día, condiciones del mar y consumo de combustible cada media hora. Para los pasos 1, 2 y 4, eran necesarios ocho remolques, cada uno de al menos 3 ½ horas de duración. Después de completar el número necesario para el paso 1, el capitán podía proseguir con el paso 2. Se registró la información de otros 8 remolques, cada uno de al menos 3 ½ horas de duración.

Tal vez el factor más importante de este proyecto colaborativo de investigación fue recalcar que el capitán seleccionara una tasa de remolque de velocidad sobre el fondo y la mantuviera constante cuando se controlaba el consumo de combustible (pasos 1, 2 y 4). Además, trabajamos para ayudar a los colaboradores a reducir al mínimo la variación evitable durante el procedimiento de cuatro pasos. Una fuente de variación podían ser las diferencias estacionales en las condiciones del mar. Recalcamos que los colaboradores debían completar el proceso de evaluación de cuatro pasos en cuatro semanas; prácticamente todos lo hicieron. Por otro lado, realizar los pasos 1 y 2 en julio, pero esperar hasta enero para completar el paso 4 (cuando las condiciones del mar son malas) habría resultado en una comparación de rendimiento menos significativa.

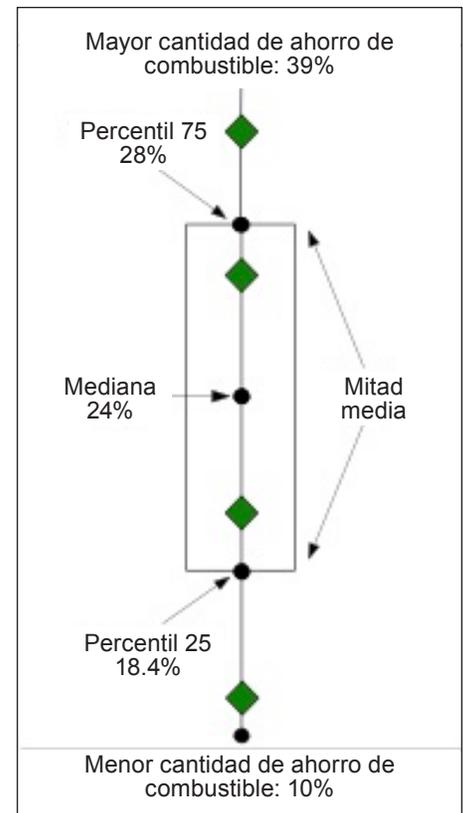
## Resumen de rendimiento: Ahorro de combustible con cinchas Sapphire® trenzadas y puertas curvadas con ranura

Además de trabajar en distintas zonas, cada colaborador tenía una combinación distinta de caballos de fuerza y tipo/tamaño de arrastre. Los caballos de fuerza oscilaban entre 375 y 600. Todos los colaboradores usaron cuatro redes de distinto diseño. Las amarras de proa oscilaban entre 32 y 50 pies. Debido al costo de equipar a cada pescador con un juego de equipamiento de red de arrastre y un medidor de flujo de combustible, no pudimos replicar la mezcla de condiciones operativas (ubicación, caballos de fuerza y tipo/tamaño de arrastre) reclutando co-colaboradores adicionales.

Los resultados de nueve colaboradores indicaron que el nuevo equipamiento de arrastre generó ahorros de combustible inmediatos y, en la mayoría de los casos, considerables [3, 4]. En general, las redes trenzadas Sapphire® generaron un 20% del ahorro de combustible total. En términos de galones por hora, esta opción de cinchas redujo el uso de combustible entre medio galón y un galón y medio de galón por hora. Por supuesto, esto significa que las puertas curvadas generaron el 80% del ahorro de combustible total. Como se muestra en la figura, la menor cantidad de combustible ahorrado fue del 10%, mientras que el máximo ahorro fue del 39%. Como teníamos tan pocos puntos de datos, los resultados de la investigación colaborativa se ilustran usando el rango de ahorro de combustible más distintos valores de percentil. La cantidad media de ahorro de combustible con redes Sapphire® abiertas con puertas curvadas fue del 24%. En el percentil 25 (en el que el 75% de los ahorros de combustible fueron mayores), se registró un ahorro de combustible del 18.4%. En el percentil 75 (en el que solo el 25% de los ahorros fueron mayores) los ahorros de combustible sumaron el 28%. Los diamantes verdes representan los valores de ahorro de combustible de los colaboradores que no están representados por los valores menores, los valores mayores o cualquiera de los valores de percentiles enumerados. Por lo tanto, comenzando al pie del diagrama, los valores de ahorro de combustible representados por los diamantes verdes fueron del 12.2%, luego del 20%, seguidos por el 27% y por último el 33%.

La investigación colaborativa con productores de elite demostró que estas nuevas matrices de arrastre funcionan. El consumo de combustible se redujo, pero la producción de camarón fue igual a las cosechas con la plataforma tradicional utilizada en la pesca del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos. Esto permite que un productor aproveche las tasas de captura récord, pero gastando menos dinero para hacerlo. Como se demostrará en la sección de análisis económico, el nuevo equipamiento de arrastre puede reducir considerablemente los gastos de producción. Como todas las pruebas se realizaron en el sudeste, podemos afirmar que el equipamiento puede resistir lodo y fondo duro, aguas profundas y zonas costeras, y movimientos bruscos. Varios pescadores usaron las puertas eficazmente en las pesquerías costeras de camarón blanco. Sin embargo, se da un uso más extendido de las puertas curvadas en la industria pesquera de alta mar de camarón café.

No hemos realizado investigaciones sobre el remolque del equipamiento curvado a velocidades extremadamente bajas. Sin embargo, algunos operadores informaron dificultades con las puertas cuando la velocidad sobre el fondo era de 2.2 nudos o menor, que es una velocidad de remolque excepcionalmente baja. Volviendo al ejemplo del ala de un avión, debe existir un movimiento hacia adelante suficiente para crear un flujo de aire suficiente sobre la parte superior del ala para reducir la presión atmosférica. Esta diferencia de presión atmosférica entre las partes superior e inferior del ala genera la elevación. Se necesita un movimiento hacia adelante semejante para crear una diferencia de presión bajo el agua que permita a las puertas abrirse hacia afuera. En última instancia, los productores comprometidos a reducir su consumo de combustible resolverán estas preocupaciones excepcionales. Por ejemplo, a una tasa de remolque velocidad sobre el fondo menor, se podría seleccionar un punto de conexión más hacia popa en la estría horizontal para crear un mayor ángulo de ataque que podría abrir las redes completamente.



Para resumir, las puertas curvadas de confección ofrecen la promesa de funcionar en la industria pesquera del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos, pero el trabajo arduo y la dedicación a modificar el diseño original generaron los beneficios genuinos de producción y ahorro de combustible que se informan en este trabajo. Varios operadores han mencionado que querían probar otros estilos de puertas que prometen ahorros de combustible, pero que no se habían probado en la pesca de camarón del Golfo y el Atlántico sur. Mientras que otros diseños en última instancia pueden generar el mismo nivel de ahorro de combustible con producción de camarón equivalente y confiable que las puertas que hemos descrito, debe recordarse que las pruebas, la evaluación y las modificaciones posteriores fueron los verdaderos secretos del éxito.

## Consideraciones de reemplazo, ajuste y mantenimiento

### Consideraciones de reemplazo

Una consideración importante es equiparar las dimensiones apropiadas de la puerta con los tamaños de red esperados. Como regla general, hemos hallado que las puertas curvadas deben tener aproximadamente la mitad del área que las puertas planas que se usan actualmente. Sin embargo, el tipo de cinchas utilizado en la construcción de las redes también influye en el tamaño requerido de la puerta. Por ejemplo, dos redes de 45 pies hechas de nylon requerirían una puerta más grande que dos redes de tamaño similar hechas de Sapphire® o Dyneema® debido a que el nylon de diámetro más largo genera más arrastre.

Cuando remolque cuatro redes de entre 40 y 45 pies, utilice puertas de 1.1 m<sup>2</sup>. Cuando remolque cuatro redes de entre 45 y 50 pies, use puertas de 1.4 m<sup>2</sup>. Las pruebas de mar necesarias para desplegar cuatro redes de entre 50 y 55 pies son preliminares y sugieren que las puertas de 1.4m<sup>2</sup> son marginales en el segundo punto de remolque desde la posición más frontal en la estría horizontal. No se han realizado estudios marítimos sobre las puertas necesarias para desplegar dos redes de entre 55 y 60 pies. Varios colaboradores utilizaron plataformas cuádruples en la pesca del camarón café, pero cambiaron a redes de arrastre de aparejo doble con grifo en la pesca del camarón blanco. Se determinó que se podía utilizar un juego de puertas adecuadamente equiparado con ambas matrices de equipamiento.

Un menor ángulo de ataque reduce la distancia y, a su vez, mejora el ahorro de combustible. Por lo tanto, elija el tamaño de puerta que

permita desplegar las redes completamente cuando las puertas se abren desde el punto de conexión más frontal en la estría horizontal. Esto asegurará el menor ángulo de ataque. Otra opción puede ser elegir una puerta del tamaño mayor siguiente. Con la mayor fuerza de despliegue de una puerta más grande, se puede seleccionar un menor ángulo de ataque en la estría horizontal. Este menor ángulo de ataque en una puerta más grande ahorra más combustible que una puerta más pequeña conectada en un mayor ángulo de ataque (que está en un punto de remolque más a popa en la estría horizontal). Las diferencias en los costos de adquisición entre las puertas de 1.1 m<sup>2</sup> y 1.4 m<sup>2</sup> son de aproximadamente \$50 por puerta, o \$200 por juego. Así mismo, la diferencia de costo entre las puertas de 1.4 m<sup>2</sup> y 1.6 m<sup>2</sup> es de aproximadamente \$50 por puerta. Si tiene dudas, elija el tamaño de puerta mayor siguiente para que el ángulo de ataque necesario se pueda reducir al mínimo y abrir las redes completamente.

### Consideraciones de ajuste

Las puertas no son difíciles de usar, pero la lógica de ajuste es distinta de la de las puertas de arrastre tradicionales.

#### Establecer el ángulo de ataque.

Una de las características únicas de las puertas curvadas es la conexión del cable de remolque a la puerta. Como se muestra en la fotografía, una puerta curvada está equipada con una estría horizontal, una característica ubicada en la parte más externa de la curvatura de la puerta de proa a popa. El conjunto horizontal de agujeros de la estría se utiliza para conectar la puerta con el cable de remolque. Esta conexión es muy inusual en comparación con el sistema de amarras de cuatro cadenas que se ha utilizado tradicionalmente con las puertas planas en la pesca del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos. El agujero de la posición más frontal de la estría horizontal genera el menor ángulo de ataque. A medida que el cable de remolque se conecta en cada punto de remolque a popa del agujero principal, el ángulo de ataque aumenta sucesivamente en 5 grados.

**Ajuste de las amarras de proa/relingas.** Al igual que los múltiples puntos de remolque en la estría horizontal, existen varios agujeros para conectar la red de arrastre a la parte posterior de las puertas (fotografía derecha). Obsérvese que mover la amarra de proa y la relingas a un agujero adyacente altera el ángulo de ataque de la puerta en aproximadamente 2 ½ grados. Sin embargo, este ajuste es lo opuesto de los puntos de remolque en la estría horizontal. En otras palabras, conectar la red en el punto de conexión más frontal aumenta el ángulo de ataque, mientras que conectar la red más a popa en la puerta reduce el ángulo de ataque.



**Estría horizontal representada con distintos puntos de conexión. Estos puntos controlan el ángulo de ataque.**

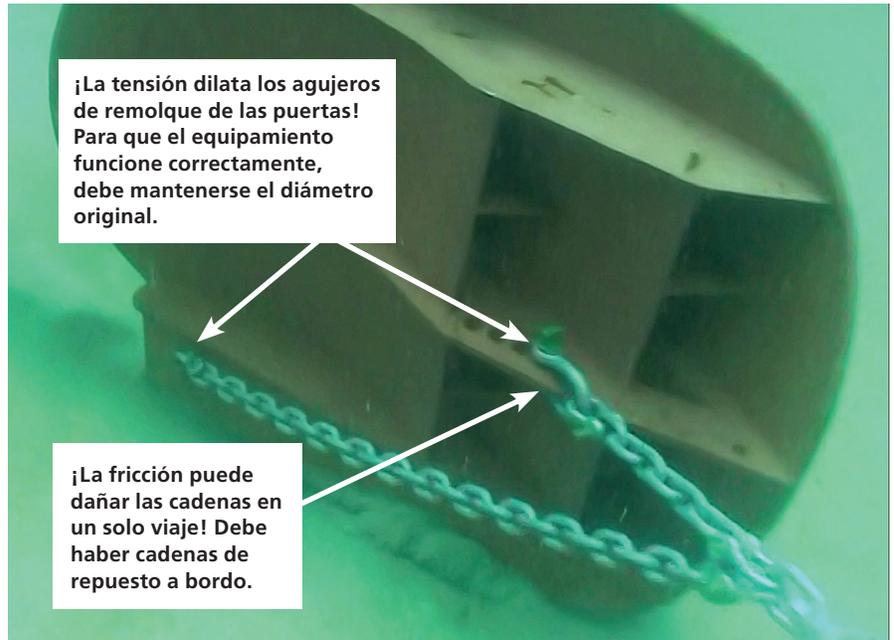
*Establecer el ángulo de ataque*



*Ajuste de las amarras de proa/relingas*

## El mantenimiento periódico es esencial

Para asegurar la estabilidad durante el arrastre, así como la eficacia de producción, los agujeros de remolque de la estría horizontal necesitan mantenimiento periódico, y los cáncamos de la posición inferior de popa de cada zapata necesitan reemplazo periódico. Si no se toman medidas para inspeccionar en busca de desgaste y corregir el desgaste, puede haber pérdida de camarón. La fotografía (derecha) resalta las áreas que necesitan inspecciones periódicas y acciones correctivas cuando se detecta desgaste. En particular, los diámetros de los puntos de remolque de la estría horizontal especificados por la fábrica deben restaurarse (reforzarse) al menos una vez por año. Además, la fricción y la tensión pueden afectar las cadenas utilizadas para conectar las amarras de cadena a la estría horizontal, los cáncamos y el eslabón giratorio que se engancha al cable de remolque. Estas partes necesitan inspección frecuente en busca de desgaste, y no es necesario aclarar que deben llevarse partes de repuesto a bordo.



## Nota sobre la fabricación portuaria de las puertas curvadas

Varios pescadores interesados en las puertas curvadas las han fabricado ellos mismos para reducir costos. El diseño de estas puertas es bastante complejo, con muchas curvas y ángulos. Un pescador que participó del proyecto colaborativo de investigación estaba tan impresionado con el ahorro de combustible generado por las puertas curvadas que decidió construir un conjunto para otro buque de su flota. Al terminar, observó que incluso con acceso a todo el equipamiento fijo de laminado y otro equipamiento metalúrgico, construir cuatro puertas idénticas le llevó más de 40 horas (fotografía derecha). Construir las puertas curvadas en vez de comprarlas puede ser una decisión riesgosa y costosa, debido a que pequeños errores de diseño o fabricación pueden tener consecuencias desastrosas en el rendimiento. Por lo tanto, quienes deseen construir deben saber que las pérdidas de producción derivadas de un diseño o fabricación incorrectos cancelarán cualquier ahorro de costos de la construcción.

Las experiencias de la flota camaronera de Brownsville han brindado ejemplos destacables tanto de métodos buenos como malos de diseño y fabricación. Con el espíritu pionero característico de la industria camaronera, varios propietarios de flotas camaroneras decidieron copiar puertas patentadas y construirlas para su propio uso. Algunas de estas empresas tuvieron éxito con sus puertas construidas. En otros casos, las puertas que no se copiaron idénticamente fueron un fracaso rotundo. Esto no solo le costó a la empresa tiempo y recursos, sino que afectó negativamente el comportamiento de la puerta y, por consiguiente, la producción de camarón. En algunos casos, las puertas mal copiadas sirvieron para en realidad condenar falsamente el concepto del uso de las puertas curvadas, porque los pescadores no entendieron que las puertas funcionaban mal como resultado de errores de diseño o fabricación. Algunos de los errores de fabricación fueron tan dramáticos que las personas familiarizadas con el equipamiento podían reconocer las diferencias con solo mirarlo. Por otra parte, el propietario de una flota grande que ha reducido considerablemente el consumo de combustible a la vez que ha mantenido la captura igual consideró que su buena suerte se debía a haber adquirido las puertas a un proveedor. El gerente de esta flota mencionó sin dudar los fracasos que habían tenido algunos de sus colegas que habían intentado ahorrar dinero construyendo las puertas curvadas con ranuras.



---

# ¿Las puertas de acero curvadas con ranura y las redes fabricadas con fibra Sapphire® trenzada representan una mejor opción económica para la industria de la pesca del camarón con red de arrastre?

## Antecedentes

Entre 1994 y 2001 los precios anuales del diésel fueron en promedio de \$0.74 por galón. Durante los siguientes 11 años, (2002 a 2012) el precio promedio se triplicó a \$2.22 por galón. Este aumento rápido de los precios del diésel afectó a los pescadores de camarón fuertemente. Para 2006, el costo de 66,101 galones — la cantidad promedio utilizada cada año por los colaboradores de SPA — sumaba \$140,399 y era, por mucho, el mayor gasto.<sup>4</sup> Por lo tanto, no debería ser una sorpresa que prácticamente el 40% de los 2,666 pesqueros de arrastre de alta mar con permiso federal estuvieron inactivos ese año debido a los precios altos récord del combustible sumado a los precios bajos históricos del camarón.

La investigación financiada por Texas Sea Grant con pescadores del Golfo y el Atlántico sur documentó una reducción del consumo de combustible de entre el 10% y el 39% con el uso del equipamiento de ahorro de combustible (compuesto de puertas de acero curvadas con ranuras y redes fabricadas con fibras trenzadas Sapphire®). La reducción del uso de combustible es un tema, pero los colaboradores también verificaron que las capturas eran iguales a las producidas con el equipamiento de arrastre tradicional (compuesto por puertas de arrastre de madera y redes de nylon) cuando se usaban los dos tipos de equipamiento para pescar. Los primeros usuarios del equipamiento de ahorro de combustible también observaron que las puertas y las redes tenían una vida útil mucho mayor que el equipamiento tradicional. El viejo dicho de que “lo barato sale caro” es definitivamente apropiado en esta situación porque las características de reducción del consumo de combustible junto a las tasas iguales de captura y una vida útil mucho mayor tienen un precio. En particular, el complemento de equipamiento de arrastre de ahorro de combustible necesario para sustituir el sistema de arrastre de un operador existente costaba en 2010 \$13,570 frente a \$8,965 por un sistema de arrastre tradicional. La diferencia de \$4,605 representa un aumento del 51%. Después de años de supervivencia, el pensamiento inicial de gastar más para adquirir el equipamiento de pesca necesario puede parecer una decisión poco inteligente para aquellos pescadores que han sufrido la crisis económica que comenzó en 2001. Por su puesto, pagar más por un insumo como el combustible cuando la misma calidad está disponible en otro lugar a un precio menor siempre resultará en menores ingresos para un buque, con los otros costos iguales. Sin embargo, ante dos opciones de bienes durables como los equipos de arrastre, un precio más elevado puede no tener el mismo efecto sobre el ingreso en el tiempo si la opción más costosa es más eficaz o tiene una vida útil más prolongada. Por tanto, la elección entre el equipamiento de arrastre de tradicional y el equipamiento de ahorro de combustible es si los costos adicionales por un equipamiento más eficaz se compensan con los ahorros por menores gastos en combustible y una mayor duración.

Para tomar esta decisión, son necesarios tres pasos. El paso 1 estima los costos de caja anuales futuros atribuibles tanto a las plataformas tradicionales como al equipamiento de ahorro de combustible para cada año que se estime durará el sistema de pesca con red de arrastre. Este paso es el

que más tiempo lleva porque cualquier consideración diferente debe incorporarse en cada estimación de costos anuales para cada año del horizonte de planificación. Por ejemplo, ¿qué ocurrirá con los precios del combustible y otros gastos de producción en el futuro? ¿Qué información existe para sugerir si los precios de los costos se mantendrán, aumentarán o disminuirán, así como para predecir esos aumentos o disminuciones anuales en los precios? Para resumir, el paso uno crea dos conjuntos de costos de caja anticipados para cada año del horizonte de planificación que son importantes para cada opción de equipamiento. Estos costos de caja anuales se dan durante varios años, por lo que es necesario un conjunto adicional de cálculos. Estos cálculos adicionales son necesarios porque los costos de caja (gastos) o ingresos que ocurren en distintos años no se pueden comparar directamente hasta estandarizar sus valores en el mismo punto en el tiempo [5]. Por tanto, el segundo paso requiere que todos los costos de caja futuros estimados se puedan convertir apropiadamente a los valores actuales; en otras palabras, a sus valores del momento. Convertir un valor futuro estimado a su valor actual requiere información adicional que se analizará más adelante en esta sección. El paso tres compara los valores actuales de los costos de caja generados por cada tipo de equipamiento a lo largo de la vida útil esperada de las dos opciones de inversión. Este proceso de tres pasos determinará qué equipamiento de arrastre tendrá como resultado una reducción de los costos de caja de producción de una empresa hipotética de pesca del camarón con red de arrastre. Estos tres pasos definen el valor actual neto (VAN), una herramienta de decisión arraigada en los conceptos económicos que se usa ampliamente para evaluar los gastos de capital, como el equipamiento de pesca con red de arrastre, que puede durar más que un único ciclo operativo de 12 meses.

En la siguiente sección se introduce el concepto de VAN y se analiza cómo deben interpretarse los resultados del análisis. El propósito de esta sección es simple. Los propietarios y gerentes necesitan un marco de toma de decisiones que evalúe objetivamente las opciones de inversión en aportes durables que afectarán económicamente la empresa camaronesa a lo largo de varios años. En la actualidad, tomar la decisión correcta es crucial debido a los costos que afectaron a los pescadores entre 2001 y 2010. La razón: para muchas operaciones que sobrevivieron, la suma de las ganancias retenidas más el ingreso actual puede ser insuficiente para proteger la operación de los efectos de una opción de inversión incorrecta que no se puede deshacer inmediatamente. Es nuestro deseo que los lectores usen este ejemplo de estudio de caso de opción de equipamiento de arrastre para dos propósitos. El propósito principal analiza si el equipamiento más costoso con una vida útil más larga y mayor eficacia puede reducir los gastos de producción y, por tanto, aumentar los ingresos a futuro. El segundo

<sup>4</sup> Por el contrario, entre los propietarios de pesqueros de arrastre de camarón de Texas que participaron del proyecto de investigación SPA, el costo promedio anual del diésel en el periodo estudiado de 1986 a 1997 fue el mayor costo de aporte después de la comisión a la tripulación y las reparaciones y mantenimiento.

propósito es examinar cómo se realizó este análisis de VAN para generar resultados teóricamente correctos. Después de todo, siempre habrá gastos de capital que se promocionan como ayuda para hacer las cosas mejor, más rápido o a un costo menor. Cada uno de esos gastos supone un compromiso monetario. La mejor manera, y la más objetiva, de determinar si se debe comprometer el dinero a esos gastos de capital es con un análisis de VAN. Al igual que unos planos, el proceso VAN le permitirá estimar lo que piensa que ocurrirá en el futuro antes de comprometerse con un curso de acción específico.

En última instancia, los resultados del VAN o refutarán o defenderán la idea de que invertir en equipamiento de arrastre de ahorro de combustible en la actualidad puede reducir los costos totales de producción en el futuro. Por supuesto, otras circunstancias de su operación pueden desempeñar un papel más importante en la elección del equipo de arrastre que los resultados de VAN.

## Comprender el valor actual neto e interpretar los resultados

**¿Qué es el valor actual neto?** El análisis de VAN utiliza los gastos e ingresos de capital proyectados para estimar el rendimiento económico (no la ganancia contable) de un gasto de capital a lo largo de su vida útil esperada.<sup>5</sup> El rendimiento económico se mide restando el valor actual de todos los gastos de capital futuros del valor actual de todos los ingresos de capital futuros. El VAN se mide en dólares, y el valor puede ser positivo, cero o negativo.

Comparar el rendimiento de distintos gastos de capital es la base del análisis de VAN. Por ejemplo, el VAN suele utilizarse para clasificar distintas inversiones posibles en consideración. El VAN también se utiliza para ayudar a los gerentes a decidir entre proyectos incompatibles (es decir, cuando solo puede elegirse una opción). La elección de equipamiento de pesca con red de arrastre es un ejemplo de dos proyectos incompatibles en los que el rendimiento esperado de cada tipo de equipamiento se estima y compara porque solo se puede elegir un tipo de equipamiento.

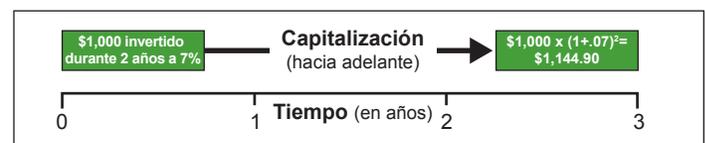
Tres características principales del VAN lo convierten en una herramienta superior y exhaustiva de análisis. Primero, el VAN considera la vida útil completa del gasto de capital, no una parte sola.<sup>6</sup> La segunda característica clave del VAN es el cumplimiento de un principio denominado el valor temporal del dinero. El valor temporal del dinero establece que un dólar en mano en la actualidad vale más que un dólar prometido a futuro. El mayor valor otorgado al dinero que tenemos en la actualidad es resultado de la posibilidad de poder usar o invertir el dinero y tomar una ganancia. Por el contrario, el dinero prometido a futuro vale menos en la actualidad porque no le damos uso, sea para consumo o para inversión y es, en realidad, ape-

nas una promesa. Las herramientas de análisis que no toman en cuenta el valor temporal del dinero no pueden valorar correctamente los flujos de capital futuros, y en general han sido rechazadas por las personas responsables de evaluar y comparar el rendimiento económico de los gastos de capital. El tercer atributo que impulsa al VAN a la cima de las herramientas de análisis es el uso de un costo de capital determinado por el mercado para convertir los flujos de caja futuros a sus valores actuales. Estas tres características apoyan el propósito principal del análisis de VAN, que es identificar los gastos de capital que agregan valor a la empresa porque resaltan las opciones que exceden el costo de capital para la empresa determinado por el mercado.

Consideraciones como el valor temporal del dinero y los costos de capital determinados por el mercado pueden parecer ideas nuevas. En realidad, ambos conceptos están arraigados en cómo la mayoría de nosotros piensa acerca del dinero que invertimos y qué referencias debemos usar para evaluar los resultados de inversión esperados. Estos dos asuntos afectan directamente cómo se calcula el VAN de un gasto de capital, pero ambos tienen la misma importancia debido a lo que nos indican acerca del rendimiento de un gasto de capital propuesto.

**¿Cómo se calcula el valor temporal del dinero?** Debido a que el gasto de capital se extiende más allá de un ciclo operativo de 12 meses, todas las proyecciones de flujo de caja a lo largo de la vida útil de una inversión propuesta deben convertirse a sus valores actuales para realizar comparaciones de flujos de capital en términos comparables. Solo cuando se estandarizan los flujos netos de caja futuros en un mismo punto en el tiempo se puede estimar correctamente el rendimiento económico y compararlo con otros gastos de capital propuestos.

Los cálculos de valor temporal del dinero se realizan en dos direcciones. Hacia adelante en el tiempo, la expectativa es ganar intereses sobre un capital con el correr del tiempo. Cuando se mira hacia adelante, se comienza con un valor actual (VA) y se calcula un valor futuro (VF). La fórmula para calcular el VF es:  $VF = VA \times ((1 + i)^n)$ , donde "i" representa la tasa de interés ofrecida y el exponente "n" representa el número de periodos (por lo general años) que crecerá el VA.<sup>7</sup> Como se ilustra en el diagrama, una inversión de \$1,000 en una cuenta que paga el 7% de interés en 2 años genera un valor futuro de \$1,144.90 para fines del segundo año. El valor agregado es resultado de la combinación del interés pagado sobre la cantidad inicial y el número de periodos en que se paga interés.



<sup>5</sup> Las ganancias contables son sensibles a los cambios en los métodos contables. Por lo tanto, el ingreso neto se puede cambiar si se valúa el inventario de manera diferente, o mediante cambios en los métodos de depreciación. Rao [5] observa que "las malas inversiones no deben convertirse en buenas mediante cambios de política contable inducidos por la gerencia". Para asegurar una evaluación precisa de las inversiones propuestas, el VAN estima y compara los flujos de capital que no se ven afectados por las técnicas contables.

<sup>6</sup> El método de recuperación es un ejemplo de herramienta de evaluación que solo considera una parte de la vida útil esperada. La recuperación calcula el número de unidades (periodos de tiempo, galones de combustible consumido, etc.) necesarias para recuperar la inversión. Este método es simple y rápido, pero se limita a evaluar solo una parte de los beneficios del equipamiento que dura por varios años. Lamentablemente, el análisis termina una vez que se calcula la recuperación. El análisis de recuperación se preocupa principalmente por una recuperación rápida, y no puede estimar el rendimiento económico resultante de la inversión en una nueva tecnología. Este enfoque hace que sea imposible determinar si la inversión tendrá beneficios económicos.

<sup>7</sup> Cuando se calcula un valor futuro, multiplicar el VA por la expresión  $(1 + i)^n$  genera un valor mayor, y se denomina Factor de valor futuro para una suma alzada que crece a una tasa de interés  $i$  durante  $n$  años o  $FVF_{i,n}$ .

Por otra parte, ¿cuánto vale en la actualidad el valor futuro? Si le ofrecieran \$1,000 en 2 años, ¿cuál es la mayor cantidad que pagaría por esa oferta en la actualidad? En otras palabras, ¿cuál sería el VA de esos \$1,000 prometidos a 2 años? Aquí, comenzamos con un VF y trabajamos hacia atrás para calcular el VA. Todos los elementos que se utilizan para calcular un VA son los mismos que cuando nos movemos hacia adelante en el tiempo (es decir, la tasa de interés “i” y el número de periodos “n”), pero ahora multiplicamos el VF por la expresión  $(1 \div (1 + i)^n)$ . La fórmula se convierte en  $VA = VF \times (1 \div (1 + i)^n)$ .<sup>8</sup> Como se muestra en el diagrama, la mayor cantidad que debería pagar por la promesa de \$1,000 en 2 años — asumiendo que el capital puede ganar 7% en otra parte — sería \$873.44. Trabajar hacia atrás en el tiempo para calcular un VA se denomina descuento, y el valor porcentual utilizado para convertir un VF en su VA (7% en este ejemplo) se denomina tasa de descuento.

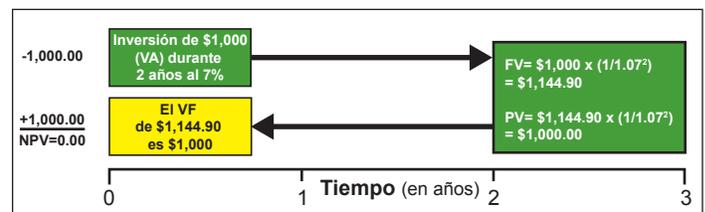


**¿Cuál es el costo determinado por el mercado del capital de una empresa y por qué es importante?** La elección entre opciones siempre significa un sacrificio. Un beneficio perdido —como renunciar a la posibilidad de obtener una ganancia por el capital de su empresa— es un sacrificio que ocurre cuando elige usar esos fondos para un gasto de capital como un equipamiento de pesca con red de arrastre más costoso de ahorro de combustible. Este sacrificio se denomina un costo de oportunidad y es el verdadero costo económico de una elección.

La opción de una tasa de descuento debe reflejar cuánto puede ganar el capital de una empresa. Por lo tanto, la tasa de descuento es un costo de capital de oportunidad determinado por el mercado (es decir, a lo que la empresa renunciaría al hacer la inversión propuesta) [5]. Si el capital de su empresa en la actualidad gana 7%, la mejor tasa disponible, entonces el costo de capital de oportunidad determinado por el mercado de su empresa es 7% debido a que la tasa es la opción de mayor valor a la que renunciaría para realizar una inversión de capital en un equipamiento de pesca con red de arrastre nuevo. Esa es la razón por la que la tasa de descuento suele denominarse la tasa de retorno requerida que la inversión propuesta debe superar para mejorar el bienestar económico de la empresa con la inversión propuesta.

Anteriormente se mencionó que clasificar y comparar el rendimiento de posibles gastos de capital es la esencia del proceso de VAN. Una comparación requiere al menos dos opciones. La elección incompatible entre los tipos de equipamiento de pesca con red de arrastre que hemos descrito es un ejemplo típico. Cuando se utiliza el costo de capital de oportunidad determinado por el mercado como tasa de descuento para convertir flujos de caja futuros a sus valores actuales, el VAN del proyecto propuesto se compara automáticamente con lo que su empresa podría ganar.

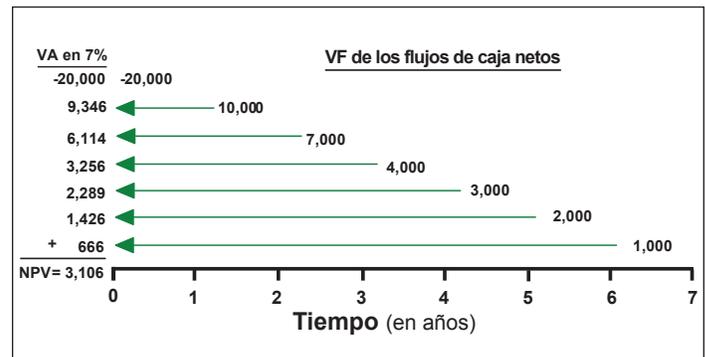
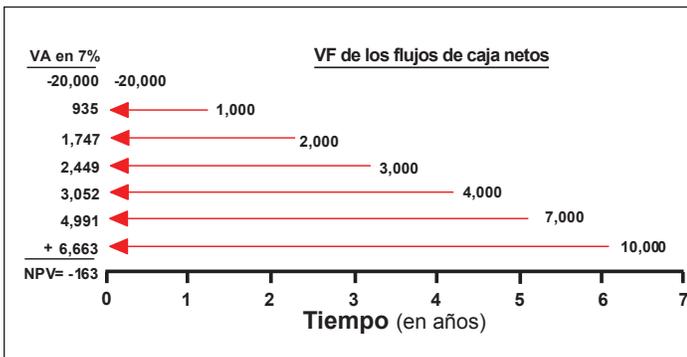
La comparación funciona de la siguiente manera. Primero, calculemos el VAN de lo que su capital podría ganar. Cuando todos los flujos de caja futuros de su capital invertido se descuentan a sus valores actuales usando el costo de capital de oportunidad, se genera un valor en dólares. Como se ilustra en el diagrama, la consideración del VAN de esa inversión comienza con una salida de efectivo de \$1,000 en el año 0. Esos \$1,000 crecen a un VF de \$1,144.90 para el final del año 2, pero el VAN requiere que se descuenta ese VF del VA. El VA de los \$1,144.90 es \$1,000. Al restar el VA de las salidas de capital del VA de los ingresos de capital se genera el VAN calculado de lo que el capital de su empresa puede ganar (es decir, su siguiente mejor opción). El VAN de su siguiente mejor opción siempre es cero. Esto no significa que no se ganó nada con la inversión a 2 años al 7%. En realidad, su riqueza (es decir, su ganancia contable) se incrementó en \$144.90 cuando se ajustó al 7%. Sin embargo, cuando se consideró como un proyecto de inversión, renunció al uso de \$1,000 en el año 0 para permitir que el banco utilice su dinero, por lo que el año cero cuenta como una salida de efectivo.



**¿Cómo se interpretan los resultados del VAN?** Cuando utiliza el costo de capital de oportunidad determinado por el mercado como la tasa de descuento, si el VAN del gasto de capital propuesto es mayor que cero, entonces el VA de los rendimientos de caja netos del proyecto propuesto excederán lo que el capital puede ganar. Si el valor actual neto calculado de la inversión propuesta es cero, entonces la inversión propuesta será igual a lo que podría ganar con su siguiente mejor opción. Por último, si el valor actual neto calculado es menor que cero, entonces el valor actual de los rendimientos de caja de la inversión propuesta será menor que lo que podría haber ganado con su siguiente mejor opción.

<sup>8</sup> Cuando se calcula el valor actual, multiplicar el VF por la expresión  $(1 \div (1 + i)^n)$  genera un valor menor, y se denomina factor de valor actual para una suma alzada descontada a una tasa de interés  $i$  durante  $n$  años o  $PVFi^n$ . En el análisis de VAN, el valor de  $n$  durante el primer año del horizonte de planificación es cero, no uno. Elevar cualquier valor al valor exponencial de cero es igual a uno. Esta es la razón por la que los VA de los flujos de caja en el año 0 siempre son iguales al valor del flujo de caja actual en el año 0 debido a que  $(1 \div (1 + 0.03)^0)$  se simplifica como  $(1 \div (1 + 0.03)^0)$  que es igual a 1. Por lo tanto, en el año 0, multiplicar un VF por un FVA de 1 es igual tanto al VF como al VA.

**Resumen del proceso VAN con ejemplos.** Cuando se consideran dos inversiones posibles, tanto el tamaño de los flujos de caja netos y el momento en el que ocurren tienen un gran impacto en el VAN calculado de cada opción. En el diagrama de la izquierda (abajo) se muestra una inversión de \$20,000 en el año 0 para adquirir una máquina y una serie de flujos de caja netos positivos durante los siguientes 7 años. En esta opción, los flujos de caja netos futuros se incrementan en el tiempo. Cuando todos los valores futuros se convierten a los valores actuales usando un costo de capital de oportunidad determinado por el mercado de 7% y se suman, el VAN de esta inversión es negativo, por lo tanto elegir esta opción reduce el bienestar económico de la empresa. En otras palabras, si la empresa no invierte en este proyecto tendrá más dinero. Considere otra opción de inversión (diagrama derecho, abajo). El costo de la máquina es el mismo y la suma de los valores futuros de los flujos de caja netos son idénticos, pero estas cantidades ocurren en distintos periodos de tiempo que en el ejemplo anterior. Cuando se descuentan estos flujos de caja netos futuros a sus valores actuales a la misma tasa de 7% y se suman, el VAN es mayor que cero. En esta instancia, el tiempo de los flujos de caja netos genera un mejor resultado debido a que, al final de los siete años, la empresa habrá ganado más allá del costo de oportunidad determinado por el mercado. La elección de esta inversión mejoraría el bienestar económico de la empresa. La razón: al contabilizar el verdadero costo de la inversión en el horizonte de planificación de 7 años, el valor actual neto calculado (es decir, el valor actual de los ingresos de efectivo menos el valor actual de las salidas de capital requeridas) es igual a \$3,106.



Las dos inversiones hipotéticas a 7 años mencionadas anteriormente ilustran por qué el valor temporal de dinero y el costo de oportunidad determinado por el mercado son partes esenciales de la potencia del análisis de VAN. Si solo se consideran los valores futuros, la diferencia entre el desembolso inicial de \$20,000 y la suma de todos los flujos de caja netos futuros (que eran idénticos a \$27,000) serían de \$7,000 para ambas opciones de inversión. Sin embargo, cuando se descuentan los flujos de caja de cada año a sus valores actuales, la segunda opción surge como ganadora indiscutible. Lo que ilustran estas dos inversiones hipotéticas es que cuanto más lejos en el tiempo se espera el flujo de caja neto, su valor actual es menor. Lo que ofrece el enfoque VAN es una comparación en términos comparables entre proyectos debido a que todos los flujos de caja futuros se convierten a sus valores actuales mediante el proceso de descuento. Así mismo, cuando el costo de oportunidad determinado por el mercado se utiliza para descontar los flujos de caja futuros a sus valores actuales, el VAN de cada inversión propuesta se compara con la siguiente mejor opción de la empresa. En esta primera instancia (el diagrama de la izquierda, arriba) el VAN es menor de lo que la empresa podría generar sin realizar el proyecto. (Recuerde que el VAN de lo que su capital puede ganar es siempre cero.) La segunda instancia genera un VAN que excede el rendimiento disponible para invertir su capital al 7%, entonces aceptar esa opción de inversión agregaría un valor adicional a la empresa.

Ambos diagramas (arriba) que ilustran el VAN de las dos inversiones cuando los flujos de caja eran iguales pero ocurrieron en distintos años presentan una inversión tradicional en la que, después del desembolso inicial en el año cero, los flujos de caja netos futuros son positivos. Sin embargo, en el caso que nos ocupa, la opción de equipamiento de pesca con red de arrastre se considera una inversión *de ganancia neutra y reducción del costo*. Recuerde que los pescadores colaboradores tuvieron capturas de camarón iguales pescando simultáneamente tanto con el tipo de equipamiento tradicional como con el equipo de ahorro de combustible. Como la producción y, por tanto, las ganancias permanecen iguales sin importar el equipamiento elegido, solo los costos de caja de producción atribuibles a los dos tipos de equipamiento de pesca con red de arrastre se consideran en este análisis de VAN. Un aspecto especial de una inversión de ganancia neutra y reducción del costo es que todos los valores estimados serán negativos, debido a que reflejan estrictamente los costos de caja de producción. En estas circunstancias, el criterio de aceptación de VAN cambia de manera tal que el VAN menor y negativo (en otras palabras, el valor más cercano a cero) refleja la mejor inversión.

---

## *Suposiciones, necesidades de información y fuentes de información utilizadas para comparar el valor actual neto de cada elección de equipamiento de pesca con red de arrastre*

Antes de realizar cualquier estimación de costos de caja de producción esperados, son necesarias varias suposiciones sobre las condiciones futuras y el rendimiento esperado de ambos tipos de equipamiento. Cuatro elementos enmarcan el clima operativo al que pensamos se enfrentarán los pescadores de camarón en el futuro. Estos son (a) establecer el número de años considerados para el análisis de VAN, (b) estimar los precios anuales futuros del combustible, (c) estimar los precios futuros de otros insumos que necesitan los pescadores y (d) seleccionar tanto una cantidad de referencia de combustible utilizada por año como un valor de reducción del combustible esperado con el equipamiento de ahorro de combustible. El primer elemento es un cálculo especificado en el proceso de VAN que requiere una opinión. Los otros tres elementos son suposiciones sobre el futuro clima operativo.

El VAN es un proceso directo que produce una respuesta. Lo que es más importante, las suposiciones realizadas sobre el clima operativo, las vidas útiles esperadas del equipamiento, sumados a los costos de adquisición y mantenimiento anuales determinan la precisión del análisis. En otras palabras, un resultado de VAN es tan bueno como las opiniones, suposiciones y pronósticos realizados sobre las futuras circunstancias operativas. Por lo tanto, es razonable examinar estas opiniones, suposiciones y pronósticos porque las creencias de todas las personas sobre el futuro son diferentes. El resto de este párrafo resalta la información que utilizamos en el análisis de VAN. Para estimar las vidas útiles esperadas del equipamiento de pesca con red de arrastre tradicional y del equipamiento de ahorro de combustible y los precios en 2010 de las puertas y las redes, además de los servicios como la revisión y la inmersión de las redes, confiamos en opiniones expertas de pescadores de elite, gerentes de flota y propietarios de empresas

de suministros marítimos. Por necesidad, las estimaciones de vida útil esperada de las puertas curvadas de acero y redes Sapphire® trenzadas proviene de los primeros en utilizar este equipamiento. Estas opiniones tal vez estén más allá de la vida útil esperada que otros operadores puedan considerar. Por lo tanto, para ser conservadores, quitamos un poco del tiempo en las estimaciones de vida útil esperada.<sup>9</sup> Para estimar los precios futuros del combustible diésel, nos basamos en la predicción publicada en 2010 por el U.S. Department of Energy (DOE) [6]. Para estimar el uso de combustible anual esperado para pesqueros de arrastre de alta mar, utilizamos información reunida en el programa SPA entre 1986 y 1997. [1] Los datos de ahorro de combustible se generaron mediante el protocolo de cuatro pasos utilizado por los pescadores en el proyecto colaborativo de investigación [pp. 8-9 más arriba y referencias 3 y 4].

---

<sup>9</sup> Western Seafood y otros usuarios han utilizado las puertas de acero curvadas con ranuras desde 2006, lo cual sugiere una vida útil de 8 años. Un operador de elite observó que con el mantenimiento anual apropiado y el reemplazo de las zapatas (cuando era necesario) las puertas de acero podían durar mucho más. Establecimos una vida útil de 7 años para las puertas de acero con reemplazos al principio de cada octavo año.

**Uso de la vida útil de las puertas de madera y de las puertas de acero para establecer un marco temporal para el análisis de VAN.**

El paso principal de un análisis de VAN es determinar el número de años considerados. En esta instancia, realizamos una evaluación que compara los valores actuales netos de dos opciones de equipamiento de pesca con red de arrastre. Esta comparación indicará qué opción de equipamiento mejora el bienestar económico de la empresa. Por lo tanto, es una competencia entre los resultados esperados que generan el equipamiento tradicional y el equipamiento de ahorro de combustible, debido a que solo puede elegirse un tipo de equipamiento. Cuando solo se puede elegir una opción de inversión entre varios competidores, y si es necesaria una reinversión periódica en el equipamiento para continuar la actividad (la pesca del camarón con red de arrastre del camarón en este caso), estas condiciones exigen que se evalúe el rendimiento esperado de cada opción durante el mismo número de años para generar resultados teóricamente correctos [7] Por lo tanto, en lugar de elegir un número arbitrario de años para el análisis, el proceso de VAN incluye un procedimiento que estandariza las vidas útiles económicas que existen entre las opciones de inversión recurrentes en competencia. Este procedimiento se denomina método de cadena de sustitución y calcula el número de años necesarios en el análisis para que cada tipo de equipamiento finalice su vida útil en el mismo periodo. Tomar en cuenta esas diferencias en las vidas útiles económicas puede requerir un marco temporal mayor que la vida útil esperada de la opción más larga. Por lo tanto, el método de cadena de sustitución no solo exige la inversión inicial, sino que también puede requerir reinversiones reiteradas.

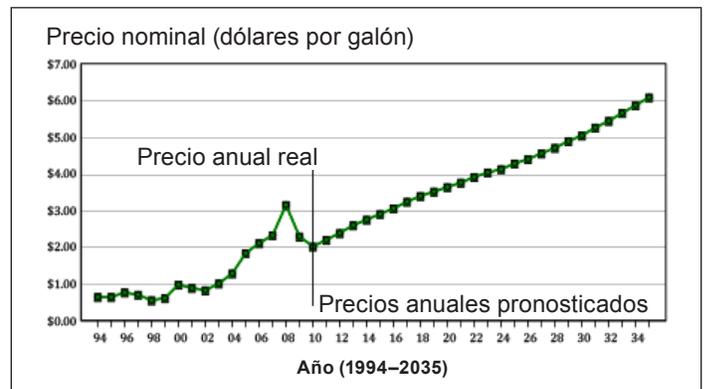
En la pesca de alta mar, las puertas de madera se reemplazan aproximadamente cada 2 años mientras que las puertas de acero duran 7 años. Para hallar el **menor** número de años de manera que cada

tipo de puerta termine su vida útil en el mismo periodo, se multiplican las dos vidas útiles esperadas. Por lo tanto, se usará un intervalo de 14 años que comienza el 1.º de enero de 2010 y termina el 31 de diciembre de 2023. Asumimos que los dos conjuntos de puertas se adquieren inicialmente en 2010 y se reemplazan en el mes de enero que sigue al fin de su vida útil. En la tabla se muestran los años en que deben reemplazarse las puertas después de su adquisición inicial. En el lapso de 14 años, las puertas de madera se reemplazarán seis veces a partir de la inversión inicial, mientras que las puertas curvadas se reemplazarán solo una vez. Ambos tipos de puerta terminan su vida útil en diciembre de 2023.

Vidas útiles estandarizadas con la cadena de sustitución		
Año	De madera	De acero
2010	Cada conjunto de puertas adquirido inicialmente en enero de 2010	
2011		
2012	Reemplazo en enero	
2013		
2014	Reemplazo en enero	
2015		
2016	Reemplazo en enero	
2017		Reemplazo en enero
2018	Reemplazo en enero	
2019		
2020	Reemplazo en enero	
2021		
2022	Reemplazo en enero	
2023		
2024	Cada conjunto de puertas se reemplaza en enero	

**Estimar los precios futuros del diésel.** En la tabla se muestran los precios reales anuales del diésel industrial entre 1994 y 2009, y los precios pronosticados desde 2010 hasta 2035. Desde 2010 hasta 2035, el pronóstico del DOE sugiere que los precios del diésel aumentarán en aproximadamente \$0.15 por galón cada año [6]. Esto significa que cada 7 años, el precio anual pronosticado aumenta en \$1.05 por galón. Sin embargo, es importante mencionar que este pronóstico solo refleja una tendencia. Interrupciones en el suministro, regulaciones adicionales que limiten el azufre y otros factores pueden afectar notablemente los precios reales. Por ejemplo, el valor pronosticado para 2012 sugería \$2.405 por galón, mientras que el precio real del diésel para ese año fue de \$3.49, un aumento de \$1.09 por galón o 45% sobre la estimación del DOE.

El pronóstico del DOE publicado es ciertamente justificable, y refleja un enfoque conservador con respecto a los aumentos de los precios de los combustibles. Entre 2010 y 2023, el precio promedio pronosticado fue \$3.11 por galón. Por supuesto, un aumento de los precios del diésel beneficia a cualquier bien con capacidad de ahorro de combustible, pero recuerde que la búsqueda de un equipamiento que redujera el impacto de los precios récord del diésel fue la principal razón para la evaluación y la modificación de las puertas curvadas.

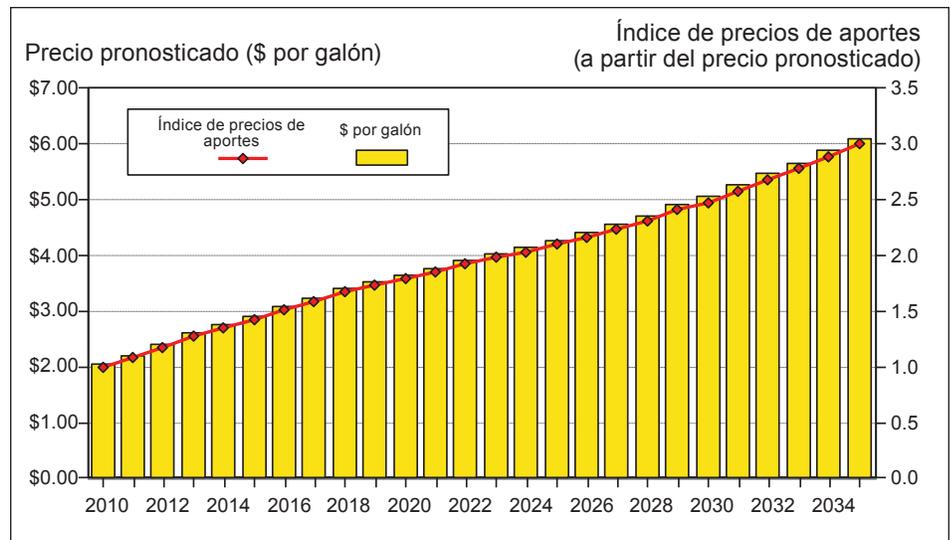


### Estimación de los precios futuros de otros gastos.

La inflación es una preocupación, especialmente en los productos petrolíferos utilizados para fabricar redes, inmersión de redes, etc. El U.S. Bureau of Labor Statistics sigue de cerca los precios que reciben los productores por su producción mediante un conjunto de distintos índices denominados conjuntamente Índice de precios al productor (Producer Price Index). Sin embargo, existen algunos pronósticos anuales para los precios futuros esperados para los gastos que los pescadores de camarón requieren que se extienden en 14 años. Como se mencionó anteriormente, los precios unitarios de los servicios de revisión y adquisición y mantenimiento anual del equipamiento de pesca con red de arrastre se obtuvieron en 2010 mediante entrevistas a la industria. Como estos aportes son necesarios a lo largo de un marco temporal de 14 años, fue necesario algún método para inflar los precios de 2010.

Para estimar los precios unitarios futuros de los aportes distintos del combustible, se creó un índice de precios de aportes a partir del pronóstico del diésel de 26 años del DOE. Como se muestra en la tabla (arriba), las barras amarillas representan los precios anuales pronosticados del diésel. La línea roja, el índice de precios de aportes, se derivó dividiendo el precio del diésel pronosticado entre el precio de 2010. El eje derecho, rotulado "Índice de precios de aportes", muestra los aumentos de cero a 3.5.

Como se muestra en la figura (arriba) y en la tabla (derecha), debido a que los precios pronosticados del diésel oscilan entre \$2.038 (en 2010) y \$6.11 (en 2035), el índice de precios de aportes calculado comienza en 1.0 y aumenta a 2.998. Este índice permite que un precio en 2010 para un aporte como el mantenimiento de las puertas, una revisión, inmersión de redes, reinversión en puertas y redes, etc. aumente con el tiempo. El precio unitario futuro estimado se calcula multiplicando el precio de 2010 por el número del índice para el año en que se realizó el gasto. Según la tabla, para aumentar un precio de 2010 a la cantidad esperada en 2017, se ubica la



Año	\$ por galón	Índice	Año	\$ por galón	Índice
2010	2.038	1.000	2023	4.035	1.980
2011	2.203	1.081	2024	4.139	2.031
2012	2.405	1.180	2025	4.280	2.100
2013	2.602	1.277	2026	4.415	2.166
2014	2.755	1.352	2027	4.559	2.237
2015	2.907	1.426	2028	4.724	2.318
2016	3.084	1.513	2029	4.910	2.409
<b>2017</b>	<b>3.242</b>	<b>1.591</b>	2030	5.056	2.481
2018	3.406	1.671	2031	5.262	2.582
2019	3.536	1.735	2032	5.468	2.683
2020	3.662	1.797	2033	5.663	2.779
2021	3.775	1.852	2034	5.878	2.884
2022	3.916	1.921	2035	6.110	2.998

intersección del año y el índice y se utiliza ese valor de índice. Por ejemplo, si en 2010 el precio de la inmersión de redes es \$2,000, entonces el precio estimado para 2017 sería  $\$2,000 \times 1.591$ , o \$3,182.

### Comparación del uso de combustible anual esperado entre la plataforma tradicional y el equipamiento de ahorro de combustible.

Para este análisis, la cantidad de referencia de combustible usado por año con el equipamiento tradicional se estimó en 66,101 galones, el valor medio de 12 años calculado a partir de los datos de SPA [1]. Otra variable clave en este análisis comparativo fue el ahorro de combustible, pero ¿qué nivel de ahorro de combustible debe usarse? La investigación colaborativa demostró ahorros de combustible entre el 10% y el 39%. Sin embargo, con un conjunto de apenas nueve pescadores participantes del proyecto colaborativo de investigación (debido a limitaciones de financiamiento), debemos utilizar un valor promedio debido a diferencias en (a) tamaño de la puerta, (b) tipo y tamaño de la red, (c) caballos de fuerza y (d) ubicación de pesca. Por el contrario, elegimos el conservadurismo y utilizamos una reducción del 10% en el uso de combustible para el análisis de VAN. Esta fue la menor cantidad de combustible ahorrada en el trabajo de investigación colaborativa [3, 4]. Usar 10% menos de la cantidad de referencia de 66,101 cada año reduce el consumo anual esperado a 59,491 galones.

## Paso uno: Estimación de los costos de caja esperados atribuibles al equipamiento tradicional y a las puertas curvadas/redes Sapphire®

Las siguientes tres subsecciones demuestran el procedimiento utilizado para determinar si la inversión en equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible en la actualidad tiene sentido económicamente en el lapso de 2010 a 2023. Mientras que el objetivo principal es demostrar cómo se toma esa decisión, también deseamos demostrar cómo se puede utilizar el enfoque

de VAN cuando se contempla una inversión de dinero para un bien que dura muchos años. Este primer paso es esencialmente la organización de su experiencia y sentido común con Microsoft Excel. Una vez creada y verificada la hoja de cálculo, es simple cambiar un valor y calcular automáticamente el nuevo resultado.

**Estimar el uso anual de combustible con cada tipo de equipamiento.** En la tabla de la izquierda (derecha) se muestra la cantidad de combustible utilizado cada año cuando se utiliza el equipamiento tradicional con un total que muestra el uso de combustible acumulado en el tiempo. La columna final, que muestra el costo anual estimado de esos 66,101 galones, se calcula multiplicando los precios unitarios de combustible pronosticados para cada año (que se muestran en la tabla de la página anterior) por el uso anual. En la tabla de la derecha (derecha) se muestran las cantidades anuales utilizadas con el equipamiento de ahorro de combustible más los galones quemados acumulados en el intervalo de 14 años. Los costos anuales para esos 59,491 galones se muestran en la columna derecha exterior. En el horizonte de planificación, el equipamiento tradicional utiliza 925,414 galones de diésel, que es 92,450 galones más que el equipamiento de ahorro de combustible, para producir la misma cantidad de camarón.

Uso de combustible de referencia con el equipamiento tradicional			
Año	Uso anual	Uso acum.	Costo anual
2010	66,101	66,101	-\$134,714
2011	66,101	132,202	-\$145,620
2012	66,101	198,303	-\$158,973
2013	66,101	264,404	-\$171,995
2014	66,101	330,505	-\$182,108
2015	66,101	396,606	-\$192,156
2016	66,101	462,707	-\$203,855
2017	66,101	528,808	-\$214,299
2018	66,101	594,909	-\$225,140
2019	66,101	661,010	-\$233,733
2020	66,101	727,111	-\$242,062
2021	66,101	793,212	-\$249,531
2022	66,101	859,313	-\$258,852
2023	66,101	925,414	-\$266,718
<b>Total</b>			<b>-\$2,879,756</b>

Reducción del 10% en el uso de combustible con el equipamiento de ahorro de combustible			
Año	Uso anual	Uso acum.	Costo anual
2010	59,491	59,491	-\$121,243
2011	59,491	118,982	-\$131,059
2012	59,491	178,473	-\$143,076
2013	59,491	237,964	-\$154,796
2014	59,491	297,455	-\$163,898
2015	59,491	356,946	-\$172,940
2016	59,491	416,437	-\$183,470
2017	59,491	475,928	-\$192,870
2018	59,491	535,419	-\$202,626
2019	59,491	594,910	-\$210,360
2020	59,491	654,401	-\$217,856
2021	59,491	713,892	-\$224,579
2022	59,491	773,383	-\$232,967
2023	59,491	832,874	-\$240,046
<b>Total</b>			<b>-\$2,591,785</b>

**Estimación del momento, tipo y costo de las revisiones del motor principal.** Las revisiones están especificadas por el fabricante del motor, y se basan en la cantidad acumulada de combustible utilizado. Caterpillar® exige una revisión completa después de quemar 256,000 galones, mientras que la revisión principal se especifica para los 512,000 galones utilizados. Para el pesquero camaronero ficticio utilizado en esta comparación, asumimos que las revisiones principales se completaron a finales de 2009, justo antes del primer año del análisis de VAN. Por tanto, solo el combustible utilizado entre 2010 y 2023 determinó cuándo eran necesarias las revisiones. Para este análisis, los años en los que los valores acumulados de uso de combustible generan los mantenimientos son los mismos años en los que se completan las revisiones. En 2010, el precio de una revisión completa realizada por Caterpillar® era \$8,500 (repuestos y mano de obra), mientras que la revisión principal costaba \$20,000. En el intervalo de 14 años, el uso acumulado de combustible con ambos tipos de equipamiento generó dos revisiones completas y una revisión principal. Como se muestra en la tabla de la izquierda (abajo) que presenta el calendario de revisiones para el equipamiento tradicional de pesca con red de arrastre, las revisiones completas ocurrieron en 2013 y 2021, con una revisión principal en 2017. En la tabla de la derecha (abajo) se muestra el calendario de revisiones para el equipamiento de ahorro de combustible. Las revisiones completas ocurrieron en 2014 y 2022, y la revisión principal es en 2018.

<b>Equipamiento tradicional: Uso del combustible acumulado para estimar cuándo son necesarias las revisiones y el costo</b>					
Año	Uso acum.	Completa	General	Costo de revisión completa	Costo de revisión principal
2010	66,101			\$0	\$0
2011	132,202			\$0	\$0
2012	198,303			\$0	\$0
2013	264,404			-\$10,855	\$0
2014	330,505			\$0	\$0
2015	396,606			\$0	\$0
2016	462,707			\$0	\$0
2017	528,808			\$0	-\$31,820
2018	594,909			\$0	\$0
2019	661,010			\$0	\$0
2020	727,111			\$0	\$0
2021	793,212			-\$15,742	\$0
2022	859,313			\$0	\$0
2023	925,414			\$0	\$0
<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>-\$26,597</b>	<b>-\$31,820</b>

<b>Equipamiento de ahorro de combustible: Uso del combustible acumulado para estimar cuándo son necesarias las revisiones y el costo</b>					
Año	Uso acum.	Completa	General	Costo de revisión completa	Costo de revisión principal
2010	59,491			\$0	\$0
2011	118,982			\$0	\$0
2012	178,473			\$0	\$0
2013	237,964			\$0	\$0
2014	297,455			-\$11,492	\$0
2015	356,946			\$0	\$0
2016	416,437			\$0	\$0
2017	475,928			\$0	\$0
2018	535,419			\$0	-\$33,420
2019	594,910			\$0	\$0
2020	654,401			\$0	\$0
2021	713,892			\$0	\$0
2022	773,383			-\$16,329	\$0
2023	832,874			\$0	\$0
<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>-\$27,821</b>	<b>-\$33,420</b>

**Costos estimados de adquisición, mantenimiento y reemplazo de las puertas y redes de pesca de arrastre.** Pensamos que el alto precio del equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible fue una de las razones que han retrasado su adopción. Sin embargo, al incorporar los precios de adquisición, mantenimiento anual y reemplazo en las tablas según las vidas útiles esperadas, se presenta una estimación más clara de los costos futuros generados por cada tipo de equipamiento.

El precio en 2010 de un conjunto de puertas de madera se estimó en \$3,500. Con una vida útil de dos años, las puertas de pesca con red de arrastre de madera se reemplazan en enero cada tercer año (tabla superior). Con una vida útil tan corta, no se realiza mantenimiento anual en las puertas de madera. El precio en 2010 de las redes de nylon se estimó en \$5,465. El cronograma de reemplazo de las redes de nylon es idéntico al de las puertas de madera. Las redes de nylon se tratan con inmersión cada 6 meses, o 4 veces durante su vida útil de 2 años. A partir de las entrevistas con miembros de la industria, el precio anual de la inmersión de las redes de nylon era de \$2,000 en 2010. El precio por un conjunto de puertas curvadas de acero de 1.4 m<sup>2</sup> en 2010 era de \$7,000. Con una vida útil de 7 años, las puertas curvadas de acero se reemplazan en enero de cada octavo año (tabla inferior). Es necesario un mantenimiento anual para las puertas curvadas de acero. Los primeros en adoptarlas observaron que los diámetros originales de los puntos de remolque de la estría horizontal deben restaurarse (reforzarse) una vez por año. Así mismo, los cáncamos conectados al extremo de popa de las zapatas deben reemplazarse cada año. También es necesaria ánodo de sacrificio de zinc anual para evitar el deterioro del acero. El precio en 2010 del mantenimiento anual de las puertas de acero se estimó en \$58.50 por puerta (\$234 por conjunto). El precio de las redes trenzadas Sapphire® en 2010 se estimó en \$6,570 según entrevistas con pescadores de elite, gerentes de flota y propietarios de empresas de suministros marítimos. Los primeros usuarios de Texas observaron que habían utilizado el material trenzado Sapphire® durante 7 años. Optamos por una vida útil más conservadora de 4 años, con un reemplazo de las redes al comienzo del quinto año. El material Sapphire® no necesita inmersión, por lo que no hay gastos anuales preventivos para las redes de HDPE.

<b>Estimar los costos del equipamiento tradicional a lo largo de una cadena de sustitución de 14 años</b>				
<b>Año</b>	<b>Puertas de arrastre</b>		<b>Redes</b>	
	<b>Costo adquis.</b>	<b>Mant.</b>	<b>Costo adquis.</b>	<b>Inm. 6 m</b>
2010	-\$3,500	\$0	-\$5,465	-\$2,000
2011	\$0	\$0	\$0	-\$2,162
2012	-\$4,130	\$0	-\$6,449	-\$2,360
2013	\$0	\$0	\$0	-\$2,554
2014	-\$4,732	\$0	-\$7,389	-\$2,704
2015	\$0	\$0	\$0	-\$2,852
2016	-\$5,296	\$0	-\$8,269	-\$3,026
2017	\$0	\$0	\$0	-\$3,182
2018	-\$5,849	\$0	-\$9,132	-\$3,342
2019	\$0	\$0	\$0	-\$3,470
2020	-\$6,290	\$0	-\$9,821	-\$3,594
2021	\$0	\$0	\$0	-\$3,704
2022	-\$6,724	\$0	-\$10,498	-\$3,842
2023	\$0	\$0	\$0	-\$3,960
<b>Total</b>	<b>-\$36,519</b>	<b>\$0</b>	<b>-\$57,022</b>	<b>-\$42,752</b>

<b>Estimar los costos del equipamiento de ahorro de combustible a lo largo de una cadena de sustitución de 14 años</b>				
<b>Año</b>	<b>Puertas de arrastre</b>		<b>Redes</b>	
	<b>Costo adquis.</b>	<b>Mant.</b>	<b>Costo adquis.</b>	<b>Inm. 6 m</b>
2010	-\$7,000	-\$234	-\$6,570	\$0
2011	\$0	-\$253	\$0	\$0
2012	\$0	-\$276	\$0	\$0
2013	\$0	-\$299	\$0	\$0
2014	\$0	-\$316	-\$8,883	\$0
2015	\$0	-\$334	\$0	\$0
2016	\$0	-\$354	\$0	\$0
2017	-\$11,137	-\$372	\$0	\$0
2018	\$0	-\$391	-\$10,978	\$0
2019	\$0	-\$406	\$0	\$0
2020	\$0	-\$420	\$0	\$0
2021	\$0	-\$433	\$0	\$0
2022	\$0	-\$450	-\$12,621	\$0
2023	\$0	-\$463	\$0	\$0
<b>Total</b>	<b>-\$18,137</b>	<b>-\$5,002</b>	<b>-\$39,052</b>	<b>\$0</b>

**Resumen de los costos relevantes por tipo de equipamiento a lo largo del intervalo de 14 años.** En las siguientes dos tablas se incorporan los tres conjuntos de costos relevantes (*es decir, combustible, revisiones del motor, y adquisición, mantenimiento anual y reemplazo de las puertas y las redes*) y se muestran los costos de caja futuros a lo largo del horizonte de planificación de 14 años. Todos los costos incurridos cada año se suman en un costo de caja total y futuro para el año (la columna exterior derecha de cada tabla). En la primera tabla se presentan los costos anuales del equipamiento tradicional, mientras que en la segunda tabla se muestran los costos del uso de las puertas curvadas y las redes Sapphire®. Cada serie de costos de caja totales y futuros — resaltados en azul — se convierte en el punto de partida para el paso dos del análisis de VAN, que convierte esos costos de caja futuros a sus valores actuales.

<b>Costos anuales estimados a lo largo de una cadena de sustitución de 14 años con el equipamiento tradicional de pesca con red de arrastre</b>									
Año	Combustible			Revisiones	Puertas		Redes		Costos de caja anuales totales y futuros
	Uso anual	Uso acumulado	Costo anual	Costo total	Costo de adq.	Costo de mant.	Costo de adq.	Costo de inmersión cada 6 meses	
2010	66,101	66,101	-\$134,714	\$0	-\$3,500	\$0	-\$5,465	-\$2,000	-\$145,679
2011	66,101	132,202	-\$145,621	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$2,162	-\$147,783
2012	66,101	198,303	-\$158,973	\$0	-\$4,130	\$0	-\$6,449	-\$2,360	-\$171,912
2013	66,101	264,404	-\$171,995	-\$10,855	\$0	\$0	\$0	-\$2,554	-\$185,403
2014	66,101	330,505	-\$182,108	\$0	-\$4,732	\$0	-\$7,389	-\$2,704	-\$196,933
2015	66,101	396,606	-\$192,156	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$2,852	-\$195,008
2016	66,101	462,707	-\$203,855	\$0	-\$5,296	\$0	-\$8,269	-\$3,026	-\$220,446
2017	66,101	528,808	-\$214,299	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$3,182	-\$249,301
2018	66,101	594,909	-\$225,140	\$0	-\$5,849	\$0	-\$9,132	-\$3,342	-\$243,463
2019	66,101	661,010	-\$233,733	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$3,470	-\$237,203
2020	66,101	727,111	-\$242,062	\$0	-\$6,290	\$0	-\$9,821	-\$3,594	-\$261,766
2021	66,101	793,212	-\$249,531	-\$15,742	\$0	\$0	\$0	-\$3,704	-\$268,977
2022	66,101	859,313	-\$258,852	\$0	-\$6,724	\$0	-\$10,498	-\$3,842	-\$279,915
2023	66,101	925,414	-\$266,718	\$0	\$0	\$0	\$0	-\$3,960	-\$270,678
<b>Total</b>			<b>-\$2,879,756</b>	<b>-\$26,597</b>	<b>-\$36,519</b>	<b>\$0</b>	<b>-\$57,022</b>	<b>-\$42,752</b>	<b>-\$3,074,465</b>

<b>Costos anuales estimados a lo largo de una cadena de sustitución de 14 años con el equipamiento de ahorro de combustible con una reducción de uso de combustible del 10%</b>									
Año	Combustible			Revisiones	Puertas		Redes		Costos de caja anuales totales y futuros
	Uso anual	Uso acumulado	Costo anual	Costo total	Costo de adq.	Costo de mant.	Costo de adq.	Costo de inmersión cada 6 meses	
2010	59,491	59,491	-\$121,243	\$0	-\$7,000	-\$234	-\$6,570	\$0	-\$135,047
2011	59,491	118,982	-\$131,059	\$0	\$0	-\$253	\$0	\$0	-\$131,312
2012	59,491	178,473	-\$143,076	\$0	\$0	-\$276	\$0	\$0	-\$143,352
2013	59,491	237,964	-\$154,796	\$0	\$0	-\$299	\$0	\$0	-\$155,094
2014	59,491	297,455	-\$163,898	-\$11,492	\$0	-\$316	-\$8,883	\$0	-\$184,589
2015	59,491	356,946	-\$172,940	\$0	\$0	-\$334	\$0	\$0	-\$173,274
2016	59,491	416,437	-\$183,470	\$0	\$0	-\$354	\$0	\$0	-\$183,824
2017	59,491	475,928	-\$192,870	\$0	-\$11,137	-\$372	\$0	\$0	-\$204,379
2018	59,491	535,419	-\$202,626	\$0	\$0	-\$391	-\$10,978	\$0	-\$247,416
2019	59,491	594,910	-\$210,360	\$0	\$0	-\$406	\$0	\$0	-\$210,766
2020	59,491	654,401	-\$217,856	\$0	\$0	-\$420	\$0	\$0	-\$218,277
2021	59,491	713,892	-\$224,579	\$0	\$0	-\$433	\$0	\$0	-\$225,012
2022	59,491	773,383	-\$232,967	-\$16,329	\$0	-\$450	-\$12,621	\$0	-\$262,366
2023	59,491	832,874	-\$240,046	\$0	\$0	-\$463	\$0	\$0	-\$240,510
<b>Total</b>			<b>-\$2,591,785</b>	<b>-\$27,821</b>	<b>-\$18,137</b>	<b>-\$5,002</b>	<b>-\$39,052</b>	<b>\$0</b>	<b>-\$2,715,216</b>

## Paso 2: Conversión de los costos de caja estimados futuros a los valores actuales

La elección de una sola tasa de descuento — el enfoque que una empresa individual seguro debe usar en la evaluación del VAN de distintos tipos de equipamiento de pesca con red de arrastre — no será relevante para todos los lectores. Así mismo, cuando se utilizan varias tasas de descuento posibles, el efecto sobre el VAN se convierte en información de rendimiento importante que no quisimos omitir.<sup>10</sup> Por lo tanto, se utilizan siete tasas de descuento que oscilan entre el 3% y el 15% para convertir los costos de caja anuales futuros a sus valores actuales.<sup>11</sup> Convertir cada costo de caja anual y futuro a su valor actual es un paso intermedio, y debe realizarse en forma individual debido a que cada costo de caja anual y futuro es un valor único. Como puede observarse en ambas tablas (abajo), la comparación en términos comparables que es la característica del enfoque de VAN es la suma de esos valores actuales a lo largo del marco temporal de 14 años. La fila total inferior de cada tabla se resalta en verde. La comparación de los valores actuales de los costos por tipo de equipamiento para cada tasa de descuento indica que los valores actuales de los costos de caja relevantes generados por el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible a lo largo del marco temporal de 14 años estaban sistemáticamente más cerca de cero con todas las tasas de descuento utilizadas. Por lo tanto, la elección del equipamiento de ahorro de combustible más costoso y con una mayor vida útil y la generación de una reducción de al menos un 10% en el uso de combustible mejorarían el bienestar económico de la empresa pesquera del camarón.<sup>12</sup>

Valores actuales de los costos de caja futuros con el equipamiento tradicional								
Año	Costos de caja anuales futuros totales	Tasas de descuento utilizadas para convertir los costos de caja anuales estimados a sus valores actuales						
		3%	5%	7%	9%	11%	13%	15%
2010	-\$145,679	-\$145,679	-\$145,679	-\$145,679	-\$145,679	-\$145,679	-\$145,679	-\$145,679
2011	-\$147,783	-\$143,478	-\$140,745	-\$138,114	-\$135,580	-\$133,137	-\$130,781	-\$128,507
2012	-\$171,912	-\$162,043	-\$155,929	-\$150,154	-\$144,695	-\$139,527	-\$134,632	-\$129,990
2013	-\$185,403	-\$169,670	-\$160,158	-\$151,344	-\$143,165	-\$135,565	-\$128,494	-\$121,906
2014	-\$196,933	-\$174,972	-\$162,017	-\$150,239	-\$139,512	-\$129,726	-\$120,783	-\$112,597
2015	-\$195,008	-\$168,215	-\$152,794	-\$139,038	-\$126,742	-\$115,728	-\$105,842	-\$96,953
2016	-\$220,446	-\$184,620	-\$164,500	-\$146,892	-\$131,444	-\$117,859	-\$105,884	-\$95,305
2017	-\$249,301	-\$202,705	-\$177,174	-\$155,252	-\$136,376	-\$120,078	-\$105,968	-\$93,722
2018	-\$243,463	-\$192,192	-\$164,785	-\$141,697	-\$122,186	-\$105,645	-\$91,581	-\$79,588
2019	-\$237,203	-\$181,796	-\$152,903	-\$129,023	-\$109,215	-\$92,729	-\$78,961	-\$67,428
2020	-\$261,766	-\$194,778	-\$160,702	-\$133,069	-\$110,573	-\$92,190	-\$77,113	-\$64,705
2021	-\$268,977	-\$194,315	-\$157,265	-\$127,789	-\$104,238	-\$85,342	-\$70,122	-\$57,815
2022	-\$279,915	-\$196,327	-\$155,867	-\$124,286	-\$99,520	-\$80,011	-\$64,578	-\$52,318
2023	-\$270,678	-\$184,318	-\$143,546	-\$112,322	-\$88,289	-\$69,703	-\$55,263	-\$43,993
<b>Total</b>	<b>-\$3,074,465</b>	<b>-\$2,495,109</b>	<b>-\$2,194,065</b>	<b>-\$1,944,899</b>	<b>-\$1,737,213</b>	<b>-\$1,562,919</b>	<b>-\$1,415,681</b>	<b>-\$1,290,504</b>

Valores actuales de los costos de caja futuros estimados con el equipamiento de ahorro de combustible asumiendo una reducción de uso de combustible del 10%								
Año	Costos de caja anuales futuros totales	Tasas de descuento utilizadas para convertir los costos de caja anuales estimados a sus valores actuales						
		3%	5%	7%	9%	11%	13%	15%
2010	-\$135,047	-\$135,047	-\$135,047	-\$135,047	-\$135,047	-\$135,047	-\$135,047	-\$135,047
2011	-\$131,312	-\$127,487	-\$125,059	-\$122,721	-\$120,469	-\$118,299	-\$116,205	-\$114,184
2012	-\$143,352	-\$135,123	-\$130,024	-\$125,209	-\$120,656	-\$116,348	-\$112,266	-\$108,395
2013	-\$155,094	-\$141,933	-\$133,976	-\$126,603	-\$119,761	-\$113,404	-\$107,488	-\$101,977
2014	-\$184,589	-\$164,005	-\$151,862	-\$140,822	-\$130,767	-\$121,594	-\$113,212	-\$105,539
2015	-\$173,274	-\$149,468	-\$135,765	-\$123,542	-\$112,616	-\$102,830	-\$94,046	-\$86,148
2016	-\$183,824	-\$153,950	-\$137,173	-\$122,490	-\$109,608	-\$98,280	-\$88,294	-\$79,472
2017	-\$204,379	-\$166,179	-\$145,248	-\$127,277	-\$111,802	-\$98,441	-\$86,874	-\$76,834
2018	-\$247,416	-\$195,312	-\$167,461	-\$143,998	-\$124,170	-\$107,360	-\$93,068	-\$80,881
2019	-\$210,766	-\$161,535	-\$135,862	-\$114,643	-\$97,043	-\$82,394	-\$70,161	-\$59,913
2020	-\$218,277	-\$162,418	-\$134,003	-\$110,961	-\$92,202	-\$76,874	-\$64,302	-\$53,955
2021	-\$225,012	-\$162,553	-\$131,560	-\$106,902	-\$87,200	-\$71,393	-\$58,660	-\$48,365
2022	-\$262,366	-\$184,018	-\$146,095	-\$116,494	-\$93,280	-\$74,995	-\$60,529	-\$49,038
2023	-\$240,510	-\$163,775	-\$127,547	-\$99,803	-\$78,449	-\$61,935	-\$49,104	-\$39,090
<b>Total</b>	<b>-\$2,715,216</b>	<b>-\$2,202,803</b>	<b>-\$1,936,682</b>	<b>-\$1,716,512</b>	<b>-\$1,533,070</b>	<b>-\$1,379,194</b>	<b>-\$1,249,256</b>	<b>-\$1,138,838</b>

<sup>10</sup> Anteriormente se demostró que el mismo flujo de caja neto generado más adelante en el tiempo tenía un valor actual menor que el mismo flujo de caja neto generado más temprano cuando se utiliza la misma tasa de descuento. Así mismo, dos flujos de caja netos idénticos generados en el mismo periodo futuro pero descontados usando tasas requeridas diferentes generan valores actuales diferentes. Dados flujos de caja del mismo valor que ocurren al mismo tiempo, una mayor tasa de descuento reduce el valor actual.

<sup>11</sup> En la conversión del valor futuro al valor actual se utiliza la siguiente fórmula:  $[\text{Costo total anual futuro} \times n \times (1 \div ((1 + \text{tasa de descuento})^n))]$ . Para convertir los costos de caja futuros de 2012 de \$171,911.61 con una tasa de descuento del 3% a su valor actual, la ecuación sería  $[-\$171,912 \times (1 \div ((1 + 0.03)^2))]$ . Simplificar es igual a  $[-\$171,912 \times 0.942596]$ , que genera un valor actual de  $-$162,043$ . Como se muestra en las dos siguientes tablas, esta conversión de valor futuro a valor actual se realizó para cada año del horizonte de planificación de 14 años. Una vez convertidos los costos de cada año a sus valores actuales, se suman los valores actuales, que se convierten en el VAN de la inversión a una tasa de descuento específica.

<sup>12</sup> Recuerde que aquí solo se consideran los datos de costos, debido a que el proyecto colaborativo de investigación verificó que ambos sistemas de pesca con red de arrastre capturaron la misma cantidad cuando se utilizaron simultáneamente. En una inversión de ganancia neutra y ahorro de costos, cuanto menor es el valor actual neto negativo, mejor.

**Búsqueda para descubrir la ventaja que el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible ofrece a los pescadores.** En las dos tablas (página siguiente) se presentan los valores actuales netos calculados para el equipamiento tradicional y el equipamiento de ahorro de combustible con siete tasas de descuento. En esta sección se analizan las condiciones que generaron un valor actual neto calculado menor de los costos relevantes cuando se eligió el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible.

¿Para qué considerar los valores actuales de los costos relevantes si debe elegirse una tasa de descuento, que puede ser distinta para los operadores de la industria pesquera? Recuerde que los valores futuros generados en los distintos años primero deben estandarizarse a los valores actuales antes de poder calcular los valores. En esta sección se compara el valor actual de cada costo relevante estimado a lo largo de un horizonte de planificación de 14 años por tipo de equipamiento con una tasa de descuento del 3%. Se podría haber utilizado cualquier tasa, del 3% al 15%. A medida que aumenta la tasa de descuento, los valores actuales de los valores futuros idénticos disminuyen, pero la contribución porcentual realizada por cada costo relevante a la reducción general de costos no cambia.

En la tabla (abajo), se muestra una comparación de los valores actuales de los costos de combustible, revisiones, adquisición de puertas y redes y mantenimiento anual de puertas y redes a lo largo de un marco temporal de 14 años. Los valores actuales totales de estos costos por tipo de equipamiento, que se muestran en la última fila de la tabla, son iguales a los totales que se muestran en cada tabla de la página 23 en la columna de tasa de descuento del 3%.

<b>Comparación de los valores actuales de los costos de caja relevantes descontados al 3% a lo largo de un marco temporal de 14 años</b>				
<b>Costos de caja relevantes</b>	<b>Tipo de equipamiento de pesca con red de arrastre</b>		<b>Diferencia</b>	<b>Diferencia porcentual</b>
	<b>Curvadas/ Sapphire®</b>	<b>De madera/ Nylon</b>		
Combustible	-\$2,102,664	-\$2,336,289	\$233,625	79.9%
Revisiones	-\$48,045	-\$47,178	-\$867	-0.3%
Adquisición de puertas	-\$16,055	-\$30,045	\$13,989	4.8%
Mantenimiento de puertas	-\$4,058	\$0	-\$4,058	-1.4%
Adquisición de redes	-\$31,981	-\$46,913	\$14,932	5.1%
Mantenimiento de redes	\$0	-\$34,684	\$34,684	11.9%
<b>Total</b>	<b>-\$2,202,803</b>	<b>-\$2,495,109</b>	<b>\$292,306</b>	<b>100.0%</b>

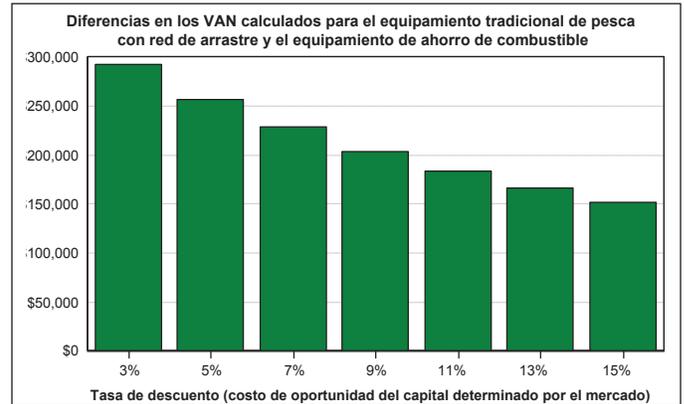
Tres condiciones generaron costos menores cuando se utilizaron las puertas curvadas y redes trenzadas Sapphire®. Primero, la reducción del 10% en el uso de combustible de 6,610 galones anuales generó un valor actual estimado de ahorros de \$233,625. Esta reducción modesta en el uso anual de combustible representó el 80% de todos los costos ahorrados cuando se eligió el equipamiento de ahorro de combustible. Segundo, las mayores vidas útiles de las puertas de acero y las redes trenzadas Sapphire® generaron menos reemplazos y, por lo tanto, menores costos de adquisición en el tiempo. En particular, aunque el equipamiento de ahorro de combustible era más costoso en una base unitaria, en conjunto generó un valor actual de ahorros que sumó \$28,921 (es decir, \$13,989 por las puertas más \$14,932 por las redes). El menor valor actual de los costos de adquisición representó aproximadamente el 10% del ahorro total de costos. La tercera condición fue la marcada reducción en los costos anuales de mantenimiento relacionados

con las redes fabricadas con fibras trenzadas Sapphire®. La eliminación de la inmersión bianual de las redes de nylon redujo el valor actual del mantenimiento anual de las redes en unos \$34,684, casi el 12% de todos los ahorros de costos. El mantenimiento anual de las puertas de acero sumó casi \$4,058 (1.4%) al valor actual de su costo. Considerando en conjunto los costos de adquisición y operación, cuando se eligen las puertas curvadas y las redes fabricadas con fibra trenzada Sapphire®, el valor actual de ese tipo de equipamiento es \$59,547 menor que las puertas y redes tradicionales (es decir, un ahorro en costos de adquisición de \$28,921 para las puertas curvadas y redes más un ahorro en costos de inmersión de \$34,684, debido a que la fibra HDPE nunca debe tratarse con inmersión, menos \$4,058 de costo anual de mantenimiento de las puertas curvadas).

Por último, obsérvese que los valores actuales de los costos de revisión fueron apenas mayores por \$867 cuando se eligieron las puertas curvadas. Este incremento supuso un aumento del 0.3%. Recuerde que con una reducción anual del 10% en el uso de combustible, las revisiones ocurrieron 1 año más tarde con el equipamiento de ahorro de combustible pero el precio de ese servicio también era un 4% más alto debido a la inflación estimada.

### Paso 3: Comparación de los valores actuales de los costos de caja relevantes para cada tipo de equipamiento de pesca con red de arrastre

Hasta aquí, se han estimado los costos de caja relevantes en un marco temporal de 14 años anticipados cuando se usan los dos tipos de equipamiento de pesca con red de arrastre. Estos costos de caja futuros se han convertido a sus valores actuales con siete tasas de descuento diferentes (también denominadas tasas requeridas debido a que cada una es un costo de oportunidad para su capital). Para calcular el valor actual del ahorro de costos, el valor actual de los costos atribuibles al equipamiento tradicional se resta del valor actual de los costos generados por el equipamiento de ahorro de combustible con cada tasa de descuento. Como se muestra en la tabla (abajo) y el cuadro (derecha), cuando la tasa requerida era del 3%, el valor actual del ahorro de costos fue de \$292,306. Al 15% — un costo de capital determinado por el mercado mucho mayor — el valor actual del ahorro de costos fue de \$151,666.



Recuerde que el valor actual neto calculado de su siguiente mejor opción de inversión siempre será igual a cero. Por lo tanto, una inversión con un valor actual neto positivo calculado mejorará el bienestar económico de la empresa. En otras palabras, cuando se elige el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de

combustible y se logra una reducción del 10% en el consumo de combustible, el valor actual del ahorro de costos a lo largo de un horizonte de planificación de 14 años excede por mucho el valor actual neto calculado de lo que su capital podría ganar cuando las tasas requeridas oscilan entre el 3% y el 15%.

Diferencias de valor actual entre el equipamiento tradicional y el equipamiento de ahorro de combustible con una reducción de uso del 10%							
	Tasas de descuento utilizadas para convertir los costos de caja futuros a sus valores actuales						
	3%	5%	7%	9%	11%	13%	15%
VA de los costos del equipamiento de ahorro de combustible	-\$2,202,803	-\$1,936,682	-\$1,716,512	-\$1,533,070	-\$1,379,194	-\$1,249,256	-\$1,138,838
VA de los costos del equipamiento tradicional	-\$2,495,109	-\$2,194,065	-\$1,944,899	-\$1,737,213	-\$1,562,919	-\$1,415,681	-\$1,290,504
VA del ahorro de costos con el equipamiento de ahorro de combustible	\$292,306	\$257,383	\$228,387	\$204,143	\$183,725	\$166,425	\$151,666

### Resumen del análisis del valor actual neto

El análisis de VAN es un método simple para evaluar los posibles impactos de las inversiones en la operación. A menudo se hace hincapié en la mecánica de este proceso, mientras que se omiten las explicaciones de cómo se determinaron los valores específicos. Pensamos que comprender las fuentes de información utilizadas en el análisis de VAN son tan importantes como el uso adecuado del proceso en sí.

Las proyecciones a futuro se basaron en una combinación de cuatro elementos: (a) datos de rendimiento anteriores revelados en investigaciones previas con pescadores de camarón, (b) suposiciones, (c) pronósticos publicados y (d) opiniones de expertos. Los valores de consumo anual de combustible y de ahorro de combustible utilizados en este análisis son resultado de distintos proyectos de investigación aplicada anteriores. Nuestro análisis se basó en dos suposiciones. La primera fue que los precios de los aportes aumentarían en el tiempo y la segunda fue seleccionar (es decir, asumir) un valor conservador de ahorro de combustible atribuible al nuevo equipamiento. El tercer elemento utilizado para hacer las proyecciones a futuro fue el pronóstico del DOE sobre los precios anuales del combustible diésel, que se presentaron en la publicación anual electrónica de pronóstico del departamento [6]. Este pronóstico sobre el precio del combustible también sirvió como base para crear un índice de precios de aportes

que nos permitió inflar los precios unitarios de todos los aportes excepto el combustible. Por último, nos basamos en las opiniones expertas de pescadores, gerentes de flota y propietarios de empresas de suministros marítimos para estimar los precios de adquisición y mantenimiento anual del equipamiento de pesca con red de arrastre, como así también de las revisiones. La opinión conjunta de la industria también sugirió las vidas útiles esperadas de ambos tipos de puertas y redes.

El análisis VAN demostró dos puntos importantes. Primero, el precio unitario del equipamiento necesario con una vida útil medida en años no debe ser el único motivo de la decisión de adquisición. Como se demostró en este análisis, aunque el equipamiento de ahorro de combustible era un 51% más costoso que las puertas y redes tradicionales, los reemplazos menos frecuentes (debido a una mayor vida útil) y una marcada reducción en los requerimientos de mantenimiento anual convirtieron al equipamiento de ahorro de combustible en la opción menos costosa considerada a lo largo del tiempo. El segundo punto es el sentido común. Reemplazar un equipamiento menos eficaz con un equipamiento de pesca con red de arrastre que mantiene la producción histórica pero lo hace con menores costos genera ahorros considerables que se reducen al mínimo y tienen un impacto positivo en el bienestar financiero de la actividad de pesca con red de arrastre del camarón.

---

## Análisis

### *Hitos alcanzados en la búsqueda de equipamiento de pesca con red de arrastre más eficaz*

**Pruebas de mar iniciales, modificaciones físicas posteriores e investigación colaborativa de la industria.** Esta investigación industrial aplicada comenzó en 2005 cuando los precios aumentaron a \$2.00 por galón. Preocupados por la necesidad de que era necesario un cambio fundamental en el equipamiento de pesca con red de arrastre para compensar el aumento rápido de los precios del combustible, Western Seafood y Texas Sea Grant comenzaron esfuerzos sin precedentes para evaluar y modificar una puerta de arrastre nunca antes utilizada en la pesca del camarón del sudeste de los Estados Unidos. Cuatro modificaciones en las puertas curvadas de confección utilizadas en las pruebas de mar iniciales dieron como resultado una puerta más eficaz que podía reemplazar una puerta tradicional plana en la pesca con plataforma cuádruple del camarón café o en el uso de redes de grifo doble en la pesca del camarón blanco.

El objetivo de este proyecto de varios años fue reducir los costos de aportes y simultáneamente mantener la producción generada por el equipamiento tradicional de pesca con red de arrastre de los colaboradores. Lograr este objetivo generaría mayores niveles de ingresos operativos. Este objetivo se cumplió mediante un proyecto de investigación riguroso de cuatro pasos en el que participaron operadores colaboradores de alta mar de la pesquería del Golfo y el Atlántico sur. En última instancia, esta investigación documentó dos hallazgos clave. Primero, el rendimiento de producción con el nuevo equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible era idéntico al del equipamiento tradicional cuando ambos tipos de equipamiento se utilizaban simultáneamente (demostrado por el paso 3 del protocolo de investigación de cuatro pasos). Cumplir este objetivo era esencial para que el proyecto continuara. El segundo resultado clave del proyecto colaborativo de investigación de cuatro pasos fue una reducción documentada en el consumo de combustible que osciló entre el 10% y el 39% (pasos 1 y 4).

**Respuestas de terceros después de completarse la investigación industrial colaborativa.** Aunque las puertas curvadas tenían aproximadamente la mitad del área de las puertas de red barredoras planas tradicionales, eran más altas que la altura máxima permitidas por Louisiana y Mississippi. A pedido de los líderes de la industria de esos estados, el cuerpo docente de Texas Sea Grant hizo presentaciones sobre el proyecto piloto con estas puertas nuevas ante el Louisiana Department of Wildlife and Fisheries y el Mississippi Department of Marine Resources. Como resultado de estas acciones, ambos estados flexibilizaron sus regulaciones sobre la altura máxima de las puertas, lo cual legalizó las puertas de pesca con red de arrastre curvadas de acero y con ranuras en Louisiana y Mississippi.

Una segunda respuesta de terceros prosiguió donde el terminó el proyecto industrial colaborativo de investigación. El Ocean

Conservancy y la Walton Foundation crearon un programa de distribución de costos diseñado para ayudar a los pescadores de camarón del Golfo y el Atlántico sur a instalar el nuevo equipamiento en sus buques. Este proyecto cubrió la mitad del costo de adquisición del equipamiento nuevo y también ofreció financiamiento para el balance restante si era necesario. Además de la distribución de costos, este programa también ofreció un pescador consultor para ayudar a los pescadores con los procedimientos de ajustes y puesta a punto, así como unos \$3,000 para pruebas de mar (que redujeron el riesgo económico al aprender sobre las puertas nuevas).

**Análisis de inversión de valor actual neto.** Para examinar el posible significado de este equipamiento de ahorro de combustible para un operador hipotético, un análisis de valor actual neto comparó los costos de caja de producción que se verían afectados según el tipo de equipamiento (uso y costo de combustible, frecuencia de revisión, más adquisición y mantenimiento de puertas/redes). Este análisis demostró que el equipamiento de pesca con red de arrastre más costoso y de mayor vida útil que podía ahorrar al menos el 10% del uso histórico de combustible era, por mucho, la mejor opción de inversión, debido a que el VAN con las siete tasas de descuento representaba costos operativos menores.

La diferencia entre el valor actual de los costos estimados con el equipamiento de ahorro de combustible y el valor actual de los costos estimados con sistemas tradicionales de pesca con red de arrastre demostró un VAN sistemáticamente positivo sin importar la tasa de descuento. Según el criterio del VAN para aceptación, una diferencia positiva entre las opciones sugiere que la inversión en el equipamiento de ahorro de combustible mejoraría el bienestar económico de la operación de pesca del camarón con red de arrastre. La expectativa futura con el equipamiento nuevo sería un aumento en el balance final del operador.

### *Importancia futura de los resultados del proyecto*

**Determinantes de rentabilidad antes y después.** Los pescadores que sobrevivieron a los peores días de la historia económica de la pesca del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos representan en la actualidad una fracción del esfuerzo que existía antes de 2001. Como resultado de la existencia de menos equipamiento en el agua, las tasas de captura de los operadores que permanecen se han disparado.<sup>13</sup> Las tasas de captura experimentadas en la actualidad habrían sido suficientes para que las empresas de pesca del camarón siguieran progresando económicamente desde los setenta hasta 2000. En aquellos días, los pescadores descargaban un producto de alto precio con aportes relativa-

<sup>13</sup> Por supuesto, en cualquier año dado, las cosechas anuales se verán influidas por los cambios ecológicos en el tiempo meteorológicos de primavera de los sistemas de las bahías costeras que en última instancia afectan la abundancia.

mente bajos, pero capturar la cantidad suficiente de camarón era el límite de la rentabilidad. En la actualidad y en el futuro, el límite de la rentabilidad será probablemente el control de costos, debido a que incluso con mayores tasas de captura, los precios del combustible han aumentado considerablemente desde 2002, a la vez que los precios del camarón en el muelle disminuyeron drásticamente entre 2001 y 2014.<sup>14</sup> Con las puertas de acero curvadas con ranuras y redes Sapphire® probadas en el Golfo y el Atlántico sur, los operadores están ahora en condiciones de generar una mayor ganancia neta utilizando menos aportes para cosechar cantidades idénticas de camarón que con el equipamiento tradicional. En otras palabras, el equipamiento de ahorro de combustible no permite capturar más camarones que el equipamiento tradicional de pesca con red de arrastre, pero hace que sea menos costoso producir esa cantidad de camarón, y esos ahorros de costo se reflejan en el balance final del operador.

**¿Pueden incrementarse los márgenes operativos de otras maneras?** Ningún operador abandonaría intencionalmente las ganancias de caja adicionales esperadas con valores actuales netos que oscilan entre \$151,666 y \$292,306 en un horizonte de planificación de 14 años. Sin embargo, los bajos niveles actuales de adopción sugieren que las puertas de pesca con red de arrastre evaluadas, modificadas y probadas por la pesca del camarón con red de arrastre del sudeste de los Estados Unidos por parte de sus pares no sería el camino que muchos pescadores elegirían. Dar una idea de otras soluciones tecnológicas que mejoran los ingresos está más allá de este informe. Sin embargo, comparar lo que sería necesario para generar las ganancias de caja esperadas iguales a las que se generan con el equipamiento de ahorro de combustible mediante otro enfoque es otra adaptación del valor temporal del dinero.

Un operador que desea obtener el mismo valor actual de \$292,306 generado mediante los ahorros de costos (asumiendo una tasa de descuento del 3%) podría capturar más camarones. En particular, el stock bruto de ese productor tendría que incrementarse en \$36,957 en cada uno de los 14 años. Setenta por ciento de esa ganancia adicional por año — la participación del buque — sería de \$25,877. Descontar el nivel de ganancia adicional a la tasa requerida del 3% significaría \$292,309 al final de los 14 años. Por supuesto, esto requeriría que la empresa obtuviera una ganancia adicional sin incrementar los costos de producción, excepto la comisión de la tripulación. Aunque es posible, aumentar la ganancia anual consistentemente en casi \$37,000 a lo largo de los 14 años puede ser un proyecto difícil. En comparación, gastar menos en la adquisición y el mantenimiento de equipamiento de pesca con red de arrastre de mayor vida útil y con mayor rendimiento del combustible que además genera un ahorro anual en el consumo de combustible de apenas 10% (6,610 galones) parece ser el camino más simple y más seguro para un rendimiento económico mejor y más sostenible.

**Hacer que las mayores ganancias trabajen.** Tener mayor eficacia sugiere mayores niveles de ingresos operativos anuales que se suman a los ingresos retenidos. Reducir consistentemente los costos de producción evitables con las mismas tasas de captura también puede ayudar a un operador a sobrellevar los problemas económicos a corto plazo como el incremento en los precios del combustible o la reducción de los precios del camarón en el muelle. Un aumento de los ingresos también permite a los gerentes considerar usos para los fondos adicionales. Pesamos que invertir en equipamiento de pesca con red de arrastre más eficaz les permitirá a los operadores considerar otros cuatro usos para las ganancias retenidas generadas con el equipamiento.

1. **Mantenimiento preventivo.** El primero es completar el mantenimiento necesario que puede haberse postergado en años anteriores. Mantener la plataforma productiva mediante un programa de mantenimiento sólido y preventivo mantiene el buque operativo durante más tiempo y es, en general, menos costoso que hacer reparaciones cuando surgen problemas de desgaste y roturas.
2. **Considerar la inversión en hélices y toberas más modernas.** Un segundo posible uso de las mayores ganancias retenidas generadas con el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible pueden ser otros proyectos de ahorro de combustible que aprobaron el proceso de análisis de VAN de la empresa. En particular, los operadores deben considerar el reemplazo de las hélices abiertas con un sistema moderno de rueda y tobera. Olds Engineering, una empresa de ingeniería y servicios marítimos de Queensland, Australia, sostiene que los pesqueros con red de arrastre de rueda abierta similares en longitud y caballos de fuerza a los que se usan en la pesca del camarón de alta mar del Golfo y el Atlántico sur pueden reducir el consumo de combustible en un 23% si se reemplaza la hélice existente con una rueda de velocidad y una tobera de velocidad Rice. [9, 10]

La empresa de ingeniería marítima de Queensland también señala que los pesqueros de camarón con hélices de tipo Kaplan dentro de toberas Kort pueden reducir el uso de combustible en un 7% con la combinación de rueda de velocidad y una tobera de velocidad Rice. [9, 10] Esta aseveración es coherente con los resultados preliminares que completamos en el trabajo de investigación de eficacia de combustible de varios años. Además del equipamiento de pesca con red de arrastre descripto anteriormente, también reemplazamos una hélice de tipo Kaplan existente dentro de una tobera tradicional Kort con una hélice de lanzamiento circunferencial que se instaló dentro de la tobera existente. Este cambio generó una reducción adicional del 6% en

<sup>14</sup> Con respecto a los incrementos en los precios del diésel, aunque el precio pronosticado para 2012 fue de \$2.40 por galón, el precio promedio real para ese año fue de aproximadamente \$3.50 por galón. Utilizar menos combustible es la única manera de proteger la empresa de los efectos de tales incrementos en el precio.

Con respecto a los precios del camarón, en 2013 los precios del camarón en el muelle regresaron a los niveles no vistos en más de una década debido a los problemas de enfermedades que afectaron la producción en granjas del sudeste asiático. Cuánto durarán esos precios está por verse, debido a que los pescadores nacionales de camarón proveen apenas el 10% del mercado de los Estados Unidos. A la inversa, el producto de granja importado desde Ecuador, China, la India, Tailandia y Vietnam representa dos de cada tres camarones consumidos en el mercado estadounidense. Esto hace que los pescadores nacionales sean muy susceptibles a los precios bajos sostenidos que probablemente regresen una vez que se solucionen los problemas de enfermedades que limitan la producción en las lagunas del sudeste asiático. Un informe del 25 de noviembre de 2013 en *Seafood.com News* sugiere que la industria camaronera de Tailandia parece recuperarse de la disminución de producción relacionada con el EMS [8] Como dice el artículo "Según los analistas, la producción de camarón ha mejorado después de que la empresa cambió a una bacteria bio-plus que consume las bacterias que causan el EMS en las lagunas. El analista dijo que la industria camaronera de Tailandia se recuperó en la primera mitad del año (2013) y ahora espera que la producción mejore gradualmente en 2014 y en adelante ahora que la industria tiene una mejor comprensión del EMS".

el consumo de combustible sobre y por encima de los ahorros de combustible generados anteriormente con el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible.<sup>15</sup>

Los ahorros de combustible de rueda y tobera más eficaces dependen completamente de la investigación de ingeniería y de la instalación in situ, debido a que, a diferencia del equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible, no existe una curva de aprendizaje. Nuestra experiencia limitada con el mejoramiento de la eficacia del diseño de la hélice también sugiere que los gastos de caja únicos para la adquisición, transporte e instalación serán mayores que los costos relacionados con el equipamiento de pesca con red de arrastre, pero los ahorros de combustibles serían inmediatos, y las vidas útiles de la hélice y la tobera son extremadamente largas.

Este posible gasto de capital presenta otro uso clásico del VAN para evaluar los beneficios de un proyecto a lo largo del tiempo y para estimar si tal inversión generará beneficios económicos sobre y por encima de lo que su capital podría generar. Para los operadores que utilizan hélices de tipo Kaplan dentro de toberas tradicionales Kort que están contemplando el cambio hacia el sistema más eficaz de rueda y tobera, sería importante realizar un proceso de VAN semejante al utilizado en esta publicación, debido a que el beneficio de ahorro de combustible observado por Olds Engineering fue del 7%.

- 3. Aumentar la capacidad de congelamiento en salmuera en cubierta.** Un tercer uso de las ganancias adicionales es aumentar la capacidad de congelamiento en salmuera en cubierta. Con las tasas de capturas extremadamente altas para los operadores que permanecen debido a un menor esfuerzo en la pesquería, los pescadores seguramente pueden beneficiarse del congelamiento de mayores cantidades de camarón en cada ciclo de congelamiento en cubierta. Esto permitirá un congelamiento más rápido de la captura completa, y contribuirá a menores desperdicios en la planta procesadora. Como dos tercios de todos los camarones que se consumen en el mercado de los Estados Unidos se originan en apenas cinco países camaroneros, mejorar la calidad del camarón nacional para que tenga la misma apariencia que el producto de granja de instalaciones de alto grado es la mejor manera de asegurar los precios completos del mercado y maximizar las ganancias del productor [11].
- 4. Planificación de la jubilación.** El cuarto uso de las nuevas ganancias de cada año, o tal vez el primero, puede ser reservar una parte de las ganancias e invertir las en una cuenta personal de jubilación. Esto es importante sin importar la edad, y es uno de los usos más importantes de fondos que todos debemos hacer.

## Resumen y conclusiones

Patrick Riley, el gerente general de Western Seafood, buscaba una puerta de pesca con red de arrastre más eficaz que generara menores costos de producción. Su búsqueda terminó con un diseño islandés utilizado comúnmente en pesquerías pelágicas en el este del Atlántico. Con el compromiso financiero de Western Seafood, Riley realizó un estudio preliminar de eficacia a bordo del Isabel Maier comandado por Manuel Calderon. Al principio, Riley le pidió a Gary Graham — Profesor y Especialista en pesca marina del Texas A&M AgriLife Extension Service, el Department of Wildlife & Fisheries Sciences y el Texas Sea Grant College Program del Texas A&M University System— que participara del equipo de evaluación. Se identificaron cuatro modificaciones necesarias a las puertas curvadas de confección durante el estudio preliminar de eficacia que convirtieron a las puertas curvadas que generan mayor rendimiento del combustible en una opción legítima para los pescadores de camarón del Golfo y el Atlántico sur.

Los fondos para realizar una prueba comparativa a gran escala del equipamiento tradicional y el equipamiento de pesca con red de arrastre de ahorro de combustible por parte de los pescadores interesados se obtuvieron del cuerpo docente del Texas Sea Grant/Texas A&M AgriLife Extension en los departamentos de Agricultural Economics y Wildlife and Fisheries Sciences. Este trabajo colaborativo de investigación desarrolló un protocolo de investigación de cuatro pasos y puso un complemento de puertas de pesca con red de arrastre curvadas modificadas, redes trenzadas Sapphire® y un medidor de flujo de combustible a bordo de nueve buques de alta mar de Texas a North Carolina. Los resultados comparativos generados por los pescadores demostraron que el equipamiento de ahorro de combustible inmediatamente redujo el consumo de combustible a la vez que mantuvo las capturas iguales a las producidas con el equipamiento tradicional del operador.

Se realizó un análisis de inversión usando (a) la información de rendimiento generada por el proceso colaborativo de investigación, (b) los pronósticos de los precios futuros del diésel y (c) las opiniones de expertos sobre los costos y las vidas útiles de ambos tipos de equipamiento de pesca con red de arrastre. Usando una tasa de ahorro de combustible del 10% — la cantidad mínima documentada en el proyecto colaborativo de investigación del Golfo y el Atlántico sur — el valor actual neto del ahorro de costos con el equipamiento de pesca con red de arrastre de mayor rendimiento del combustible que es más costoso, pero de mayor vida útil fue sistemáticamente positivo con tasas de descuento de entre el 3% y el 15%. Esto significa que la inversión en el equipamiento de ahorro de combustible excederá las ganancias esperadas cuando el costo de capital de la empresa esté entre el 3% y el 15%. Cuando el costo del capital es el 3%, el valor actual neto del ahorro de costos es igual a \$292,306. Cuando el costo del capital es el 15%, el valor actual neto del ahorro de costos se estima en \$151,666. En términos prácticos, esto significa que el equipamiento de pesca con red de arrastre incrementará el ingreso operativo anual al producir el mismo nivel de ganancias, pero con menores costos.

<sup>15</sup> Este valor de ahorro adicional de combustible probablemente sea conservador, debido a que las pruebas de mar anteriores y posteriores se realizaron en distintos momentos del año. En concreto, los datos de referencia se obtuvieron durante los meses de verano mientras que las mediciones de consumo de combustible realizadas una vez instalada la hélice de lanzamiento circunferencial se llevaron a cabo durante los meses de invierno en los estrechos de la Florida, una ubicación conocida por sus mares agitados y corrientes fuertes.

---

## Referencias

1. **Haby, M.G., L.L. Falconer, and J.L. Parker.** 2001. "Developing an Economic Profile of Texas Shrimp Trawling Operations in the Gulf of Mexico." Johnstone, R., and A.L. Shriver, compilers. *Proceedings of the Tenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade*, July 2000. Corvallis, Oregon. 6 pp.
2. **Bankston, J. David.** 1984. "Otter Doors and Fuel Consumption." A Louisiana Cooperative Extension/Louisiana Sea Grant College Program Paper. Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana. 14 p.
3. **Haby, M.G., and G.L. Graham.** 2010. *Investigations and Demonstrations Leading to Enhanced Fuel Efficiency in the Southeast Shrimp Fishery: A Final Report Outlining Work Undertaken and Achievements to Date.* (Contract: CM725 / TAMU Sponsored Project: 0000421118). May 1, 2007 through February 28, 2010. Prepared for the State Energy Conservation Office. Austin, Texas. Texas AgriLife Extension Service / Sea Grant Extension Program. TAMU-SG-10-201. The Texas A&M University System, College Station, Texas. 70 pp.
4. **Haby, M.G., G.L. Graham, and R.J. Miget.** 2010. *Intensive Technical Assistance for the Gulf and South Atlantic Shrimp Industry: A Final Report Outlining the Work Undertaken and Achievements to Date.* (Award Number 2005-48605-03347). Prepared for the Southern Region Risk Management Education Center. Stephenville, Texas. Texas AgriLife Extension Service / Texas Sea Grant Extension Program. TAMU-SG-10-202. The Texas A&M University System, College Station, Texas. 83 pp.
5. **Rao, R.K.S.** 1987. *Financial Management – Concepts and Applications.* McMillan Publishing Company, New York, NY. 797 pp.
6. U.S. Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy. 2010. "Annual Energy Outlook 2010 with Projections to 2035". DOE/EIA-0383(2010). [www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/]. Accessed October, 2010. 221 pp.
7. **Sherrick, B.J., P.N. Ellinger, and D.A. Lins.** 2000. "Time Value of Money and Investment Analysis: Explanations and Spreadsheet Applications for Agricultural and Agribusiness Firms, Part II." The Center for Farm and Rural Business Finance, Department of Agricultural and Consumer Economics, and Department of Finance, University of Illinois, Urbana-Champaign, Illinois. 34 pp.
8. **Ramsingh, M.** *Seafood.com News.* 2013. Accessed via email November 25, 2013.
9. **Barringhaus, D., and R. Olds.** "Maximizing Propulsion Efficiency – Are There Gains to Be Made by New Technology?" [www.olds.com.au/marine/maximizing\_propulsion\_efficiency/index.html]. Accessed September 17, 2013. Olds Engineering, Marine Division, Maryborough, Queensland, Australia.
10. **Barringhaus, D., and R. Olds.** "Rice Speed Nozzles More Efficient than Kort 19a Nozzle." [www.propellerpages.com/?c=nozzles&f=Speed\_Nozzle\_Tests]. Accessed September 17, 2013. Olds Engineering – Marine Division – Maryborough, Queensland, Australia.
11. **Haby, M.G., R.J. Miget, and E.A. Reisinger.** 2013. "The Steps Required to Produce Visually Perfect, Premium Quality, Great Tasting, Wild Shrimp." A Texas A&M AgriLife Extension Service / Texas Sea Grant College Program Staff Paper. TAMU-SG-13-502. The Texas A&M University System, College Station, Texas. 18 p.

Los programas de extensión de Texas A&M AgriLife Extension Service atienden a las personas de todas las edades sin importar su nivel socioeconómico, raza, color, sexo, religión, discapacidad o nacionalidad.

Publicado en apoyo de Cooperative Extension Work in Agriculture and Home Economics, Acts of Congress del 8 de mayo de 1914, y sus modificaciones, y el 30 de junio de 1914, en colaboración con United States Department of Agriculture. Douglas L. Steele, Director, Texas A&M AgriLife Extension Service, El Texas A&M University System.

