

A. Porras and L. Herrera

*Astilleros de Santander (ASTANDER), Astillero, Cantabria, España.*

A. Carneros and J.I. Zanón

*Fundación Centro Tecnológico SOERMAR, Madrid, España.*

**ABSTRACT:** Los astilleros de reparación tienen la necesidad de disponer de nuevas herramientas y paradigmas para integrar las diferentes fases de diseño a través de una información más estandarizada e introducir un método de confianza para el análisis del ciclo de vida de diseños de “*retrofitting*”, apoyando la toma de decisiones en la fase de oferta y, más tarde, las diferentes etapas del ciclo de vida del buque. Es crucial que las herramientas de diseño y los paradigmas sean mejorados para permitir nuevos diseños y procesos con el objetivo de minimizar los costes totales de “*retrofitting*”. Este artículo científico se centra en especificar los requisitos para la integración del prototipado virtual temprano, así como de herramientas del ciclo de vida en la etapa de “*retrofitting*” de un buque, con el objetivo de aportar ideas para el desarrollo de una estructura de datos óptima y de un interfaz de usuario. Con el objetivo de apoyar tanto una como la otra es necesario, en primer lugar, el desarrollo de un nuevo diseño de modelos que ayude al astillero a evaluar el coste y el tiempo del modelado para el “*retrofitting*” y, en segundo lugar, el desarrollo del análisis del coste del ciclo de vida (LCCA), la evaluación del ciclo de vida (LCA) y el Análisis de riesgos. Los requerimientos específicos serán “*outputs*” del proyecto SHIPLYS y se utilizarán dentro del mismo para desarrollar e integrar herramientas que permitan un aumento de la eficiencia, velocidad y seguridad del proceso de diseño del “*retrofitting*”.

## 1 ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS.

- LCCA → Análisis del coste del ciclo de vida
- LCA → Evaluación del ciclo de vida
- SHIPLYS → Soluciones informáticas del ciclo de vida para buques.
- LCIA → Evaluación del impacto del ciclo de vida
- M/E → Motor principal
- A/E → Motor auxiliar.
- ABS → Caldera de gases de escape.
- PYME → Pequeñas y medianas empresas.
- FMEA → Análisis de Modo de Falla y Efecto.
- FTA → Análisis del árbol de fallos.
- BIM → Modelado para Información de construcción.
- SECA → Zonas de emisiones controladas de azufre.
- RCO → Opciones de control de riesgos.

## 2 INTRODUCCIÓN

El proceso de “*retrofit*” es un proceso ingenieril del buque, que en muchos casos puede involucrar cambios fundamentales en la arquitectura, funcionalidad o incluso, en la operación del buque, siendo la naturaleza de los proyectos de reparaciones y “*re-*

*trofitting*” sustancialmente diferentes de proyectos de nueva construcción.

El período de ofertas y preparación es muy corto en comparación con un proyecto de nueva construcción. En este caso, la mayoría de las decisiones se tienen que tomar una vez se está a bordo del buque o con comunicaciones cercanas con el armador.

La especificación de los trabajos está habitualmente proporcionada por el armador. Siguiendo la misma línea, el armador maneja frecuentemente las actividades de diseño ingenieril para la preparación del proyecto de reparación o del “*retrofitting*”.

El reto principal para los astilleros es establecer estimaciones realistas de las actividades y el volumen de trabajo, así como desarrollar una planificación del proyecto acorde a las estimaciones.

La dinámica de la reparación y el “*retrofitting*” es compleja. Es habitual que exista un gran número de decisiones “*ad-hoc*” las cuales tendrán que tomarse a medida que el trabajo va avanzando. El estado de los diferentes sistemas se investiga durante el curso del proyecto, obteniéndose de manera potencial, las distintas deficiencias que previamente no se habían visto. Esto crea un reto tanto para la logística, como para el plan de trabajo establecido.

El escenario propuesto en este informe debe apoyar al desarrollo y a la validación de la herramienta SHIPLYS para su aplicación al sector de la reparación de buques y del “*retrofitting*”. A través de la

provisión de información relevante con el “*retrofitting*” y las reparaciones, se esperan evaluar los costes y el tiempo de modelado y poder desempeñar el análisis del coste del ciclo de vida (LCCA) así como, una evaluación ambiental y un análisis de riesgos.

El escenario propuesto será utilizado en primer lugar para la evaluación de trabajos de “*retrofitting*” de un RoRo de pasaje que ha sido equipado con un sistema de limpieza de gases de exhaustación (SOx Scrubber) para cumplir con las exigencias redactadas en el MARPOL.

### 3 OBJETIVOS

El objetivo para este escenario es ayudar en el desarrollo de una herramienta de modelado virtual que permita mejorar el proceso de “*retrofitting*” o las Conversiones, particularmente en astilleros pequeños y medianos, y haciendo posible un trabajo de “*retrofitting*”/Conversión óptimo, con el coste del ciclo de vida, la evaluación ambiental y la evaluación de riesgos.

El escenario tiene como meta satisfacer los objetivos del proyecto SHIPLYS, del siguiente modo:

- Demostrar la efectividad del modelador SHIPLYS integrado y su aproximación al ciclo de vida.
- Desarrollar un sistema de prototipado virtual para incorporar el coste del ciclo de vida LCCA así como los criterios de evaluación de riesgos y ambientales, con el objetivo de obtener una rápida y efectiva evaluación de costes de las alternativas.
- Llevar a cabo el diseño de un modelo 3D CAD con el detalle requerido para la construcción en el astillero, y el uso de éste para determinar las cargas de trabajo, procesos, necesidad de recursos, así como la construcción de un modelo de análisis más completo.
- Ser capaz de mantener la información técnica de la oferta y pasarla a la etapa de ingeniería de detalle.
- Introducir un método de modelado de confianza para los análisis del ciclo (coste, medioambiente, riesgos) para etapas tempranas del diseño (información de la oferta) hasta etapas finales como el diseño de detalle.
- Evaluar el impacto de los cambios en diferentes etapas para obtener la configuración óptima.

El diagrama de trabajo se organiza en 4 tareas. La figura 1 enfoca evaluaciones y optimizaciones holísticas a través de las herramientas de SHIPLYS de un trabajo de “*retrofitting*”, un ROPAX recientemente llegado al astillero al que se le va a introducir un “*scrubber*” para reducir las emisiones de gases y proteger el medio ambiente.

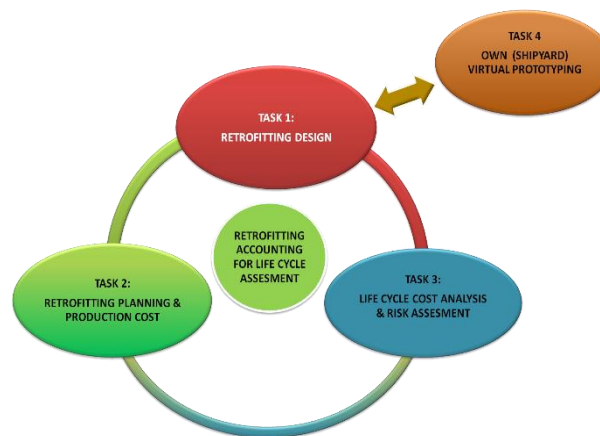


Figura 1 Organización esquemática escenario RETROFITTING

El escenario usará tecnologías integradas en otras aplicaciones software. Esta tecnología se integrará al software capaz de predeterminar el análisis de costes del ciclo de vida (LCCA), así como la evaluación de los riesgos desde la etapa conceptual de “*retrofitting*”.

### 4 CASO ESTUDIO PARA ESCENARIO PROPUESTO DE RETROFITTING

#### 4.1 Antecedentes

La industria naval y marítima se está enfrentando a los desafíos de adoptar nuevas tecnologías y/o, prácticas operacionales, para acoplar normativas cada vez más estrictas a nivel internacional, nacional y local sobre la reducción de emisiones de gases.

Aunque el escenario se puede adaptar a cualquier tipo de buque y trabajo, el primer estudio propuesto para el desarrollo de éste, se enfoca en una evaluación y optimización holística (a través de la herramienta de SHIPLYS) para algunas actividades de “*retrofitting*” recientemente realizadas por ASTANDER que están relacionadas con la instalación de “*scrubbers*” en buques ROPAX ya existentes, para reducir los gases provenientes de la chimenea y proteger al medioambiente.

Como estos ferries operan normalmente en zonas SECA, con el objetivo de cumplir la normativa recientemente actualizada del anexo VI del MARPOL, se ha realizado un programa exhaustivo para actualizar la flota, basado en mantener el coste efectivo del heavy fuel oil, y, en consecuencia, instalando “*scrubbers*”.

El ejemplo típico de trabajos de “*retrofitting*” relacionados con un “*scrubber*” son:

- Eliminación de las exhaustaciones existentes y recambio de los silenciadores por los nuevos “*scrubbers*”.

- Instalación de los 7 nuevos “scrubbers” (4 para el motor principal, 3 para el auxiliar).
- Redireccionado de la red de tuberías existente en la envoltura.
- Instalación de la nueva cámara de bombas.
- Instalación de los nuevos escapes y sistemas de tubería de agua.
- Fabricación y montaje de una chimenea más grande.
- Instalación de nuevos sistemas eléctricos, sistemas de control, aislamiento, modificaciones estructurales y otros trabajos auxiliares.

Debido al limitado espacio disponible en la carcasa y la interferencia entre sistemas de tubería y estructurales, la entrega, que fue muy ajustada, se consiguió hacer en el plazo establecido gracias a un correcto “*planning*” y a una estrategia adecuada del proceso de recambio/montaje.

Uno de los requisitos del astillero de reparaciones es poseer herramientas de prototipado virtual con el objetivo de reducir el riesgo de interferencias y trabajos que no han sido planeados. Por tanto, será necesario una herramienta que aporte modelos 2D y 3D similares a los de las figuras 2 y 3, que serán utilizados con el objetivo de aumentar la eficiencia, velocidad y fiabilidad del diseño de “*retrofitting*” y llevar a cabo la oferta lo antes posible.

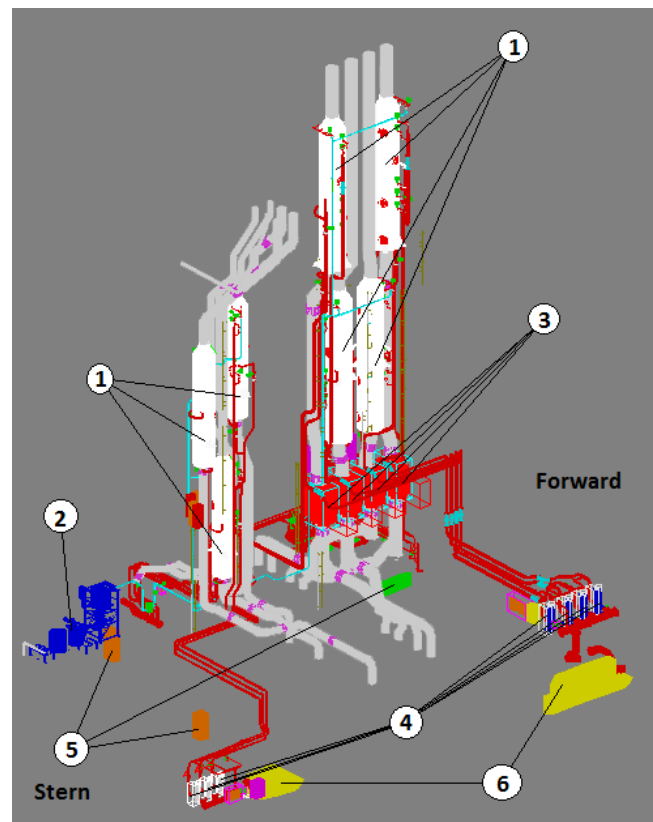


Figura 3 - 3D modelo retrofitting

## 4.2 Escenario RETROFITTING: desarrollo y necesidades

### 4.2.1 Posicionamiento del escenario y diagrama de flujo

En el proyecto SHIPLYS, el escenario de “*retrofitting*” se posiciona en la etapa B (Plan de “*Retrofitting*”, Diseño y Producción) dentro de la vista esquemática del ciclo de vida del modelo mostrado en la Figura 4 especialmente adaptado a las etapas del ciclo de vida de las instalaciones marinas y buques.

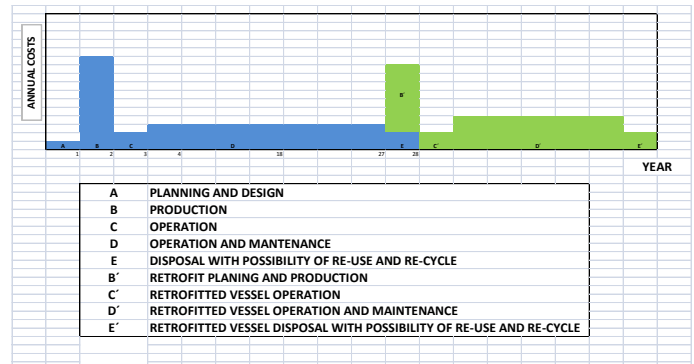


Figura 4 Vista esquemática del modelo de coste del ciclo de vida de una estructura marina [1]

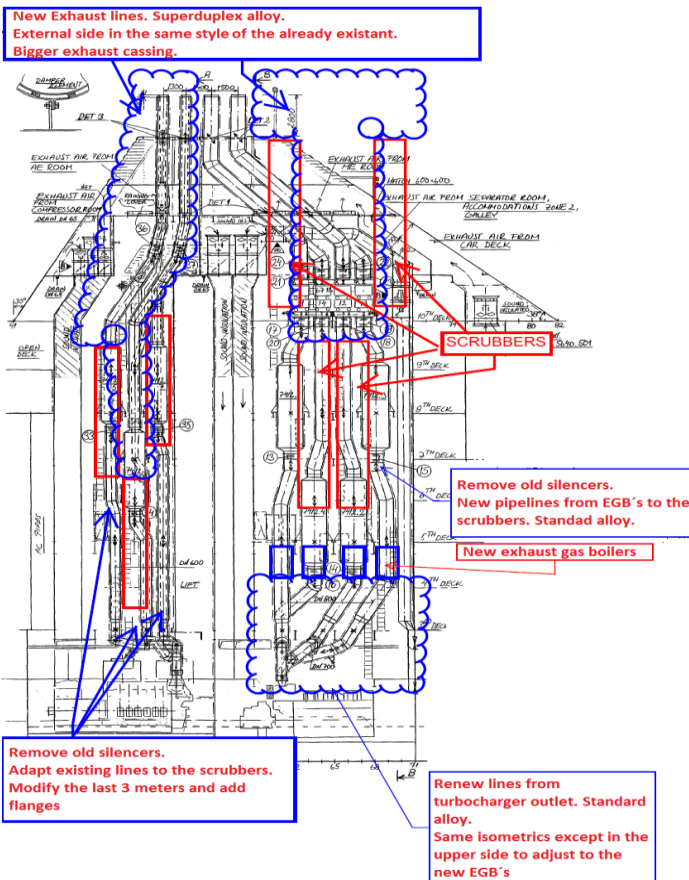


Figura 2 - 2D modelo retrofitting

Con el objetivo de analizar el escenario del “retrofitting”, debajo se introduce un diagrama de flujo donde se pueden visualizar las diferentes tareas que el software SHIPLYS debe ser capaz de resolver. Cada caja particular corresponde a un módulo distinto del software. Adicionalmente, las diferentes bases de datos que se requieren también se presentan en las siguientes tablas de flujo.

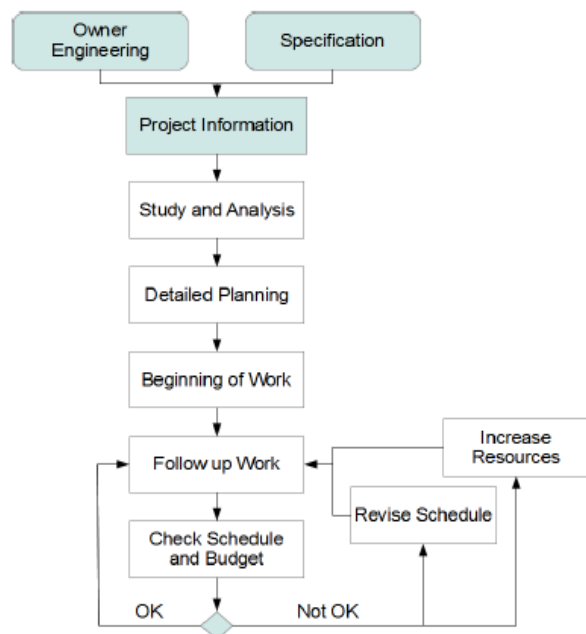


Figure 5: Diagrama de flujo para un retrofitting [2]

#### 4.2.2 Base de datos y herramientas de ayuda a la toma de decisiones apuntalando al escenario SHIPLYS RETROFITTING

La tendencia en arquitectura naval y en el diseño de buques es convertir todos los datos de un buque específico en archivos digitales estructurados en muchas categorías utilizando el formato digital que sea apropiado para desarrollar modelos y simulaciones de los componentes del buque a diferente escala y con diferentes cálculos físicos.

El escenario propuesto recoge medidas para que los pequeños y medianos astilleros adopten, desde la introducción de la lista de materiales y equipamiento necesario para realizar el “retrofitting”, hasta lo requerido para realizar labores de reparación, todo ello relacionado con la obtención de unos inputs (valores de entrada) relacionados con el “planning” y la dirección, con el objetivo de obtener una base de datos lo más completa posible con un efecto directo en aumentar el conocimiento sobre estas materias (Ciclo de vida del barco), pudiendo todo ser extrapolado a otro “retrofitting”, nuevas construcciones o al reciclaje.

#### 4.2.3 Organización del escenario de RETROFITTING.

Como muestra la figura 1 de forma esquemática, el escenario se organizará en 4 tareas relacionadas con el diseño de “retrofitting” (Tarea 1), el plan para el “retrofitting” y los costes de producción (Tarea 2), LCCA y evaluación de riesgos (Tarea 3) y el prototipo virtual 3D (Tarea 4).

### 5 PLAN PARA EL RETROFITTING Y LOS COSTES DE PRODUCCIÓN Y LCCA

Para completar el proyecto correctamente se debe dirigir adecuadamente, considerando los costes y horarios basados en los acuerdos y en las especificaciones técnicas.

#### 5.1 Metodología empleada para el objetivo de la optimización

##### 5.1.1 Valor Ingenieril / Valor del Análisis

De acuerdo con la definición adoptada por SAVE International, “el valor metodológico es un proceso sistemático utilizado por un equipo multidisciplinar para mejorar el valor de un proyecto a través del análisis de sus funciones”. Bajo este contexto podemos definir valor como: “la relación entre el rendimiento del proyecto de un producto/proceso y el coste para obtenerlo”. (Departamento de Transporte de California 2007)

Se puede obtener un valor mayor mejorando el rendimiento y/o reduciendo los costes. La reducción de los costes se consigue “a través de identificar diversas alternativas para completar de forma fiable una función que encuentre las expectativas de funcionamiento que el cliente demanda” (SAVE International 2007). A través de los estudios de la reducción de costes aparece el valor metodológico, debería anotarse que esta herramienta está dirigida a aumentar el valor y, por tanto, “es también común para un estudio identificar las posibles mejoras de valor que puedan aumentar el coste del proyecto” (Hammersley 2002). El valor metodológico está basado en una secuencia lógica de fases.

Dentro del contexto del proyecto SHIPLYS, las fases de interés son la creativa y la de evaluación.

El objetivo de la fase creativa es producir alternativas potenciales para el “retrofitting”. Con el objetivo de permitir la generación de una mayor cantidad de alternativas, dentro de esta fase se utilizan una o varias técnicas para poder cumplir con el objetivo. Una de las técnicas más habituales dentro de esta fase es el “brainstorming”, que se basa en un diálogo libre del problema a resolver.

El objetivo de la fase de evaluación es fijar las alternativas más prometedoras dentro del amplio rango de ideas que provienen de la fase creativa.

Las ideas serán evaluadas de acuerdo a los criterios definidos para el problema en consideración con el objetivo de hacer un ranking de las alternativas.

Dependiendo del número de alternativas y el criterio empleado para esta fase, puede resultar complejo y una pérdida de tiempo y, por tanto, debería emplearse una metodología estructurada para la toma de decisiones.

### 5.1.2 Simulación de procesos

La simulación de un proceso de producción planificada de un buque se utiliza en un amplio número de astilleros hoy en día, y puede que se vuelva una parte general y relevante de las actividades de planificación para la preparación de la producción. Desde que los proyectos de “retrofitting” están caracterizados por periodos de tiempo cortos y procesos de decisión elevadamente dinámicos, un método de validación potente como las simulaciones tiene un potencial prometedor para el apoyo a la toma de decisiones.

## 5.2 Análisis de costes del ciclo de vida y evaluación de riesgos.

Las consideraciones económicas siempre han formado una parte importante del diseño ingenieril y una fuerza para el refinamiento y la sofisticación de los métodos de diseño.

Como ejemplo, el coste total de un sistema “scrubber” incluye el coste inicial del “scrubber”, los gastos de instalación, el equipamiento adicional fuera de contrato, las modificaciones del buque, los trabajos operacionales del buque, el mantenimiento del buque etc... Basado en estos factores, es posible realizar una comparación de los costes del ciclo de vida para diferentes soluciones y alternativas. El objetivo principal del astillero durante esta tarea es valorar los impactos ambientales durante el “retrofitting”, el aumento de la seguridad en el buque en operación y la minimización del coste incurrido durante el proceso de “retrofit”.

### 5.2.1 Proceso de modelado para el LCCA

En el contexto del escenario propuesto de “retrofitting”, el LCCA debe aplicarse como un medio de evaluación del coste de “retrofitting” o para evaluar las opciones de “retrofitting”. Se sugiere como referencia el documento “European methodology for Life cycle costing in construction developed by Davis Langdon Management Consulting 2007”. [4]

Es importante darse cuenta que esta metodología se realizó para ser compatible con la normativa ISO 15686 Parte 5, donde el término “ciclo de vida” difiere del utilizado en el estándar ambiental, ISO 14040. La última normativa mencionada adopta un comportamiento “de principio a fin”. Sin embargo, la ISO 15686 puede tener 2 interpretaciones, bien “de principio a fin” o un corto análisis económico conducido por un cliente específico o las necesidades del proyecto.

### 5.2.2 LCA

El LCA podría ayudar a la evaluación de todo el balance ambiental para el “retrofit” realizado, mayoritariamente utilizando un análisis cuantitativo del efecto los productos y los procesos en términos de los recursos consumidos, sustancias emitidas o depositadas, energía o radiación.

Con el objetivo de distinguir adecuadamente los recursos consumidos y las emisiones emitidas por un buque específico, frente a los recursos consumidos y emisiones emitidas por una medida de “retrofits” aplicada, se procurará introducir un modelo base LCA en el caso de ausencia de un buque existente.

El modelo base/referencia a desarrollar tendrá en consideración, normalmente, las operaciones más comunes del buque, extrapolando éstas un tiempo de vida asumido, por ejemplo, de 25 años.

El perfil operacional del buque, así como los parámetros de consumo, y más información adicional desde la fase de construcción hasta el presunto final de la vida del buque, son importantes para desarrollar el modelo del ciclo de vida del buque.

Una vez que la base del escenario del LCA de un buque específico se ha desarrollado, los impactos ambientales potenciales producidos por la operación del buque se pueden calcular, contabilizando el historial ambiental del buque, además de hacer posible el extrapolar los potenciales impactos futuros. Cualquier diferencia con el comportamiento más habitual del perfil operacional del buque, por ejemplo, el cambio de combustible a uno con menos índice de azufre se puede evaluar en comparación con el modelo de referencia.

Adicionalmente, la comparación anterior ofrece al usuario final la flexibilidad de ajustar valores de entrada relevantes en relación con los sistemas originales o a posibles “retrofits”, con el objetivo de mejorar los cálculos de las actuaciones ambientales futuras.

El procedimiento de reunión de datos relacionado con los procesos o sistemas bajo afirmación y, adicionalmente el modelo del ciclo de vida pertenece a la fase de Análisis de Inventario del LCA. La fase siguiente se denomina Evaluación de Impactos, que es donde se introducen los inputs ambientales y se

obtienen los resultados. Por ejemplo, los flujos de recursos y emisiones, que han sido recogidos e informados en el inventario, son ahora trasladados al indicador de resultados de impactos para una evaluación de impactos potenciales relacionados con la salud humana, medioambiente, y falta de recursos. “Los resultados del LCIA deben ser vistos como indicadores de potenciales impactos ambientalmente relevantes, en lugar de predicciones de efectos ambientales”.

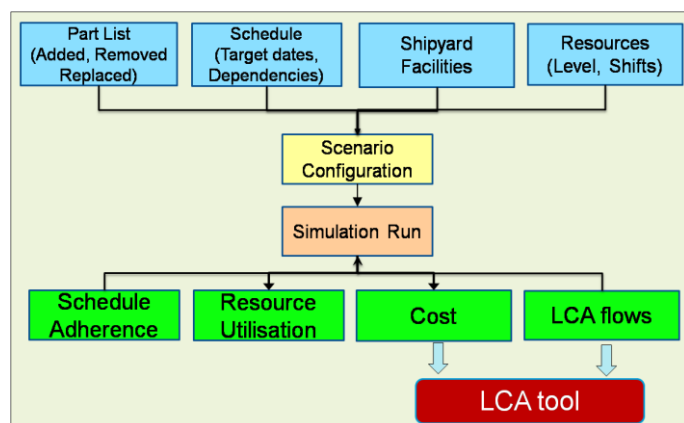


Figura 6 Flujo de trabajo LCA de producción en astillero [5]

### 5.3 La evaluación de riesgos como un proceso del ciclo de vida

La evaluación de riesgos adopta un acercamiento integrado y holístico que incluye un análisis de riesgos en el proceso de diseño.

La rentabilidad y el diseño de medidas que mejoren la seguridad, se utiliza como base para obtener un balance óptimo entre los costes y la seguridad mientras se reducen los riesgos al mínimo desde el punto de vista práctico.

Esto puede ser asistido, donde sea apropiado, por bases de datos y el propio conocimiento que se relacionan con las estadísticas de sucesos, además de las medidas operacionales y de diseño aplicables a la prevención y mitigación de riesgos.

El “retrofitting” de un barco se puede analizar utilizando técnicas clásicas para el análisis de riesgos, como el FTA o el FMEA.

Un procedimiento operacional que se aplica a bordo también puede ser considerado como el sistema de un buque analizándolo utilizando las mismas técnicas.

Cuando se considera implementar varias medidas de mejora de la seguridad (opciones de control de riesgos RCOs) su coste y beneficios se pueden evaluar y chequear utilizando un criterio establecido.

## 6 PROTOTIPADO VIRTUAL

Para poder asistir al desarrollo del proceso de “retrofitting” en un buque, se requiere de un modelo

que incluya toda la información necesaria para el proceso completo.

A veces un modelo 3D detallado se entrega como documentación técnica por el armador para el “retrofit”, pero habitualmente el seguimiento entre la documentación aportada por el armador (Planos, especificaciones, Modelo 3D, etc..) y el buque real no coincide.

Para evitar largas desviaciones en términos de costes en el ciclo de reparaciones, el astillero necesita desarrollar su propio modelo 3D basado en la recolección de datos a bordo que permita un diseño, obtención y fase de planificación rápidos.

### 6.1 Modelo 3D

Para apoyar las tareas de “retrofitting”, el modelo 3D del buque creado con la herramienta SHIPLYS deberá incluir, no solo generalidades del buque, o modelos individuales de los diferentes sistemas. Deberá contener modelos de todas las tuberías, líneas de cableado, acero y equipos.

Agrupado por capas, pero como un solo cuerpo, para que no haya ninguna diferencia entre el modelo real y el modelo 3D. Esto permitirá un planeamiento fácil de la instalación o eliminación de los equipos, y se reducirán interacciones no deseadas entre ellos.

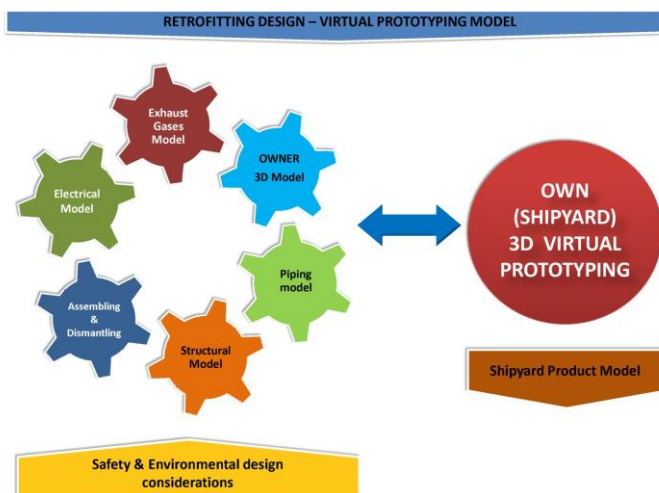


Figure 7 Prototipado Virtual

## 7 CONCLUSIONES

ASTANDER y SOERMAR consideran que un programa BIM de las características planeadas en el proyecto SHIPLYS pueden ser útiles para los trabajos de transformación y reparación en el astillero si satisface los siguientes requisitos:

### 7.1 Requisitos de los prototipos

- Generación de un modelo 3D en las etapas iniciales que permita estimar los costes resultantes de la producción con suficiente deta-

lle, además de determinar la cantidad de material a emplear.

- Llevar a cabo en la etapa conceptual diseños 3D CAD modelando con un número reducido pero suficiente de parámetros, y utilizar estos para establecer unos datos adecuados para determinar las cargas de trabajo, procesos, recursos necesarios para construir un modelo más completo para su análisis.
- Integrar las diferentes etapas de diseño a través de información más estandarizada.
- Introducir un método fiable de modelado para el análisis del ciclo de vida (costes, ambiental, riesgos) para los diseños en etapas tempranas (apoyando en la fase de decisión de oferta) y más tarde, para el diseño de detalle.
- Tratar la oscilación de los efectos del ciclo de vida si los cambios en el diseño se realizan antes del diseño final.
- Un uso más a fondo de la capacidad de modelado con una base de datos suficiente que permita producir su estilo propio de buques y diseños activos, y extrapolarlo para hacer Prototipos Virtuales.

## 7.2 Requisitos generales

- Estimación de presupuestos basado en una cuantificación completa de los materiales necesarios y horas de trabajo.
- Basándose en la ingeniería de detalle provista por el propietario (o no), el programa debe mostrar una cuantificación completa de los materiales y dimensiones necesarios.
- Esto debe incluir materiales constituyentes (placas, perfiles, tubos, cables, etc.) así como un hardware completo (bombas, motores, scrubbers, etc.)
- Como presupuesto no consiste únicamente en materiales, sino también en horas de trabajo, el programa debe aportar la cantidad de personal del astillero por sectores, y considerando los diferentes trabajos a completar (no solo el tipo, sino también el espacio), una estimación del número de trabajadores de cada sector que se necesitan por operación. La consecuencia de ello será una planificación adecuada. Además, las horas de trabajo podrán ser calculadas fácilmente.
- Permitir la optimización del uso de la maquinaria y los tiempos del astillero.
- El programa debe incluir un modelo del astillero, con su dique seco (o grada), así como sus medios (grúas, conexiones en tierra, etc.). Con estas medidas se pretende planear una

coordinación adecuada de los medios del dique (o grada).

- Esto permite una alta ingeniería de detalle.
- El modelo del buque realizado con la herramienta SHIPLYS debe incluir, no solo generalidades del barco, o modelos individuales de diferentes sistemas, debe contener modelos de cada tubería, línea de cableado, acero y armamento.
- Agrupado en capas, pero como un solo objeto, de forma que no haya ninguna diferencia entre el modelo mellizo y el buque real. Esto permitirá un plan más fácil de la instalación o la retirada de equipos, y reducirá interacciones no deseadas entre ellos.
- Permite determinar las fechas más adecuadas para la recepción de material y equipos.
- Una vez completado el material necesario y la lista de equipos, el plan logístico de montaje y compras será más fácil, y por tanto la definición de las fechas más adecuadas para la recepción del material se hace posible. Esto mejora la competitividad del astillero (Sistema Just in Time).

ASTANDER y SOERMAR reconocen que los objetivos totales del proyecto SHIPLYS son más amplios que los indicados, pero requieren soluciones que permitan aumentar la eficiencia productiva, reducir el consumo de energía, los impactos medioambientales y los costes de producción de los astilleros.

El escenario propuesto posee la ventaja de estar basado en un “*retrofitting*” real realizado por el astillero.

Está disponible una grandísima cantidad de información que podría ser útil para desarrollar el sistema de Prototipado Virtual para incorporar el LCCA, los criterios para la evaluación de riesgos y las evaluaciones medioambientales, para una rápida evaluación efectiva de los costes de alternativas.

Para terminar, nos gustaría destacar que el escenario propuesto es construir sobre la ingeniería de detalle aportada por el armador. Es cierto que existen otras soluciones diferentes a los scrubbers para controlar las emisiones en el área SECA, pero no es objeto de este escenario evaluarlo.

Los escenarios propuestos se deben utilizar para desarrollar las herramientas de modelado virtual que permitan un mejor “*Retrofitting*”/Conversión, de modo particular en los astilleros PYME, y permitir conseguir el “*Retrofitting*”/Conversión óptimo con el LCCA, la evaluación ambiental y la evaluación de riesgos.

## 8 REFERENCIAS

- [1] SHIPLYS project. Información disponible: <http://www.shiplys.com/>.
- [2] Blanco-Davis, E. and P. Zhou, Development of LCA Tool: Suggestions for LCA database development, in Deliverable 3.3 of the EC-FP7 Eco-REFITec project. 2012
- [3] Value Engineering of Technological Eco-Innovation for ship retrofit). Eco-REFITEC D2.2
- [4] LCC as a contribution to sustainable construction a common methodology\_Davis Langdon Management consulting 2007.
- [5] Koch, T., E. Blanco-Davis, and P. Zhou. Analysis of Economic and Environmental Performance of Retrofits using Simulation in Computer and IT Applications in the Maritime Industries. 2013. Cortona, Italy: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- [6] EcoREFITEC-D-2.1-2013-05-31-CAES-Technical Guide for Ship Retrofit Eco Innovation Evaluation.