



**UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE
CARTAGENA**



Proyecto final de carrera
Estudio del estado de la realidad
virtual y aumentada en el diseño
naval



Autor: Estíbaliz Romera Acosta
Tutor: Gregorio Munuera Saura



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Gregorio Munuera, por haber aceptado sin vacilar ser mi tutor por la Universidad Politécnica de Cartagena, permitirme vivir esta experiencia.

A mis padres, en especial a mi madre María José, por haberme dado siempre vuestro apoyo y cariño y enseñarme la virtud del esfuerzo y haber hecho de mi la persona que soy.

A Victor, por todo, por estar ahí, por convertir los días malos en días buenos, por escucharme y apoyarme en todo momento. Has sido un pilar importante en este proyecto.

Y por último a mis compañeros, Kristian y Marifran por entender mi situación y ayudarme en todo momento de una manera desinteresada.



INDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 OBJETIVO.....	6
2. LA CONSTRUCCIÓN NAVAL.....	7
2.1 ANTECEDENTES.....	7
3. ESTUDIO HISTÓRICO DEL DIBUJO NAVAL.....	13
3.1 DIBUJO NAVAL.....	13
3.1.1 Fundamentos del Diseño Naval. Siglos XV, XVI Y XVII.....	13
3.1.3 Trazado de las cuadernas intermedias.....	18
3.2 EVOLUCIÓN EN LA REPRESENTACIÓN NAVAL.....	21
3.2.2 Trazado de naves en los Tratados de Arquitectura Naval. Siglos XV, XVI y XVII.....	22
4 ESTADO DEL ARTE.....	28
4.1 REALIDAD VIRTUAL.....	28
4.1.1 Definición.....	28
4.1.2 Evolución histórica.....	29
4.1.3 Aplicación naval.....	33
4.2 REALIDAD AUMENTADA.....	34
4.2.1 Definición.....	34
4.2.2 Evolución histórica.....	35
4.2.3 Aplicación naval.....	36
4.3. MODELADO.....	38
4.3.1 Definición.....	38
4.3.2 Evolución histórica.....	39
4.4 RENDERIZADO.....	45
4.4.1 Motor de renderizado.....	46
4.5 PROGRAMAS PARA EL MODELADO 3D.....	46
6. EJEMPLO DE REALIDAD VIRTUAL.....	53
6.1 MODELADO DE BUQUE EN 3D.....	53
6.2 RECORRIDO VIRTUAL.....	67
6.2.1. Cámaras.....	67
6.2.2 Luces.....	69
6.2.3 Texturas.....	70
6.2.4 Estudio de movimiento.....	71
7. CONCLUSIONES.....	75



Bibliografía..... 77



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Barca solar de Keops.....	7
Ilustración 2 Tracas cosidas del casco de un bote	8
Ilustración 3 Sistema de mortaja y espiga utilizado para unir planchas de un casco	9
Ilustración 4 Barco encontrado en el lago Nemi en el que utilizó esta técnica	10
Ilustración 5 Imagen de construcción integrada de un buque.....	12
Ilustración 6 Esquema sobre la deformación de la varenga.	14
Ilustración 7 Esquema del perfil longitudinal del casco, la cuaderna de cuenta y los listones de madera que permiten el control longitudinal de la forma.	15
Ilustración 8 Medidas que se consideraban necesarias para construir un navío.....	16
Ilustración 9 Trazados utilizados para la definición de la cuaderna maestra a lo largo del siglo XVII (izquierda) y a finales de éste (derecha) recogidos en la edición comentada del “Arte de Fabricar Reales”	17
Ilustración 10 Herramientas de un Arquitecto Naval.....	20
Ilustración 11 Izquierda Grabado en los cimientos de la Alcazaba de Málaga. Derecha Capitel románico del siglo XII. San Pantaleón de Losa. Burgos	21
Ilustración 12 Bajorrelieve de una nao del siglo XVI. Iglesia de Santa Maria. Caldas de Reyes. Pontevedra. Derecha Biblia Vulgata del duque de Escalona S. XIII.....	22
Ilustración 13 Buque modelo Santa Ana S. XVII	24
Ilustración 14 Plano de formas de una embarcación.....	26
Ilustración 15 Modelo de casco 3D	27
Ilustración 16 Realidad virtual en buque.....	29
Ilustración 17 Realidad virtual en una embarcación.	34
Ilustración 18 Prototipo Sensorama en 1961	35
Ilustración 19 Aplicación realidad aumentada.....	37
Ilustración 20 Ejemplo de diseño asistido por ordenador aplicado a la ingeniería.	38
Ilustración 21 Embarcación realizada en AutoCad.....	47
Ilustración 22 Imagen de un barco realizado mediante CATIA	48
Ilustración 23 Imagen de un barco realizado mediante SolidWorks.....	49
Ilustración 24 Imagen de cigüeñal realizado por NX Unigraphics	50
Ilustración 25 Imagen de embarcación realizada por Masurf.....	51
Ilustración 26 Sección del submarino S80 realizado en Foran.....	52



Ilustración 27 Líneas de formas en sus respectivos planos.....	54
Ilustración 28 Red de curvas del casco.....	55
Ilustración 29 Superficie Nurbs del casco.....	56
Ilustración 30 Superficie casco alisada	57
Ilustración 31 Superficie del casco del buque	57
Ilustración 32 Casco de buque portacontenedor.....	58
Ilustración 33 Distribución de cubiertas en cámara de máquinas.	59
Ilustración 34 Vista de la embarcación sombreada	59
Ilustración 35 Características técnicas asociadas a motor propulsor	60
Ilustración 36 Imagen 3D del motor propulsor	60
Ilustración 37 Motor propulsor renderizado.....	61
Ilustración 38 Características principales de los generadores auxiliares.....	61
Ilustración 39 Grupo generador renderizado.....	62
Ilustración 40 Imagen del modelado del ancla e imagen renderizada	62
Ilustración 41 Imagen del modelado de la escalera e imagen renderizada	63
Ilustración 42 Hélice renderizada.....	63
Ilustración 43 Puerta estanca de cubierta en 3D	64
Ilustración 44 Ensamblaje de motor propulsor, escaleras de acceso y eje de la hélice.	64
Ilustración 45 Ensamblaje entrepuente superior con los tres generadores y otros elementos.....	65
Ilustración 46 Ensamblaje de bodegas de carga.	65
Ilustración 47 Ensamblaje habilitación del buque portacontenedor.....	66
Ilustración 48 Vista lateral de la distribución de la cámara de máquinas.....	66
Ilustración 49 Buque portacontenedor ensamblado en su totalidad.	67
Ilustración 50 Parámetros de la cámara.....	68
Ilustración 51 Parámetro de la cámara.	69
Ilustración 52 Configuración de luces.	70
Ilustración 53 Configuración de iluminación de textura.	71
Ilustración 54 Estudio de movimiento.	72
Ilustración 55 Vista en cubierta principal.....	73
Ilustración 56 Vista entrada a cámara de máquinas.	73
Ilustración 57 Vista del motor propulsor en entrepuente inferior.	74
Ilustración 58 Vista del motor propulsor en doble fondo.....	74



1 INTRODUCCIÓN

La Industria 4.0 no es un simple cambio tecnológico, es un cambio de filosofía y de estructura económica que se hace difícil prever. La creciente digitalización y coordinación colaborativa entre todas las unidades productivas de la economía es la meta final a alcanzar. Representa el eterno reto de aunar la oferta con la demanda y ser proactivo con las tendencias del mercado. Un elemento importante en esta denominada 4ª revolución industrial, será el uso de la tecnología aplicada a la realidad virtual y a la realidad aumentada. La primera permitirá recorrer antes de su construcción las distintas dependencias de un buque, permitiendo incluso al cliente participar en la fase de diseño. Por su parte la realidad aumentada, aportará información adicional de cualquier equipo, sistema o estructura real de forma inmediata, lo que es bastante útil para la operación y explotación de un buque, o una instalación de carácter naval o industrial.

1.1 OBJETIVO

En el presente proyecto se pretende conocer la situación real de dichas técnicas. Se realizará un modelo 3D que aúne los aspectos relacionados de la realidad virtual con la aumentada en fase de diseño. Dada la complejidad de llevar a cabo el desarrollo de forma completa en un buque, se aportará un ejemplo donde se considere el buque en su conjunto como realidad virtual, aportándose algunos ejemplos del uso en el mismo de la realidad aumentada.

Se va a llevar a cabo el estudio de la evolución en el diseño naval, y la aplicación de la realidad virtual y realidad aumentada en el diseño de un buque .

2. LA CONSTRUCCIÓN NAVAL

2.1 ANTECEDENTES

Hace 4500 años la forma de construir un barco era bastante diferente a como lo sería unos 3500 años después, al menos en el Mediterráneo y el Oriente Medio. De hecho, el casco de la nave se empezaba a construir al revés de cómo se haría ahora.

Antiguamente la construcción del barco se iniciaba con la unión de las tablas, dando así forma al casco de la nave, al que luego se le añadirían por el interior las cuadernas como mero refuerzo. A esta técnica de construcción se le llama “sobre forro”. El ejemplo más antiguo de esta técnica es la barca solar de Keops encontrada junto a la Gran Pirámide en Egipto.

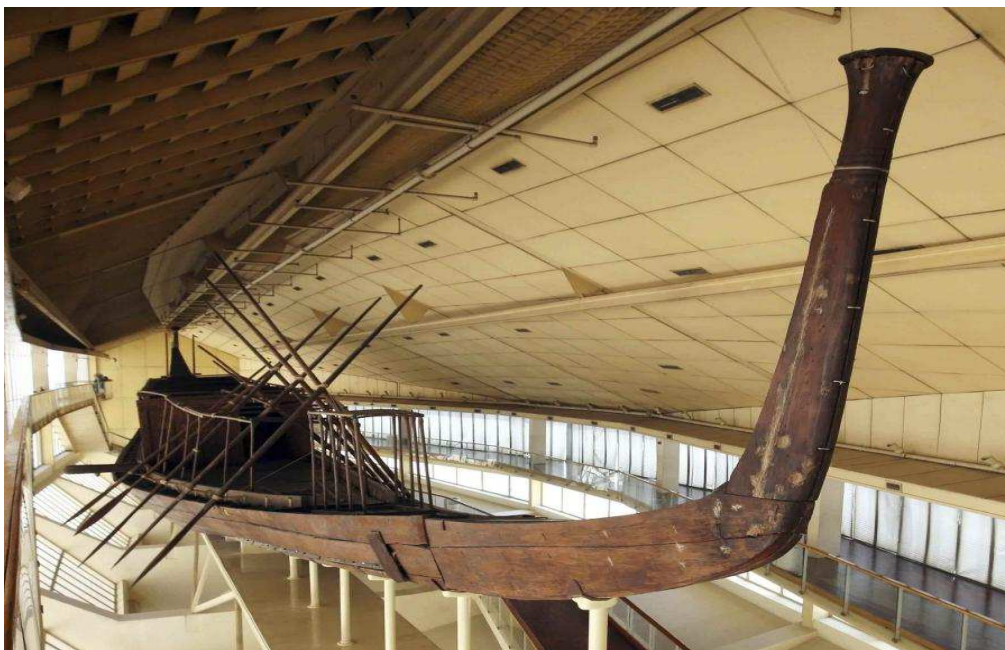


Ilustración 1 Barca solar de Keops

Una de las técnicas más primitivas de construcción de naves es la del cosido. El cosido de las tracas del barco se realizaba practicando unos agujeros cerca del borde de las mismas, por donde se pasaría una cuerda hecha de algún tipo de fibra vegetal, se sujetaban las tracas

unas con otras mediante mordazas y posteriormente podían coserse las dos tracas mientras se les iba dando la forma del casco. Se puede decir que según el lugar de construcción se utilizaba un tipo u otro de “punto”. Posteriormente se impermeabilizaban las uniones de las tracas con resina o brea igual que se haría con cualquier otra técnica de construcción. Es probable que las cuerdas debieran sustituirse periódicamente para evitar el desgaste y la descomposición causada por el agua del mar.

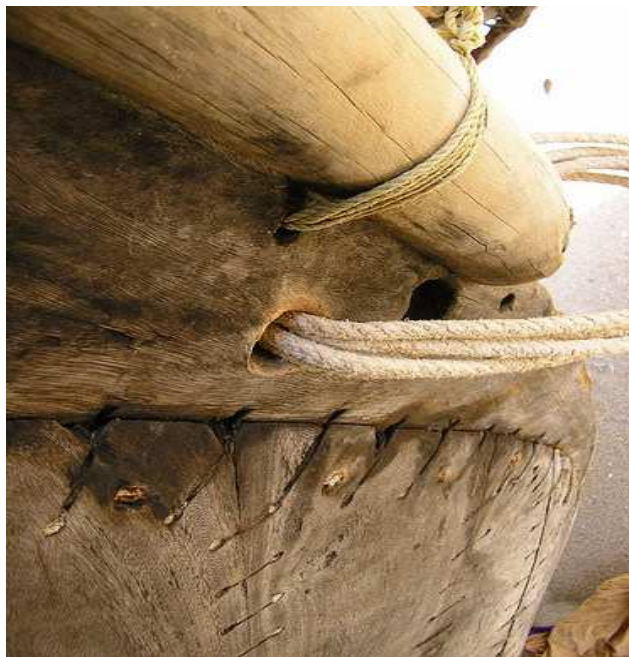


Ilustración 2 Tracas cosidas del casco de un bote

Acerca del origen de esta técnica, una de las posibilidades es la adaptación de las canoas hechas a partir de troncos de árboles vaciados a la necesidad de embarcaciones con un bordo más alto para su utilización en el mar, mediante el sistema de añadirle tablas de madera en los laterales hasta evolucionar a una nave totalmente construida mediante tablas.

Más adelante esta forma de unir las tracas del casco de la nave fue sustituida por el uso de la mortaja y la espiga en el Mediterráneo y en gran parte del norte de Europa, al menos para las naves de más tonelaje, pero se mantuvo en uso en el Mar Rojo y el Océano Índico.

El uso del sistema de mortaja y espiga en la unión de las tablas del casco de un barco construido sobre forro consistía en practicar un agujero (la mortaja) en el canto de la plancha en el cual se introduce una pieza de madera que sobresalga del mismo (la espiga) la cual será a su vez encajada en la mortaja de la plancha superior. Generalmente la unión se reforzaba mediante otra pieza que atravesara la espiga por la plancha para evitar que pudieran separarse o mediante clavos de cobre y más tarde de hierro.

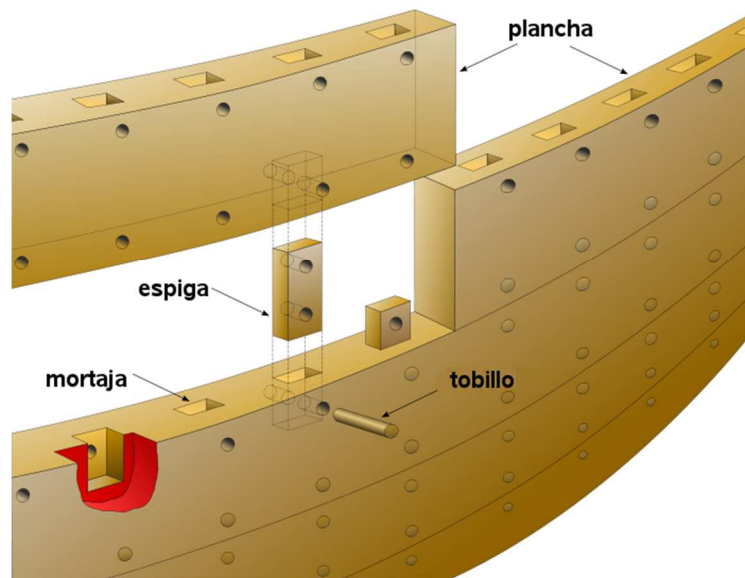


Ilustración 3 Sistema de mortaja y espiga utilizado para unir planchas de un casco

Tras la construcción del casco se le añadían las cuadernas al interior unidas al casco mediante clavos introducidos desde el exterior a los que se les doblaba la punta en la parte interior del casco.

Una vez construido el barco, la hinchazón de la madera producida por la humedad del agua hacía aún más resistente el conjunto.

La construcción del casco de una nave mediante esta técnica puede exigir miles de ensamblajes dependiendo del tamaño del buque. En los barcos rescatados en el lago Nemi en Italia, los más grandes conocidos construidos mediante esta técnica, se usaron decenas de miles de juntas. Por otro lado, las cuadernas deben adaptarse cada una de ellas al casco realizado y

por lo tanto hacerse exactamente a su medida, sistema mucho menos eficiente y más complicado que el de adaptar las tablas al esqueleto formado por las cuadernas del barco.

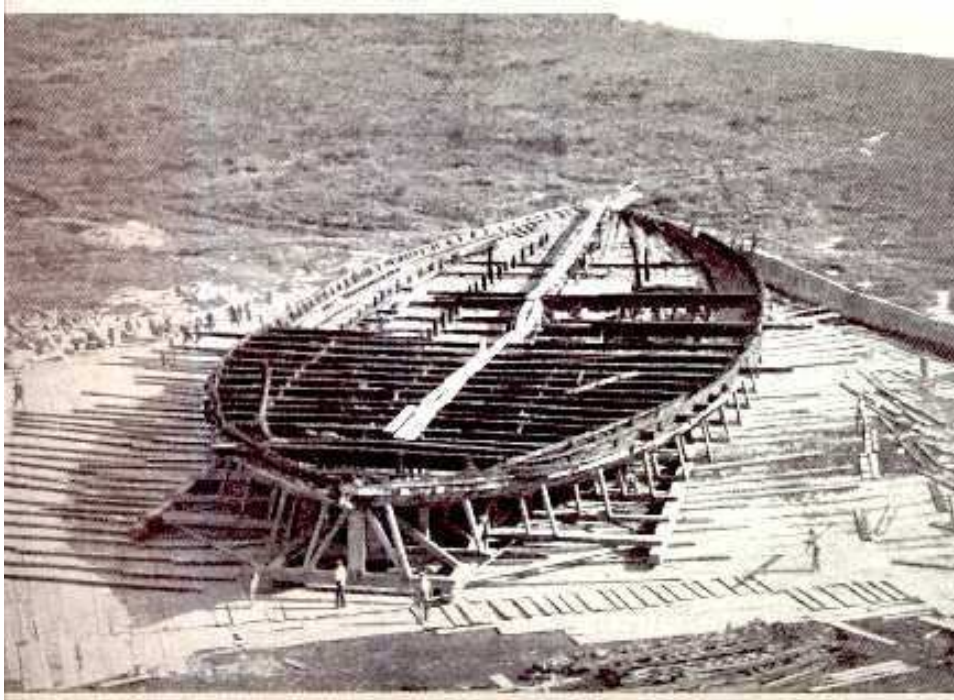


Ilustración 4 Barco encontrado en el lago Nemi en el que utilizó esta técnica

La construcción sobre forro se mantuvo en uso de forma dominante a lo largo de toda la antigüedad y la Edad Media Europea con muchas variaciones locales y combinada a veces con la que sería la técnica que la sustituiría más adelante y que posibilitaría la construcción de naves más grandes. Esto no significa que la construcción sobre forro quedara en desuso, en grandes galeones del siglo XVII se han encontrado evidencias que revelan su uso en partes del casco y aún en el siglo XX era usada para la construcción de pequeñas embarcaciones de madera.

El diseño de los buques de finales del siglo XVI y principios del XVII en la Península Ibérica fue el resultado de una tradición depurada a lo largo de una experiencia secular que los estudiosos denominan “mediterránea” en oposición a la llamada tradición “atlántica” del norte de Europa. La primera se asocia con la construcción mediante el trazado previo de unas secciones sobre las que se colocaban las tracas del forro a testa debidamente calafateadas, mientras que, en la segunda, el forro era el primer elemento que se montaba, colocando las



tracas a tingladillo sobre las que posteriormente se situaba la estructura transversal. Dado que no se empleaba la técnica del trazado de formas mediante planos, los diseños se apoyaban en reglas simples y en formas sencillas trazadas a partir de arcos de circunferencia. Muchos de los constructores navales de esta época eran analfabetos y difícilmente conocían las reglas geométricas más elementales. Los procedimientos eran empíricos y se basaban en la experiencia celosamente guardada por los profesionales del gremio. No obstante, existieron científicos, navegantes, constructores, armadores e incluso gobernadores de las tierras de ultramar que se preocuparon por dejar constancia de ciertas reglas y proporciones que garantizaran la consecución de unas formas fiables y resistentes.

La madera ha sido el material básico empleado en la construcción del casco y la arboladura de las embarcaciones hasta el primer tercio del siglo XIX en que comenzó a utilizarse el hierro y el acero, en forma de planchas y piezas fundidas, desplazando de forma progresiva a la madera.

A partir de la segunda mitad del siglo XX la construcción naval en madera quedó prácticamente limitada a los barcos de pesca, lanchas para transporte de personas en el interior de las rías, embarcaciones deportivas y embarcaciones menores para servicio en los puertos.

A mediados del siglo XIX se inició la construcción mixta, utilizando de forma conjunta el acero y la madera, que permitió un considerable aumento del tamaño de los buques. Así apareció el modelo clíper, esbelto, con una proa estrecha y prominente, que sustituyó a las proas macizas del pasado. Los primeros buques de hierro aparecieron en 1790 y los primeros de acero soldado sobre 1880. La mayor resistencia del hierro y la posibilidad de ensamblarlo con facilidad, desplazó a la madera del puesto privilegiado que ocupaba en la construcción naval.

En el siglo XX se produjeron grandes cambios en la forma de construir buques. Se introdujo la soldadura en la construcción naval y se estableció el sistema de construcción modular. De esta manera se abandonaron los trabajos tradicionales de la grada, y se pasó a sólo montar en ella aquellos bloques que previamente hubieran sido fabricados y armados anticipadamente en los talleres. Con este sistema de construcción se modificó la estrategia constructiva para optimizar los recursos, acortando plazos y reduciendo costes.

La técnica de construcción modular, conocida como construcción integrada se sigue utilizando en la actualidad.



Ilustración 5 Imagen de construcción integrada de un buque.



3. ESTUDIO HISTÓRICO DEL DIBUJO NAVAL

3.1 DIBUJO NAVAL

3.1.1 Fundamentos del Diseño Naval. Siglos XV, XVI Y XVII

En contraste con los antiguos constructores griegos y romanos quienes imaginaron los cascos como una serie de curvas longitudinales y utilizaron la tablazón en el exterior del casco para establecer la forma, los constructores del Renacimiento visualizaron la forma del casco como una serie de curvas transversales a intervalos específicos a lo largo de su longitud, utilizando las cuadernas para expresar esa forma. A diferencia del método antiguo, en el que se daba forma al casco durante su construcción, el método renacentista exigía que el constructor estableciese previamente la forma de algunas cuadernas.

En su forma más simple se diseñaba únicamente la cuaderna maestra, pero a medida que el método fue evolucionando se determinaron también las cuadernas que definían los extremos del cuerpo central del casco, redeles, de cuya situación dependían las características del barco, haciéndolo fino y veloz o dándole mayor capacidad de carga, si estos extremos se situaban cerca de proa y popa. Las cuadernas extremas eran más estrechas y altas que la maestra, pero su forma derivaba del gálibo de ésta, deformándose proporcionalmente a la distancia en que estaban situadas, con el fin de obtener un casco continuo que se pudiese cubrir con madera. La tablazón se curvaba sobre la maestra y los redeles y las demás cuadernas se cortaban para encajar con el forro. Este método no permitía un adecuado aprovechamiento de la madera, ni un control fino de la forma, por lo que posteriormente evolucionó, determinándose un cierto número de cuadernas intermedias de manera que se asegurase la suavidad y continuidad de la superficie del casco. Los ajustes necesarios para obtener las distintas cuadernas por evolución de la forma de la maestra se realizaban siguiendo un específico conjunto de proporciones.

En el método más común se aplicaban cuatro ajustes a la forma de la cuaderna maestra: la elevación de la base de cada cuaderna un poco más sobre la quilla cuanto más alejada es su posición, el estrechamiento progresivo de la parte plana del fondo de la cuaderna, la

disminución gradual de la manga y la variación del ángulo del extremo superior de la cuaderna con respecto a la parte plana del fondo.

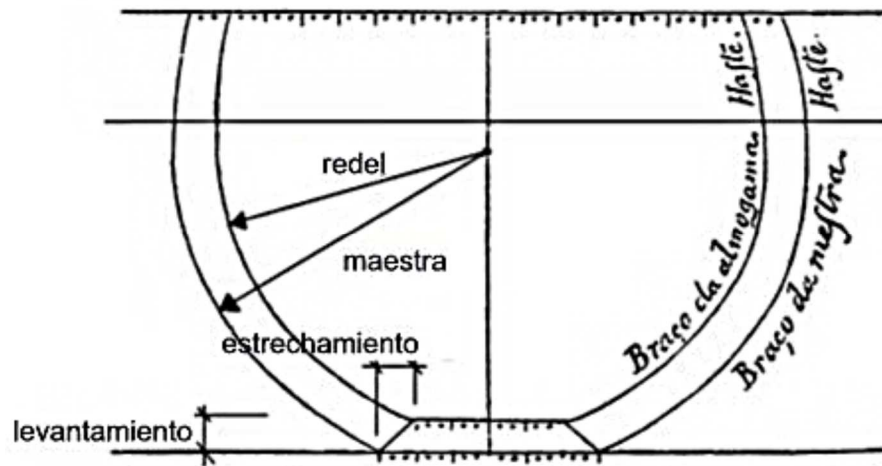


Ilustración 6 Esquema sobre la deformación de la varenga.

La magnitud concreta de cada ajuste para cada cuaderna se determinaba mediante fórmulas matemáticas, ya cálculos aritméticos o figuras geométricas, pero en la práctica, los ajustes se realizaban en astillero utilizando pequeñas piezas de madera “*graminhos*” en Portugal, “*gálivos*” en España, “*partisoni*” en Italia, con las que se dimensionaba, marcaba la posición adecuada, e incluso se trazaban los diferentes elementos que componían las cuadernas. Las palabras “*gálivo*”, “*graminho*” y “*partisoni*” pueden prestarse a confusión porque designan tanto la plantilla como al método, o al algoritmo utilizado para obtener los valores incrementales o coordenadas de las curvas. En España, las palabras “*grúa*” y “*gálivo*” son empleadas sin apenas distinción hasta el siglo XVIII, con el matiz de que “*gálivo*” estaba más vinculado al significado de plantilla. De hecho, a la operación de dibujado de la forma de las piezas sobre la madera con ayuda de grúas se le llamaba “*galibar*”. El control de la forma en sentido longitudinal se conseguía utilizando finos listones de madera, “*ribbands*” o “*armaduras*”, estirados con precisión desde la roda al codaste, sobre las cuadernas prediseñadas ya levantadas sobre la quilla lo que permitía determinar posibles excedentes en ellas y afinar la continuidad de las curvas generadas.

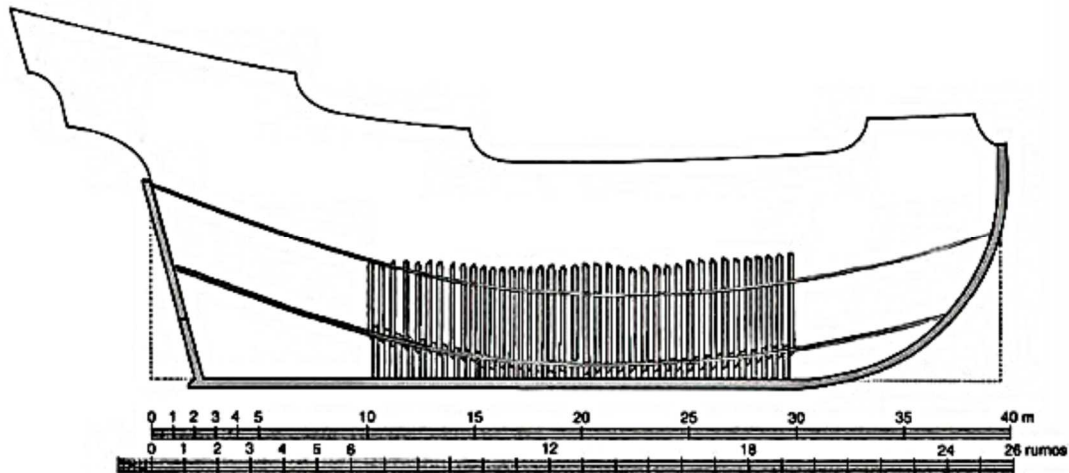


Ilustración 7 Esquema del perfil longitudinal del casco, la cuaderna de cuenta y los listones de madera que permiten el control longitudinal de la forma.

Como Hocker y McManamon mencionan en su artículo sobre la construcción naval medieval en el Mediterráneo, el método es a menudo considerado como veneciano, ya que tal es el origen de los textos más antiguos que lo describen, pero evidencias arqueológicas muestran que los elementos básicos de esta tecnología estuvieron en uso ya en el siglo IX en astilleros del Imperio Bizantino. Según estos mismos autores, el navío “*Bozburun*” construido en 874 en algún lugar del noroeste de Anatolia o sudeste de Turquía, fue diseñado siguiendo un sistema matemático para determinar la forma de la cuaderna maestra y de las demás basado en una proporción matemática entre ellas y para determinar el emplazamiento correcto de cada una a lo largo de la quilla. El mismo método puede apreciarse en el “*Serçe Liman*”, construido en la misma zona alrededor de 1020. La adopción de este principio de concepción del casco permitió construir barcos cada vez más grandes y más resistentes a los golpes de mar por la flexibilidad de su estructura, por su ligereza y facilidad de maniobra. La técnica permaneció singularmente constante durante varios siglos.

Así, hasta bien entrado el siglo XVIII, las técnicas de diseño naval se basaron en la definición de determinadas proporciones entre las dimensiones principales del navío.

Con ello se perseguía, además de un buen comportamiento del buque en el mar, facilitar un método de construcción fácil de entender y desarrollar con los medios disponibles. El

“proporcionar” los navíos estaba, en gran medida, orientado a lograr definir cada una de sus piezas usando sencillas reglas de cálculo y de trazado, en la mayoría de casos en una playa y con ayuda de un palo largo o “vara” y un cordel. Esto conllevaba definiciones y relaciones regidas siempre por conceptos circulares. Serán círculos los que definan las cuadernas, la roda y el codaste, así como las relaciones entre dimensiones y posicionamiento de varengas y genoles.

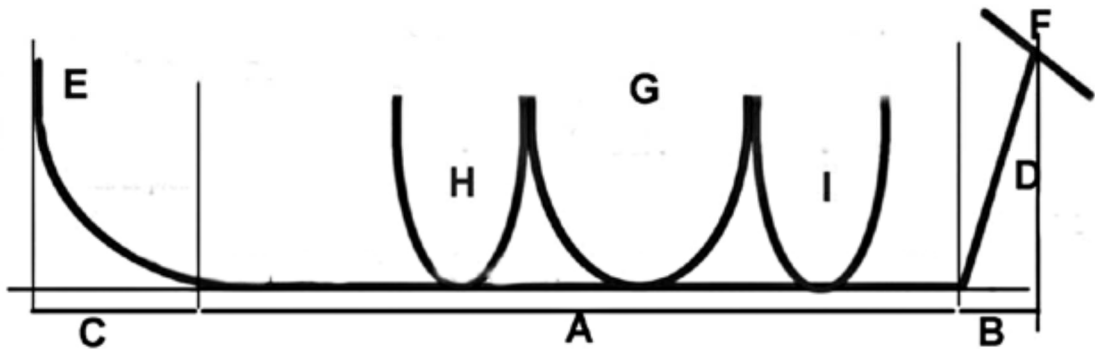


Ilustración 8 Medidas que se consideraban necesarias para construir un navío

Algunos autores sostienen que los constructores de naves de la antigüedad debieron auxiliarse de algunos dibujos o planos sencillos al menos. Si para las construcciones arquitectónicas de trazado geométrico más sencillo, se dibujaron previamente algunos planos es lógico pensar que serían necesarios algunos dibujos para trazar y construir una nave cuyo casco es una superficie curva de definición mucho más compleja. La razón de que no existan o no se conserven planos de naves de los siglos XV y XVI es que los pocos dibujos necesarios se trazaban en el lugar de construcción: las atarazanas o astilleros, muchas veces directamente sobre la arena o la madera con que se construía el barco. Además, desde la Edad Media y hasta mucho tiempo después, los gremios mantuvieron sus técnicas en secreto entre sus miembros, formaban parte del conocimiento personal de los constructores navales y eran celosamente guardadas y transmitidas únicamente a sus herederos, que se aseguraban así un lugar en el astillero.

Por otro lado, la concepción del método constructivo de modo que el navío iba creciendo a partir de una medida básica, la manga, permitía prescindir de planos. Es decir, los

constructores no necesitaron ningún dibujo para obtener la forma de cada una de las cuadernas prediseñadas. Todas las variaciones se conseguían con la ayuda de moldes para la varenga y el genol de la maestra y de un número variable de plantillas o gálibos. Los tamaños de los maderos disponibles permitían trazar directamente sobre ellos sus formas en el astillero. Podemos sin embargo hacer un seguimiento de los procedimientos gráficos empleados en la representación del buque a través del estudio de tratados de Arquitectura naval de distintas épocas.

3.1.2 Trazados de la Cuaderna Maestra

La concepción más sencilla y que más perduró en España a lo largo del siglo XVII era la que basaba su diseño en la igualdad entre la semimanga y el puntal. Era válida para navíos de dos cubiertas y con algunas modificaciones para navíos de tres. El procedimiento de trazado era simple, igualaba el plan en la varenga a la longitud de la semimanga; sobre este plan y con su magnitud se trazaba un triángulo equilátero cuyo vértice superior era el centro del círculo de definición del genol. La definición de las formas del genol y la varenga conformaba la base de la cuaderna como conjunto y era responsable en gran medida del calado del navío, así como de sus posteriores necesidades de lastre para adquirir suficiente estabilidad.

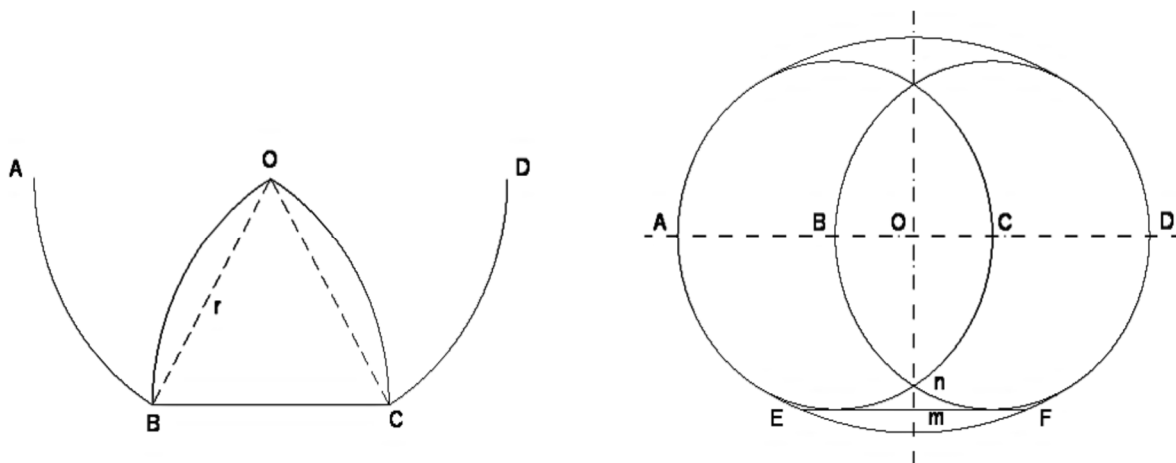


Ilustración 9 Trazados utilizados para la definición de la cuaderna maestra a lo largo del siglo XVII (izquierda) y a finales de éste (derecha) recogidos en la edición comentada del "Arte de Fabricar Reales".

A lo largo del siglo XVII este método va incorporando poco a poco pequeñas innovaciones, como variar la proporción semimanga-puntal-plan, incorporando el valor de la



astilla muerta en la maestra en la medida del radio del círculo del genol. El objetivo es buscar un trazado que aumente la manga y reduzca el puntal lo suficiente como para que el barco resulte estable sin necesidad de lastre y la artillería quede elevada respecto a la línea de flotación.

Con el final del siglo aparece en la península una nueva concepción del círculo de trazado del genol, basada en construir un óvalo con la ayuda de dos círculos. Este procedimiento, descrito por Gaztañeta en su manuscrito “Arte de Fabricar Reales”, al tratar de la Almiranta, alcanzaba esas expectativas, ya que, conservando la sencillez de definición, era capaz de formar una carena con más cuerpo, más estable y con menor calado. Este método seguía basándose en la medida de la manga, cuya longitud trazada en la arena era dividida en tres partes iguales por dos puntos que servían a su vez como centros de dos circunferencias de radio $1/3$ de la manga. El plan se mantuvo en principio igual a la semimanga, encajando su longitud sobre el óvalo, pero pronto esta definición convivió con otra basada en la medida de la astilla muerta y que obtenía el plan a partir del propio óvalo. En esta nueva definición el plan coincidía con el valor de la longitud del segmento que une los puntos de corte de una recta, paralela a la inicial de la manga, a una distancia igual en valor a la astilla muerta desde el punto de corte de las dos circunferencias.

3.1.3 Trazado de las cuadernas intermedias.

Una vez definidos el genol y la varenga en la cuaderna maestra, se planteaba el problema de generar, partiendo de ellos, las formas de la carena como progresión de diferentes varengas y genoles a lo largo de la eslora. El sistema de generación de estas formas vuelve a estar basado en el círculo. En este caso se basa en la definición de crecimientos o acortamientos progresivos de las dimensiones básicas de varengas y genoles. A medida que su posición se alejaba del centro de la nave, hacia sus extremos, el fondo de cada cuaderna se levantaba, con el correlativo crecimiento de la joba en el extremo superior y estrechaba un poco más que el anterior, utilizando uno de una serie de algoritmos geométricos. La forma de los redeles se deduciría agregando el levantamiento total y restando el estrechamiento total del plan.



Algunos de estos algoritmos geométricos fueron descritos en tratados de construcción naval portugueses de los siglos XVI y XVII. Sin embargo, las primeras descripciones escritas de estos métodos se encuentran ya en los textos italianos del siglo XV. La influencia de constructores italianos en Portugal está bien documentada, y los textos portugueses se refieren a maneras similares de generar las curvas suaves de dos dimensiones que relacionan cierta longitud, la “compartida”, con la distancia entre la cuaderna maestra y el redel. El método de trazar y cortar todas las cuadernas “con gálibo único” era también conocido en España, Francia, Grecia, Marruecos y Turquía.

Trazar y cortar todas las cuadernas con el mismo perfil supone una estandarización parecida a la que se usa actualmente para la fabricación en serie de casi todas las piezas industriales y permitía la construcción de muchos galeones en un tiempo mínimo.

El conocimiento del método, el trazado de las formas de la maestra y la determinación de las dimensiones principales, eran labor del arquitecto naval. Él era el que hacía los trazados, primero sobre el papel, con compás, pluma y “*pitipié*” y después sobre la arena, con vara, cordel y “*palo codeado*”. El arquitecto consideraba terminado su trabajo de diseño con la entrega de las grúas al maestro carpintero. El trazado de las grúas era por lo tanto una labor de gran importancia y pese a lo rústico de su definición, no carecía de exactitud, realizándose con gran cuidado.

Se trataba de reproducir fielmente el diseño hecho sobre el papel, de ahí la analogía de instrumentos.

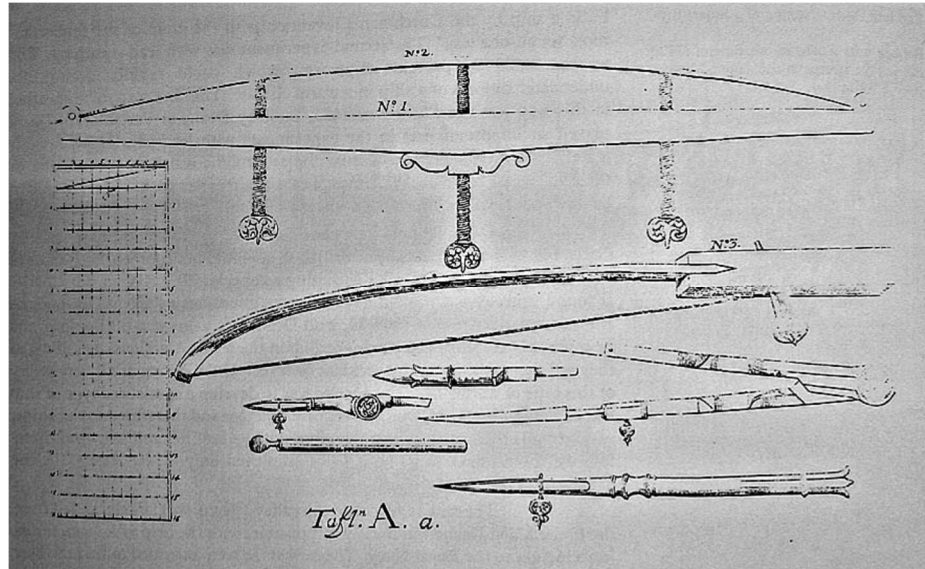


Ilustración 10 Herramientas de un Arquitecto Naval

Era común entre los entendidos en construcción naval de la época el considerar que el navío debía asemejar su forma a la de un pez, más apropiada hidrodinámicamente, para un barco que se desplaza a baja velocidad.

La Real Orden sobre Construcción Naval en España de 1607 normaliza la relación de esbeltez de los navíos. La Corona pretendía conseguir barcos de guerra más rápidos y para ello recurre a aumentar la relación eslora-manga, buscando navíos más largos y estilizados. El mantener el mismo sistema de diseño y construcción con una relación de esbeltez mayor, trajo como consecuencia una pérdida importante de estabilidad.

Los métodos de construcción basados en la idea de definir acortamientos y levantamientos progresivos morirían a principios del siglo XVIII. El proceso de desaparición puede seguirse a través de las obras de Antonio Gaztañeta, el cuál desde el Arte de Fabricar Reales, escrito en 1688, a su Proporciones de las Medidas más Esenciales, base de la Real Orden de 1722, incorpora y transmite todos los adelantos técnicos que conoce, recogiendo influencias de la mayoría de países europeos. Así los planos van tomando el lugar de los métodos artesanales en la definición de las formas del navío, separándose de esta manera diseño y construcción.

Ya entrados en la segunda mitad del siglo XVIII, asombra ver como Jorge Juan Santacilia se refiere a estos métodos como a algo antiguo y obsoleto. Leyendo su “Examen

Marítimo” (1771) se tiene la impresión de que, a pesar de ser métodos muy utilizados apenas 40 años antes, no los conocía en esencia.

3.2 EVOLUCIÓN EN LA REPRESENTACIÓN NAVAL

3.2.1 Representación de Naves en la Antigüedad.

Hasta la Alta Edad Media las únicas representaciones gráficas que podemos encontrar, por cierto, muy escasas, consisten en bajorrelieves, frisos, capiteles románicos y antiguos códices, crónicas y libros de oraciones ornamentados. En todos ellos los dibujos de los barcos son infantiles y desproporcionados.



Ilustración 11 Izquierda Grabado en los cimientos de la Alcazaba de Málaga. Derecha Capitel románico del siglo XII. San Pantaleón de Losa. Burgos

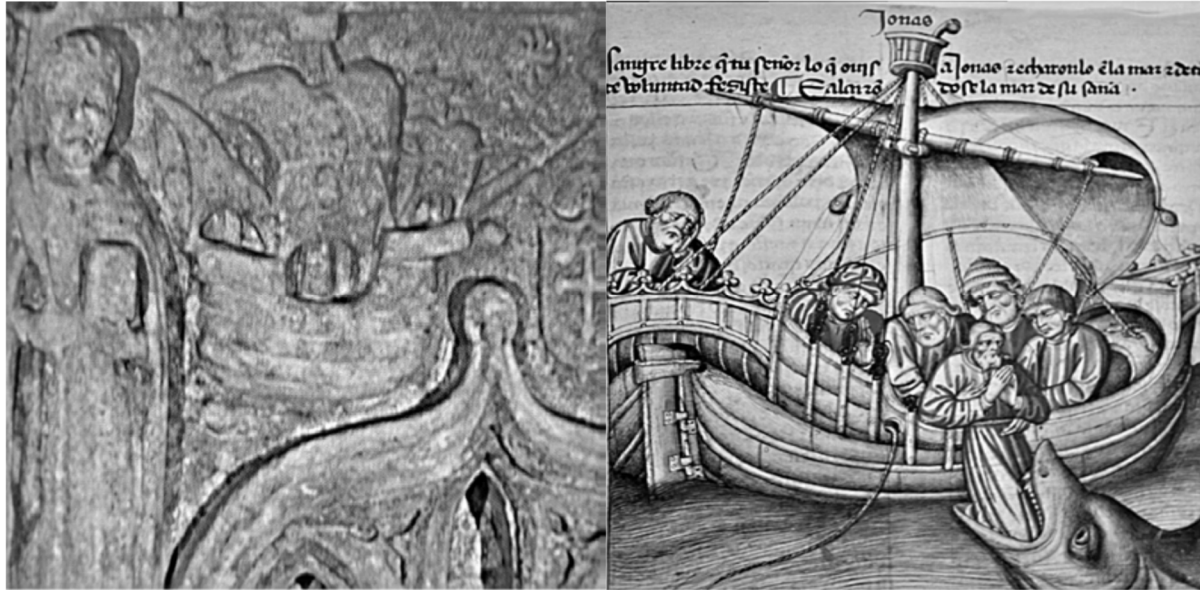


Ilustración 12 Bajorrelieve de una nao del siglo XVI. Iglesia de Santa Maria. Caldas de Reyes. Pontevedra. Derecha Biblia Vulgata del duque de Escalona S. XIII

3.2.2 Trazado de naves en los Tratados de Arquitectura Naval. Siglos XV, XVI y XVII

La complejidad del Gótico, en la segunda mitad del siglo XIII, obligó a los constructores a la realización sistemática de planos. Estos permitían la conservación de los diseños para posteriores consultas, ventaja fundamental en un periodo en que las obras se dilataban tanto en el tiempo. Como ejemplos podemos citar el álbum de Villard D'Honnecourt, datado alrededor de 1235, que incluye una serie de dibujos a pluma sobre pergamino, en los que se representan distintos objetos utilizando plantas y alzados, o el dibujo de la portada norte de la catedral de Estrasburgo, obra iniciada en 1277 y que será el primer plano arquitectónico que ha llegado a nuestros días.

Sin embargo, la utilización de planos en la construcción naval se retrasará aun varios siglos. Los primeros planos de barcos conocidos aparecen en tratados de construcción naval. Los más tempranos contienen únicamente dibujos de la cuaderna maestra y bosquejos longitudinales del casco. Los planos, en estos tratados no siempre están dibujados a escala, pero a menudo están acompañados de detalladas instrucciones escritas que mencionan las dimensiones principales de las naves. Estos documentos son escasos, no sólo en España sino en todos los países europeos ya que la escasa preparación técnica de los funcionarios y



ministros encargados de ejecutar las órdenes de los reyes no era suficiente para entender siquiera los sencillos cálculos geométricos en que los maestros constructores basaban el trazado de sus naves. Como los tratados tenían, generalmente, una finalidad instructiva, a menudo mostraban planos de barcos ya existentes, como ejemplos constructivos, para su propio uso, una práctica común, incluso hoy en día.

No será hasta principios del siglo XVII, cuando algunos constructores empiecen a utilizar regularmente planos de la nave en su trabajo cotidiano, Anthony Deane, activo entre 1660 y 1690, es el más conocido. Sin embargo, en ese tiempo la mayoría de constructores continuaban trabajando directamente a tamaño real. Poco después, como sostiene el profesor Larrie D. Ferreiro, las distintas coronas empezaron a requerir planos y al mismo tiempo, aproximadamente, modelos a escala. El conjunto de planos de barcos ingleses más antiguo fue el dibujado por William Keltridge, empezado en 1680, sólo unos años después de que el uso de modelos se hiciese común para la Marina de Guerra inglesa. Los expatriados constructores británicos Francis Sheldon, John May, Thomas Davis y Charles Bentam, que habían traído modelos de Dinamarca, Suecia y Holanda, también introdujeron el uso sistemático de planos para sus navíos. En España y Venecia, el uso sistemático de planos empezó antes que el uso de modelos.

Un modelo era un prototipo de un buque que se iba a construir, previamente estudiado y planificado, ese barco que tendría unas dimensiones se presentaba a la corte a unas escalas en ocasiones bastante grandes, que oscilaban entre las escalas 1:17 o 1:22, 1:24.

Antonio de Gaztañeta fue el primero en dibujar regularmente planos para los barcos que construía, comenzando en 1712. En Venecia, el ingeniero hidráulico y “consultor” naval Giovanni Polen dibujó planos precisos del San Carlo de Borromeo, de 64 cañones en 1760, cuando la Marina Veneciana decidió adoptarlo como modelo de la tipología para barcos de primer rango.

El hecho de que, en cada Marina, los modelos a escala y los planos de barcos se generalizaron casi a un tiempo, parece indicar que eran exigidos por los gestores navales de los distintos países por dos motivos diferentes, pero relacionados. Los modelos a escala eran caros y llevaban tiempo, de manera que bien podrían no estar terminados antes de que comenzara la construcción del barco. Pero incluso con modelos a escala en sus oficinas, los gestores no



podrían comprobar que lo que se estaba construyendo en el astillero se correspondía con lo que el constructor había concebido y por lo que se había pagado.

Alguno de los modelos era utilizado para enseñar (buque de enseñanza) a los futuros oficiales de la armada, y había un profesor que se colocaba delante del modelo y les enseñaba a operar el buque a través de éste (izar botes, etc...).



Ilustración 13 Buque modelo Santa Ana S. XVII

Los planos, sin embargo, ofrecieron a los gestores medios de estandarización y control, dando a los constructores un “proyecto” a seguir, relativamente barato y rápido de producir. En primer lugar, era bastante fácil para los constructores tomar medidas sobre el plano a escala y llevarlas a tamaño real; segundo, los planos eran fácilmente transportables desde una oficina central a cualquier punto del astillero, una tercera ventaja estaría en la utilización de unos mismos planos en distintos astilleros, permitiendo construir series de naves realmente estandarizadas. El uso de planos permitió calcular el volumen del casco usando técnicas matemáticas para estimar líneas de agua en función de la carga. Esto vino dado, en un principio por la necesidad de asegurar que las portas de los cañones quedasen sobre el agua, pero se convirtió en un elemento clave en el desarrollo y adopción de los cálculos de estabilidad a mediados del XVIII.



El nivel de detalle en los planos de barcos fue evolucionando desde finales del XVII a principios del XVIII. En ocasiones se dedicaba más cuidado a las ornamentaciones de proa y popa y a la decoración de las cámaras de oficiales, que a definir las líneas del casco. A mediados del siglo XVIII la mayoría de Marinas habían desarrollado una presentación “tipo” del barco, todavía en uso hoy, con tres proyecciones ortogonales. El método utilizado para dibujar cuadernas y líneas se fue refinando en un cierto plazo, en el que se hicieron de uso común las plantillas de curvas rígidas y las ajustables. De igual importancia fueron las técnicas matemáticas que los constructores comenzaron a utilizar para definir mejor los diseños. Para el profesor Ferreiro, los métodos usados por los constructores para representar con exactitud curvas complejas en varios planos constituían las más sofisticadas técnicas gráficas utilizadas en Europa hasta la aparición de la Geometría Descriptiva a finales de siglo.

En dichos planos, conocidos en construcción naval como planos de formas, se representaban las líneas de trazado horizontales o comúnmente conocidas como líneas de agua del buque en planta, así como de las secciones verticales longitudinales y transversales. Las secciones transversales igualmente espaciadas entre las perpendiculares de proa y popa, constituyen lo que se conoce la caja de cuadernas. Únicamente se dibuja, en el plano de formas, la mitad del buque, debido a su simetría respecto a crujía, por su parte, las secciones de la mitad de proa se dibujan a la derecha de la proyección del plano de crujía y las de popa a la izquierda.

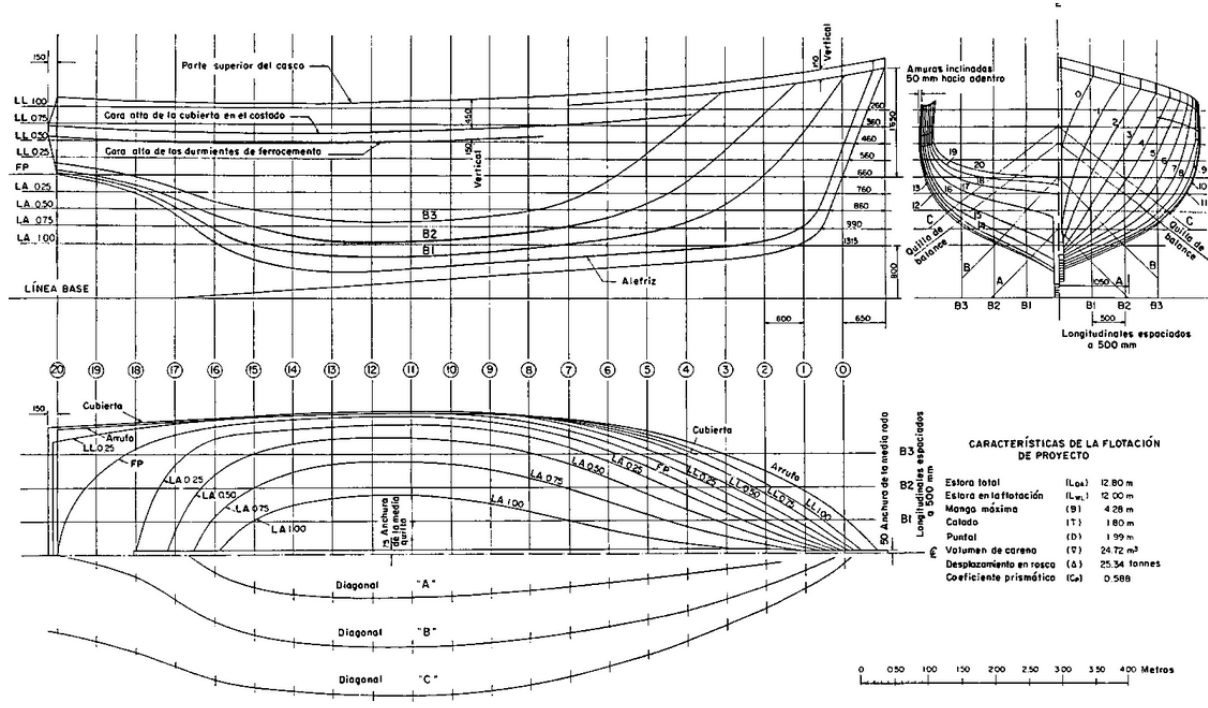


Ilustración 14 Plano de formas de una embarcación

Una vez concluido el plano de formas se precede a la realización de la cartilla de trazado el cual alberga una serie de mediciones específicas del buque y consiste en las medias mangas a diferentes alturas de las diferentes líneas de agua y alturas de cubierta en cada una de las secciones transversales.

Posterior y conjuntamente, tanto el plano de formas como la cartilla de trazado se pasaban a la sala de Gálivos para realizar el alisado del casco a escala natural o más comúnmente a un centro de cálculo para el alisado a escala real ya que las líneas del plano de formas deben ser correctamente corregidas cuyo objeto es el alisado del casco del buque, operación muy importante para evitar futuras resistencias adicionales por culpa de deformaciones en el casco.

Debido a que el plano de formas se realiza normalmente a pequeña escala, las medidas de la cartilla de trazado, tomadas en secciones muy espaciadas, como lo son las de trazado, aún incluso después del alisado no eran suficientes para su construcción real, por ello se recurría a la preparación de un juego completo de tablas de medidas alisadas para cada cuaderna de construcción, así como para las de trazado.

Éste ha sido el sistema utilizado durante mucho tiempo para la construcción naval, hasta que empezaron a surgir nuevas tecnologías y se empezó a utilizar el sistema asistido por ordenador (CAD) para la realización de los planos de formas y diseños en 3D.

Estos programas informáticos permiten alisar y diseñar el plano de formas de un buque con una elevada eficacia y como consecuencia de ello un importante ahorro de tiempo.

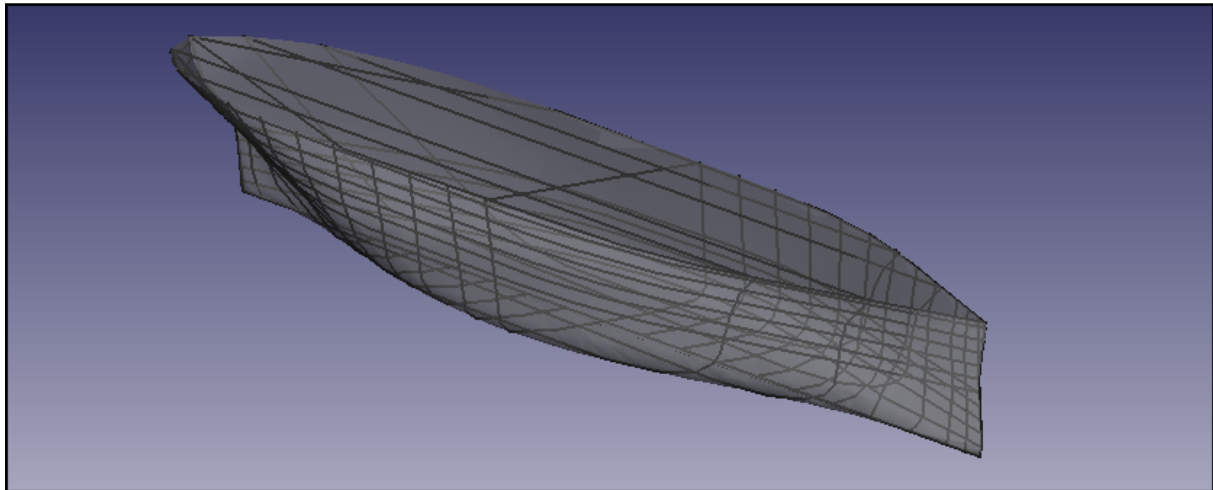


Ilustración 15 Modelo de casco 3D

Actualmente nos encontramos en la cuarta revolución industrial (Industria 4.0) de avances tecnológicos, la cual se basa en una nueva organización de los medios productivos de la industria, a través de la integración en sus procesos, de las nuevas tecnologías digitales como la robótica, la realidad virtual y realidad aumentada, etc.

La realidad virtual y la realidad aumentada en los últimos años se han situado como una herramienta útil para la optimización de los diseños, la automatización de los procesos, el control de la fabricación y la construcción, el entrenamiento y la formación de los trabajadores, y los trabajos de mantenimiento y de seguimiento.



4 ESTADO DEL ARTE

4.1 REALIDAD VIRTUAL

4.1.1 Definición

La realidad está formada por aquello que existe de forma auténtica o verdadera. Los sucesos que disponen de una existencia efectiva, y que no forman parte de la fantasía o de la imaginación, son reales.

Virtual, por su parte, es lo que cuenta con la virtud de generar un efecto, aunque no lo produce de presente. Este adjetivo suele oponerse a la idea de lo real.

Por lo tanto, la idea de realidad virtual enfrenta dos conceptos que resultan opuestos o, al menos, contradictorios. Sin embargo, la noción es de uso muy habitual para referirse a aquel entorno informático que representa, de manera digital, algo que simula ser real.

Por lo que podría decirse que, la realidad virtual es el sistema tecnológico el cual genera una simulación de la realidad que permite al usuario tener la sensación de estar inmerso en un mundo diferente al real. Esta ilusión se produce gracias a los modelos creados por un ordenador que el usuario contempla a través de un casco especial. Aunque la realidad virtual nació para aplicarse en los videojuegos, actualmente tiene utilidad en campos como la medicina, el transporte y la ingeniería.



Ilustración 16 Realidad virtual en buque

4.1.2 Evolución histórica

Para hablar de los verdaderos orígenes de la realidad virtual nos tendríamos que remontar dos siglos atrás, concretamente al año 1844, cuando Charles Wheatstone creó el estereoscopio, un medio que consiste en obtener dos fotografías prácticamente idénticas, cuya única diferencia radica en el punto de toma de la imagen, lo que provoca que sean observadas por cada ojo de forma independiente, lo que hace que el cerebro las mezcle en una sola creando un objeto tridimensional. Esta técnica sería la base de los primeros visores de realidad virtual, e incluso a día de hoy siguen utilizándose dichos patrones.

CRONOLOGÍA

1965 Surge el concepto de Realidad Virtual, cuando Ivan Sutherland (hoy miembro de Sun Microsystems Laboratories) publicó un artículo titulado "The Ultimate Display", en el cual describía el concepto básico de la Realidad Virtual. El trabajo inicial del doctor Sutherland fue básico para investigaciones subsecuentes en este terreno.

1966 Sutherland creó el primer casco visor de Realidad Virtual al montar tubos de rayos catódicos en un armazón de alambre. Este instrumento fue llamado "Espada de Damocles",



debido a que el estorboso aparato requería de un sistema de apoyo que pendía del techo. Sutherland también inventó casi toda la tecnología.

1968 Ivan Sutherland y David Evans crean el primer generador de escenarios con imágenes tridimensionales, datos almacenados y aceleradores. En este año se funda también la sociedad Evans & Sutherland.

1971 Redifon Ltd en el Reino Unido comienza a fabricar simuladores de vuelo con displays gráficos. Henri Gouraud presenta su tesis de doctorado "Despliegue por computadora de Superficies Curvas".

1972 General Electric, bajo comisión de la Armada norteamericana, desarrolla el primer simulador computarizado de vuelo. Los simuladores de vuelo serán un importante renglón de desarrollo para la Realidad Virtual.

1973 Bui-Tuong Phong presenta su tesis de doctorado "Iluminación de imágenes generadas por computadora".

1976 P. J. Kilpatrick publica su tesis de doctorado "El uso de la Cinemática en un Sistema Interactivo Gráfico"

1977 Dan Sandin y Richard Sayre inventan un guante sensitivo a la flexión.

1979 Eric Howlett (LEEP Systems, Inc.) diseñan la Perspectiva Optica Mejorada de Extensión Larga (Large Expanse Enhanced Perspective Optics, LEEP). A principios de los 80's la Realidad Virtual es reconocida como una tecnología viable. Jaron Lanier es uno de los primeros generadores de aparatos de interfaz sensorial, acuñó la expresión "Realidad Artificial", también colabora en el desarrollo de aparatos de interface VR, como guantes y visores.

1980 Andy Lippman desarrolla un videodisco interactivo para conducir en las afueras de Aspen.

1981 Tom Furness desarrolló la "Cabina Virtual".G. J. Grimes, asignado a Bell Telephone Laboratories, patentó un guante para introducir datos.

1982 Ocorre uno de los acontecimientos históricos en el desarrollo de los simuladores de vuelo, cuando Thomas Furness presentó el simulador más avanzado que existe, contenido



en su totalidad en un casco parecido al del personaje Darth Vader y creado para la U.S. Army AirForce. Thomas Zimmerman patentó un guante para introducir datos basado en sensores ópticos, de modo que la refracción interna puede ser correlacionada con la flexión y extensión de un dedo.

1983 Mark Callahan construyó un HMD en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

1984 William Gibson publica su novela de ciencia ficción, Neuromancer en el que se utiliza por primera vez el término "Ciberespacio" refiriéndose a un mundo alternativo al de las computadoras; con lo que algunos aficionados empiezan a utilizarlo para referirse a la Realidad Virtual. Mike Mc Greevy y Jim Humphries desarrollaron el sistema VIVED (Representación de un Ambiente Virtual, Virtual Visual Environment Display) para los futuros astronautas en la NASA.

1985 Jaron Lanier funda la institución VPL Research. Los investigadores del laboratorio Ames de la NASA construyen el primer sistema práctico de visores estereoscópicos. Mike Mc Greevy y Jim Humphries construyen un HMD con un LCD monocromo del tamaño de una televisión de bolsillo.

1986 En el centro de investigaciones de Schlumberger, en Palo Alto, California, Michael Deering (científico en computación) y Howard Davidson (físico) trabajaron en estrecha relación con Sun Microsystems para desarrollar el primer visor de color basado en una estación de trabajo, utilizando la tecnología de Sun. Existen ya laboratorios como el de la NASA, Universidad de Tokio, Boeing, Sun Microsystems, Intel, IBM y Fujitsu dedicados al desarrollo de la tecnología VR.

1987 La NASA utilizando algunos productos comerciales, perfecciona la primera realidad sintetizada por computadora mediante la combinación de imágenes estéreo, sonido 3-D, guantes, etc. Jonathan Waldern forma las Industrias W (W Industries). Tom Zimmerman et al. desarrolla un guante interactivo.

1988 Michael Deering y Howard Davidson se incorporan a la planta de científicos de Sun. Una vez allí, el Dr. Deering diseñó características VR dentro del sistema de gráficos GT de la empresa, mientras que el Dr. Davidson trabajaba en la producción de visores de bajo costo.



1989 VPL, y después Autodesk, hacen demostraciones de sus completos sistemas VR. El de VPL es muy caro (225,000 dólares), mientras que el de Autodesk no lo es tanto (25,000 dólares). Jaron Lanier, CEO of VPL, creó el término "Realidad Virtual". Robert Stone forma el Grupo de Factores Humanos y Realidad Virtual.

Eric Howlett construyó el Sistema I de HMD de vídeo LEEP. VPL Research, Inc. Comenzó a vender los lentes con audífonos que usaban despliegues ópticos LCD y LEEP. Autodesk, Inc. Hizo una demostración de su PC basada en un sistema CAD de Realidad Virtual, Ciberespacio, en SIGGRAPH'89. Robert Stone y Jim Hennequin coinventaron el guante Teletact I. Las Tecnologías de Reflexión producen el visor personal.

1990 Surge la primera compañía comercial de software VR, Sense8, fundada por Pat Gelband. Ofrece las primeras herramientas de software para VR, portables a los sistemas SUN. ARRL ordena el primer sistema de realidad virtual de Division. J. R. Hennequin y R. Stone, asignados por ARRL, patentaron un guante de retroalimentación tangible.

1991 Industrias W venden su primer sistema virtual. Richard Holmes, asignado por Industrias W, patento un guante de retroalimentación tangible.

1992 SUN hace la primera demostración de su Portal Visual, el ambiente VR de mayor resolución hasta el momento. Al Gore, vicepresidente de Estados Unidos y promotor de la Realidad Virtual, dictó seminarios sobre la importancia de esta tecnología para la competitividad norteamericana. T. G. Zimmerman, asignado por VPL Research, patentó un guante usando sensores ópticos. Division hace una demostración de un sistema de Realidad Virtual multiusuario. Thomas De Fanti et al. Hizo una demostración del sistema CAVE en SIGGRAPH.

1993 SGI anunció un motor de Realidad Virtual.

1994 La Sociedad de Realidad Virtual fue fundada. IBM y Virtuality anunciaron el sistema V-Space. Virtuality anunció su sistema serie 2000. Division hizo una demostración de un sistema integrado de Realidad Virtual multiplataformas en IITSEC, Orlando.



4.1.3 Aplicación naval

La Realidad Virtual es un instrumento increíble para los fabricantes y vendedores de embarcaciones por las posibilidades que ofrece a la hora de proyectar y visualizar el interior y el exterior de las embarcaciones.

Gracias a una tecnología única en el sector, la Realidad Virtual permite que los fabricantes presenten a sus clientes prototipos de barcos que todavía no se han construido.

Una experiencia en tiempo real, innovadora y sorprendente, que nos permite visitar cualquier rincón de la embarcación y elegir el entorno en el que queremos ubicarla. No solo eso, también podremos observar el movimiento que las olas y el viento producen en la embarcación.

Gracias a la Realidad Virtual inmersiva, ahora es posible presentar, analizar y proyectar una embarcación a medida, ya que armadores y compradores podrán subir a bordo de la embarcación de manera virtual antes de empezar a fabricarla. Los clientes pueden explorar el yate en 360° y navegar interactivamente a través de los espacios y los ambientes, así como analizar las posibles modificaciones de diseño, materiales, acabados y decoración, incluida la completa personalización de detalles y características.

Asimismo, nos permite convertir el manual de uso y mantenimiento de la embarcación, tradicionalmente en formato papel, en una experiencia en primera persona que hará que cualquier proceso de mantenimiento o reparación resulte más sencillo e intuitivo. Esto se consigue gracias a la utilización de escenarios reales idénticos a la embarcación que hemos comprado, con una audioguía y con interacciones que convertirán esta experiencia en algo único en su género.

Entramos virtualmente en el barco que se quiere comprar y se prueba distintas configuraciones; se abren las puertas y se encienden las luces; se activa la puerta motorizada detrás de la cual se ve un jacuzzi; y se tiene la oportunidad de rediseñar los interiores.



Ilustración 17 Realidad virtual en una embarcación.

4.2 REALIDAD AUMENTADA

4.2.1 Definición

La realidad aumentada es una tecnología que crea un filtro generado por ordenador sobre lo que existe en la realidad para generar una interacción con el usuario.

La realidad aumentada se apodera del mundo real para insertar sobre ella a través de una cámara imágenes, objetos o información que son relevantes para la interacción con la aplicación.

La realidad aumentada es una mezcla entre el mundo real y el mundo virtual. Su éxito se debe a que no debes dejar de vivir en el mundo real para poder ver los componentes digitales.



4.2.2 Evolución histórica

La realidad aumentada no es cosa de hace unos pocos años, sino que viene de lejos, incluso desde mucho antes de que apareciera en la ciencia ficción por primera vez. Su origen se remonta a 1950, año en el que Morton Heilig escribió sobre un "cine de experiencia" en el que pretendía incorporar todos los sentidos. Hasta construyó un prototipo llamado Sensorama en 1961, que utilizó junto a cinco filmes que permitían aumentar la experiencia del espectador.

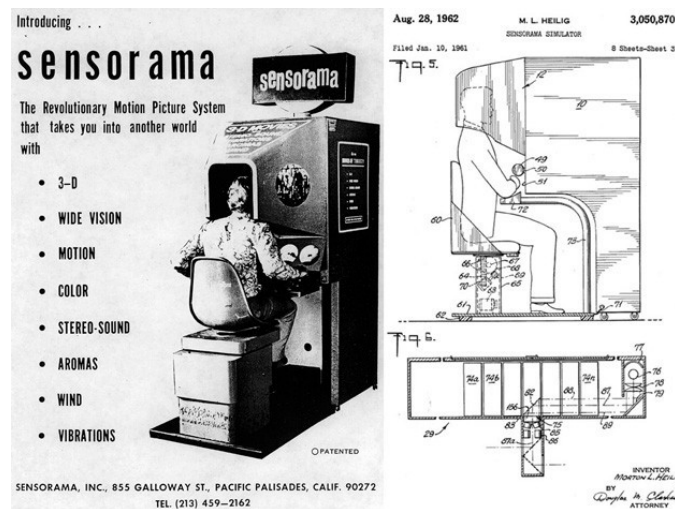


Ilustración 18 Prototipo Sensorama en 1961

En 1968, Ivan Sutherland, con la ayuda de su estudiante Bob Sproull, construyeron lo que sería ampliamente considerado el primer visor de montaje en la cabeza o Head Mounted Display (HMD) para Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Era muy primitivo en términos de Interfaz de usuario y realismo, y el HMD usado por el usuario era tan grande y pesado que debía colgarse del techo, y los gráficos que hacían al ambiente virtual eran simples “modelos de alambres”. A finales de los 80 se popularizó el término Realidad Virtual por Jaron Lanier, cuya compañía fundada por él creó los primeros guantes y anteojos de Realidad Virtual.

El término realidad aumentada como tal no fue acuñado hasta 1992 por Tom Caudell, un investigador que trabajaba para Boeing. Caudell fue contratado para encontrar una alternativa a los tediosos tableros de configuración de cables que utilizaban los trabajadores. Salió con la idea de anteojos especiales y tableros virtuales sobre tableros reales



genéricos, es así que se le ocurrió que estaba “aumentando” la realidad del usuario. El término Realidad Aumentada fue dado al público en 1992.

Las primeras aplicaciones prácticas de realidad aumentada tuvieron lugar en la aeronáutica, gracias a lo que se conoce como **HUD (head-up display)**, un display transparente en el que se muestra información de vuelo (altitud, inclinación, velocidad...), para que el piloto no deba apartar la mirada al consultar esta información.

Su origen se remonta a los años 50, primero en cazas y aviones militares, para mejorar el sistema de apuntado --por ejemplo, pueden fijar otras aeronaves gracias a cámaras térmicas e infrarrojas-- y posteriormente en aviación civil, con sistemas de guía para el despegue y el aterrizaje.

En automoción, los primeros HUD aparecieron en 1988, aunque no se han popularizado hasta los últimos años. Sin llegar a ser algo habitual, actualmente muchos modelos ofrecen sistemas HUD (normalmente, proyecciones en el parabrisas) con información sobre la velocidad, el consumo o indicaciones de navegación.

Actualmente, también podemos emular a Tom Cruise en *Minority Report* gracias a Kinect en Xbox, que nos permite navegar por los menús con nuestras manos o comandos de voz, así como jugar a diferentes videojuegos en los que nosotros somos el mando, logrando una mayor inmersión.

4.2.3 Aplicación naval

Para los proyectos de ingeniería, la realidad aumentada es un recurso excelente para los ingenieros, ya que permite al usuario seleccionar el modo de visualización con el que desea trabajar y prever cómo se desarrollarán las diferentes fases del proyecto de la embarcación.

La realidad aumentada es utilizada sobre todo por los ingenieros, para definir una visión a través de un dispositivo tecnológico, de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales, creando una realidad mixta en tiempo real. Con la ayuda de la tecnología, la información sobre el mundo real se convierte en interactiva y digital como una forma de ampliar el mundo real.

Con la Realidad Aumentada, se ahorrará tiempo, recursos, y podemos averiguar los posibles problemas a los que nos encontraremos antes de que iniciemos el proyecto, influyendo directamente en el coste económico.

Los proyectos de Realidad Aumentada involucran diferentes tecnologías entre ellas el seguimiento de la posición del usuario, la visualización de la información, visión por ordenador, generación de imágenes virtuales, inclusión de modelos virtuales gráficos en 2D y 3D, estructuración de la información.

Otros de los campos de aplicación es el de la simulación, en el que se han desarrollado numerosos esfuerzos en conseguir y validar los simuladores como herramientas de aprendizaje.

Hay muchas situaciones en las que practicar y enseñar las cosas en un entorno real no es posible o bien es demasiado costoso o peligroso. El uso de técnicas de simulación se hace muy valioso en estos casos, ya que unido al ahorro económico, permite recrear situaciones similares a las reales eliminando los riesgos que éstas supondrían.

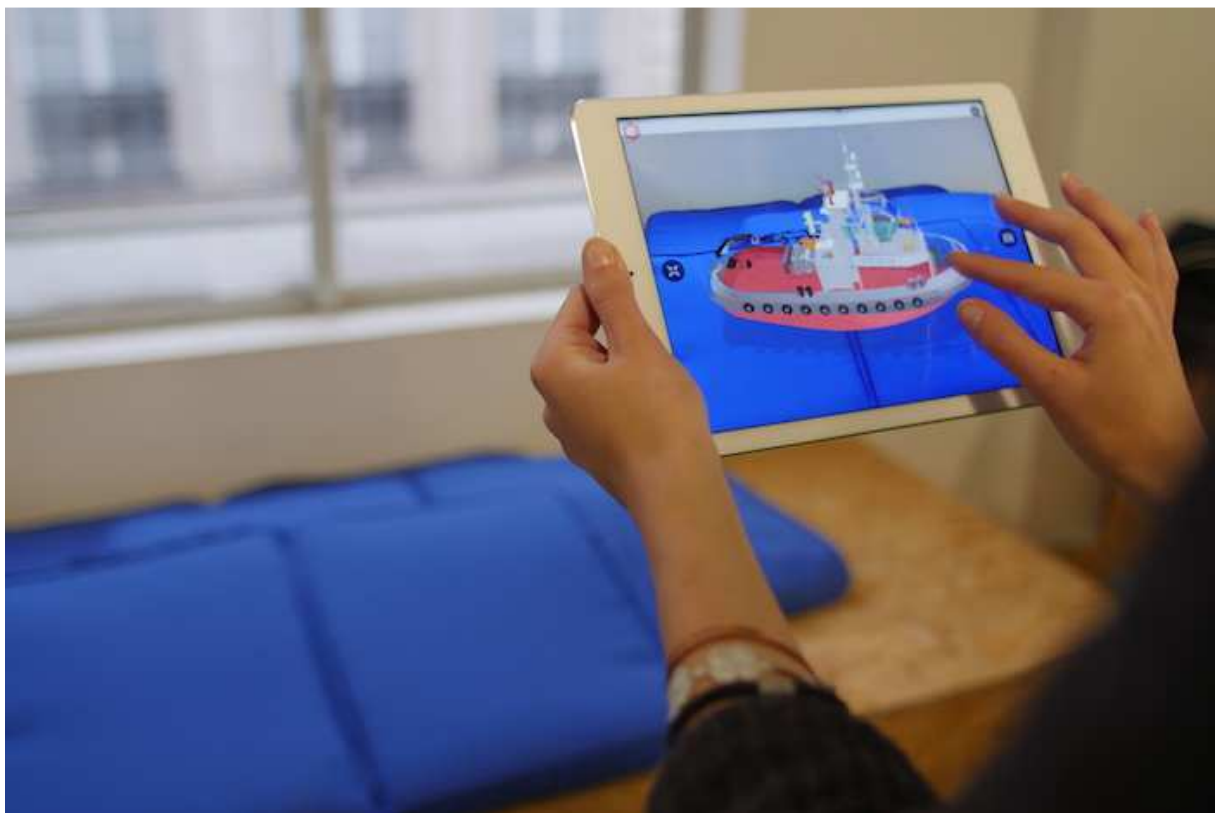


Ilustración 19 Aplicación realidad aumentada.

4.3. MODELADO

4.3.1 Definición

El diseño asistido por ordenador, denominado CAD o Computer Aided Design en inglés, es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades a la hora de realizar planos, visualizaciones u otras presentaciones gráficas.

Su uso está ampliamente extendido en la actualidad y es un campo en constante evolución; a medida que avanzan las capacidades computacionales se desarrollan nuevos métodos que obtienen resultados cada vez más realistas y detallados.

Las herramientas de dibujo y diseño en 3D se basan en las entidades geométricas de superficies y sólidos, añadidas a las entidades de dos dimensiones, como son puntos, líneas, arcos y polígonos. De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica específica de cada proyecto. Los modeladores en 3D pueden, además, producir pre-visualizaciones fotorrealistas de un producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación, como Maya, Softimage XSI, 3DS Max, Lightwave y un largo etcétera.

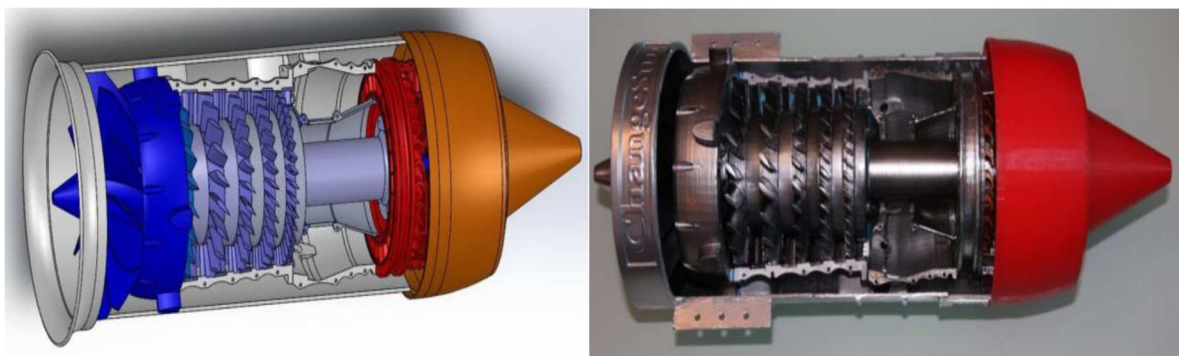


Ilustración 20 Ejemplo de diseño asistido por ordenador aplicado a la ingeniería.



4.3.2 Evolución histórica

Los fabricantes del sector CAD (Computer Aided Designs) siempre han sido punteros en aprovechar la tecnología informática más avanzada. El diseño con modelos 3D, técnicas de diseño vectorial, la medición automatizada, el trabajo directo con objetos y procedimientos, la organización en capas de los proyectos o la ampliación de los programas con extensiones especializadas, tienen su origen en aplicaciones de CAD, aunque actualmente se pueden encontrar en otra tipología de programas.

Podríamos situar el comienzo de los programas de Diseño Asistido por Ordenador al final del primer período de los ordenadores de primera generación. Sin embargo, es a partir de la aparición de los ordenadores de cuarta generación, cuando los programas CAD adquieren su completo desarrollo. En esta etapa nacen los circuitos de alta escala de integración LSI (Large Scale Integration) por lo que ya están desarrollados en su totalidad los lenguajes de alto nivel. Es por ello que, el desarrollo y evolución de las aplicaciones CAD ha estado siempre entrelazada con los avances en el sector informático.

CRONOLOGÍA:

DÉCADAS AÑOS '50 Y '60:

En 1955, el Lincoln Laboratory del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) desarrolla el primer sistema gráfico SAGE (Semi Automatic Ground Environment) de las Fuerzas Aéreas Norteamericanas (US Air Forces). Éste procesaba datos de radar y otras informaciones de localizaciones de objetos mostrándolos a través de una pantalla CRT (Tubo de Rayos Catódicos).

El Dr. Patrick Hanratty concebía en 1957 el primer software CAM llamado “PRONTO”. El Dr. Hanratty es mundialmente conocido como “el Padre del CAD/CAM” por su evolucionaria contribución en los campos de diseño y fabricación asistida por ordenador. Fue co-diseñador de DAC (Diseño Automatizado por Ordenador) en la compañía General Motors. Este producto fue el primer sistema gráfico interactivo de fabricación.



A comienzos de los años 60 aparecieron los primeros sistemas gráficos, que fueron desarrollados con propósitos CAM (Modelado Asistido por Computador). Esto dio lugar a la revolución industrial de la maquinaria numéricamente controlada (NC).

En 1962 Ivan Sutherland desarrolla el sistema Sketchpad basado en su propia tesis doctoral “A Machines Graphics Comunicatios System”. Con ello establece las bases que conocemos hoy en día sobre los gráficos interactivos por ordenador. Sutherland propuso la idea de utilizar un teclado y un lápiz óptico para seleccionar, situar y dibujar conjuntamente con una imagen representada en la pantalla. Fue el primer programa que permitía la manipulación directa de objetos gráficos o más bien, fue el primer programa de dibujo por ordenador. Se trataba de un sistema gráfico, creado mucho antes de que el término interfaz gráfica fuera concebido. Ivan Sutherland fue un pionero de la investigación de los gráficos por ordenador y su trabajo era ayudar a establecer las bases del desarrollo del interfaz gráfico del usuario tal y como lo conocemos ahora a principios del siglo XXI.

Cabe señalar que debido al alto precio de los ordenadores en esta época, solo algunas compañías de aviación y automovilísticas pudieron desarrollar este tipo de software.

La mayor innovación llevada a cabo por Sutherland fue la estructura de datos basada en topología del objeto que se disponía a representar, es decir, describía con toda exactitud las relaciones entre las diferentes partes que lo componían, introduciendo así, lo que se conoce como Programación Orientada a Objetos. Muy diferente a todo lo conocido hasta entonces.

Antes de esto, las representaciones visuales de un objeto realizadas en el ordenador, se habían basado en un dibujo y no en el objeto en sí mismo. Con el sistema Sketchpad de Sutherland, se trazaba una clara distinción entre el modelo representado en la estructura de datos y el dibujo que se veía en la pantalla.

En esta época se desarrollan en ITEK y General Motors proyectos paralelos al Sketchpad. El proyecto ITEK (“The Electronic Drafting Machine”) utilizaba: una pantalla vectorial con memoria de refresco en disco duro, un ordenador PDP-1 de Digital Equipment Corp. Y una tableta y lápiz electrónico para introducir los datos.



En 1963 la implementación en universidades del sistema Sketchpad genera una gran repercusión. Demostraron que el ordenador era capaz de calcular qué líneas eran las que definían la parte observable del objeto a la par que ocultaba el resto. La información de las líneas ocultas era almacenada en la memoria del ordenador, en la base de datos haciéndolas aparecer cuando se posicionaba el cuerpo en otra dirección diferente respecto al observador. Las limitaciones del sistema provenían más de la capacidad del ordenador que del principio conceptual como tal.

En esta época el profesor Charles Eastman de la Universidad Carnegie Mellon desarrolló el BDS (Building Description System). Este sistema estaba basado en una librería que incluía muchos elementos arquitectónicos que podían ser ensamblados, construyendo así un diseño arquitectónico completo que sería mostrado en pantalla.

En 1965 se comercializa el primer CAD, basado en ITEK Control Data Corp., con un precio de 500.000 US\$.

En 1966 Sutherland ejerciendo como profesor en Harvar llevó a cabo junto a Bob Sproull, estudiante adjunto en ese momento, un sistema de realidad virtual. El sistema consistía en que los usuarios con la ayuda de un casco, podían adentrarse virtualmente en una habitación y mirar en todas direcciones una vez dentro.

En 1967 se desarrolló en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) el primer compilador para un lenguaje de descripción gráfica. Simultáneamente, las principales multinacionales automovilísticas y de aviación desarrollaron sus primeros sistemas gráficos de diseño.

DÉCADAS AÑOS '70 Y '80:

Durante los años 70 este tipo de software comenzó su migración de la pura investigación hacia su uso comercial. Todavía el software era desarrollado por grupos internos de grandes fabricantes de automoción y aeroespaciales como General Motors, Mercedes-Benz, Toyota, Lockheed, Dassault.

En 1971 el Dr. Hanratty fundó la compañía MCS (Manufacturing and Consulting Company). MCS era proveedor del código de la mayoría de las compañías de la época. Si



analizamos los sistemas CAD/CAM actuales, aproximadamente el 70% de ellos hallan sus raíces en el código original MCS.

A mediados de los 70 se produjeron avances significativos en el Modelado Geométrico.

Las limitaciones iniciales que presentaban los primeros sistemas gráficos fueron superadas y las técnicas fueron evolucionando dando lugar a lo que hoy se conoce como superficies esculpidas, superficies paramétricas, de Bezier, etc.

También se desarrollaron los primeros modeladores alámbricos (wireframe) y los esquemas poligonales. Estos sistemas comenzaron siendo bidimensionales e intentaban facilitar el dibujo técnico por computador.

A continuación, surgieron los esquemas de Modelado Solido en 1973, desarrollándose los primeros sistemas gráficos en las universidades de Hokkaido y Cambridge. Los sistemas fueron presentados en Budapest como TIPS y BUILD, demostrando su superioridad ante cualquier otro tipo de modelado geométrico.

TIPS utiliza primitivas básicas y operaciones booleanas para definir sólidos, es decir, utiliza las técnicas de modelado basadas en lo que hoy día se denomina Geometría Solido Constructiva (CSG).

BUILD define los objetos como un conjunto de superficies más la información topológica que las relaciona, que será la información de caras, aristas y vértices. Esta técnica se conoce hoy en día por Representación de Fronteras (Boundary Representation o B-Rep).

Desde entonces han surgido muchos modeladores que utilizan alguna de las técnicas anteriores, o ambas en el caso de los Modeladores Híbridos. En 1977 se desarrolló en la universidad de Rochester (EEUU) el sistema gráfico PADL-1, que utiliza CSG para la definición de objetos, pero que puede convertirlos automáticamente en B-Rep, aunque el paso contrario presenta varios problemas.

En 1975 Textronic desarrolló la primera pantalla de 19 pulgadas, así como también el primer sistema CAD/CAM de la mano de AMD, siendo Lockheed la primera empresa en



adquirirlo. A los dos años se creó en la Universidad de Cambridge el Delta Technical Services y un año después se desarrolló el primer terminal gráfico mediante tecnología raster de la mano de Computervision.

Por último, en el año 1979, Boeing, General Electric y NIST desarrollan un formato neutral de intercambio de datos llamado IGES (Initial Graphics Exchange Standar), que define un formato neutral de datos que permite el intercambio digital de información entre sistemas de diseño asistido por ordenador CAD. Usando IGES, un usuario puede intercambiar información del modelo en la forma de esquemas, superficies o representaciones sólidas. Entre las aplicaciones que soportan IGES se incluyen dibujos y modelos tradicionales para funciones de análisis y manufactura.

En el principio de los años 80 aparecieron un conjunto de sistemas de diseño asistido por ordenador para automatizar el proceso de mecanizado creando cintas digitales para manejar máquinas. También en esta época aparecieron las primeras herramientas de CAE para los análisis de diseño complejos.

En 1980 se creó Investrónica, empresa española con desarrollos CAD y CAM orientados al sector textil-confección.

En 1981 se creó Dassault System (compañía dedicada al desarrollo en 3D y a las soluciones de gestión de ciclo de vida del producto (PLM)), así como también la empresa 3D/Eye Inc. Se convierte en la pionera en 3D y tecnología de gráficos, basados en desarrollos de la Universidad de Cornell. Unigraphics presenta Unisolid, el primer sistema de modelado sólido sobre un ordenador PADL-2.

Se produjeron mayores adelantos tecnológicos, incluyendo sistemas de modelado paramétrico, permitiendo al software CAD/CAM/CAE volverse una parte más integrada en el proceso de diseño de producto.

John Walker, programador y visionario, fundó Autodesk. Éste es uno de los avances más espectaculares que aparecieron en esta época. La aparición del ordenador personal, y además la aparición de Autodesk (fabricante de software de diseño profesional). Él junto a un equipo de programadores empezaron a desarrollar cinco aplicaciones de automatización, con el



objetivo de que una de ellas triunfara, desarrollando la que resultara triunfante. Este producto resultó ser AutoCAD, un pequeño programa de gráficos 2D.

El paso hasta el diseño sólido en 3D surgió en 1988 con las primeras versiones de Pro/ENGINEER, resultando ser un modelador muy robusto.

AÑOS '90 Y LA LLEGADA DE SOLIDWORKS:

A partir de los 90 la industria CAD/CAM genera un volumen de mercado de miles de millones de euros con empresas como la francesa Dassault Systèmes, con su famoso software “CATIA”, o las estadounidenses Parametric Technology y Autodesk entre otras muchas más.

Antes de SolidWorks, el sector carecía de un paquete de software completo que combinase el modelado de sólidos en 3D con la sencillez de uso de un programa de escritorio. SolidWorks vino a satisfacer esta demanda.

Antes de Dassault Systèmes SolidWorks Corp., la industria carecía de un software que combinase el modelado de sólidos en 3D con la sencillez de uso de un programa de PC.

En 1993, Jon Hirschtick, fundador de SolidWorks, contrató un equipo de ingenieros con la misión explícita de hacer que la tecnología CAD 3D fuera más accesible. Lo lograron creando la primera tecnología CAD 3D capaz de ejecutarse en una plataforma Windows sin necesitar sistemas caros de hardware y software para funcionar. En 1995 se lanzó la primera versión del software SolidWorks®. En el plazo de dos meses, dicha versión era alabada por su facilidad de uso, ya que permitía a más ingenieros que nunca aprovechar las ventajas del CAD 3D para darles vida a sus diseños.

En 1997, el gigante mundial de la tecnología de ciclo de vida Dassault Systèmes S.A. (Euronext París: #13065, DSY.PA) lo advirtió y adquirió SolidWorks por 310 millones de dólares estadounidenses.

Hoy en día, DS SolidWorks ofrece un conjunto completo de herramientas para crear, simular, publicar y gestionar datos, que optimiza la innovación y la productividad de los



recursos de ingeniería. Todas estas soluciones trabajan conjuntamente para permitir a las empresas diseñar productos de forma más rápida, eficiente y mejor.

DS SolidWorks Corp. no ha dejado de aplicar su lema de "facilidad de uso" a las nuevas ampliaciones de productos, incluidos SolidWorks Simulation y SolidWorks Enterprise PDM. Además de solucionar simulaciones complejas como el impacto o las vibraciones, SolidWorks Simulation facilita la validación si el diseño es correcto (no es necesario ser licenciado en análisis de elementos finitos para conseguirlo). En coherencia con este lema, la gestión de datos de SolidWorks se despliega en un tiempo mínimo de 10 días, lo que permite a las empresas obtener el máximo provecho de las nuevas oportunidades más rápidamente.

Más de 1 589 600 usuarios en 148 600 lugares de 80 países del mundo confían en el software SolidWorks. Más de un millón de estudiantes obtienen un certificado de aprendizaje de SolidWorks cada año. SolidWorks ha figurado continuamente como la experiencia de tecnología 3D que más buscan los empleadores en las ofertas de trabajo de Monster.com, el sitio web de empleo más popular.

4.4 RENDERIZADO

La renderización es el proceso de generar una imagen desde un modelo. Se suele aplicar en la computación gráfica, más comúnmente a la infografía. En este proceso se desarrolla con el fin de imitar un espacio 3D formado por estructuras poligonales, comportamiento de luces, texturas, materiales (madera, metal, plástico, cristal, etcétera) y animación, simulando ambientes y estructuras físicas verosímiles. Una de las partes más importantes de los programas dedicados a la infografía son los motores de renderizado, los cuales son capaces de realizar técnicas complejas.

Cuando se trabaja en un programa de diseño 3D asistido por ordenador, normalmente no es posible visualizar en tiempo real el acabado final deseado de una escena 3D compleja. Esto requiere una potencia de cálculo demasiado elevada, por lo que se opta por crear el entorno 3D con una forma de visualización más simple y técnica, y luego generar el lento



proceso de renderización para conseguir los resultados finales deseados. El tiempo de render depende en gran medida de los parámetros establecidos en los materiales y luces, así como de la configuración del programa de renderizado.

Para conseguir un modelo de aspecto realista es necesario emplear millones de polígonos y requiere utilizar gigabytes de datos, mucho más de lo que los equipos y PCs de sobremesa “normal” son capaces de manejar para tener una experiencia interactiva aceptable. Simular vistas a través de ventanas y refracciones en superficies reflectantes es difícil y costoso en términos de recursos computacionales.

También cabe destacar la dificultad de proporcionar un interfaz natural que facilite la navegación a través de un espacio virtual, considerando el paradigma actual de movimiento y controles.

4.4.1 Motor de renderizado

Los motores de render son los encargados de generar las imágenes desde una escena enteramente diseñada en el ordenador, modelando el comportamiento de la luz bajo ciertas circunstancias, hasta definir completamente la escena 3d.

Estos motores utilizan procesos multi-pasos de renderización, en los que se incluye la modelización de la escena con la iluminación global, y las reflexiones y refracciones en los objetos de la escena de acuerdo a su material.

4.5 PROGRAMAS PARA EL MODELADO 3D

Existen multitud de software en el mercado para el diseño 3D. Todos ellos incorporan multitud de licencias para todos los propósitos de nuestros proyectos, pudiendo de forma económica y sencilla encontrar la que más se adecue a nuestras necesidades.

A continuación, se van a describir los programas más utilizados en el ámbito de la ingeniería:

AutoCAD

Desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Reconocido a nivel internacional como el más usado. Tiene amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D con mucha calidad. Es compatible con multitud de programas que lo complementan o se apoyan en él. Es sobre todo usado por arquitectos, diseñadores industriales ya que su mayor potencial se encuentra en el modelado en 2D y en la industria naval.



Ilustración 21 Embarcación realizada en AutoCad

CATIA

Creado y comercializado por Dassault Systèmes, está desarrollado para proporcionar apoyo CAD desde la concepción del diseño hasta la producción y análisis de productos. La principal peculiaridad de Catia es que provee una arquitectura abierta para el desarrollo de aplicaciones y macro que permiten personalizar el programa con las necesidades de cada usuario. Por ello, es el software más potente para este fin.

Fue inicialmente desarrollado para la industria aeronáutica, pero en los últimos años se ha integrado también en la industria del automóvil para el diseño y desarrollo de carrocería, en el sector ferroviario, industria naval y proveedores de bienes de consumo.

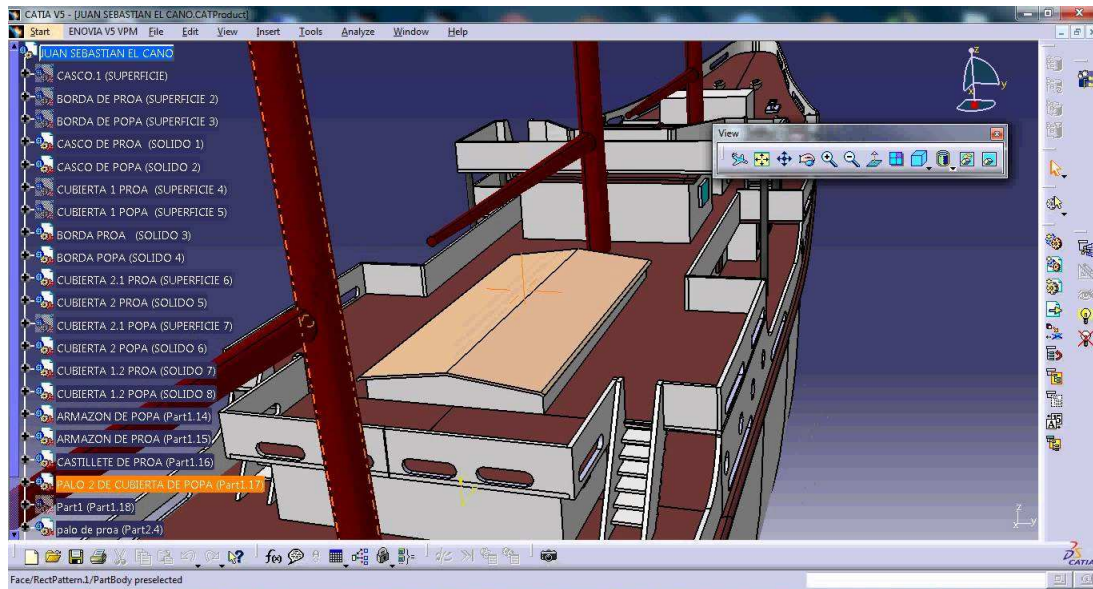


Ilustración 22 Imagen de un barco realizado mediante CATIA

SolidWorks

Desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp. que pasó a formar parte de Dassault Systèmes. Más simple que los anteriores, se caracteriza porque integra su propio sistema CAE, lo cual garantiza la calidad y el funcionamiento de los diseños antes de comprometerse a fabricarlos. Sus exhaustivas herramientas de análisis permiten probar digitalmente modelos en movimientos y obtener una percepción técnica al inicio del proceso de fabricación. Sus principales usos están orientados al diseño de maquinaria industrial o productos articulados.

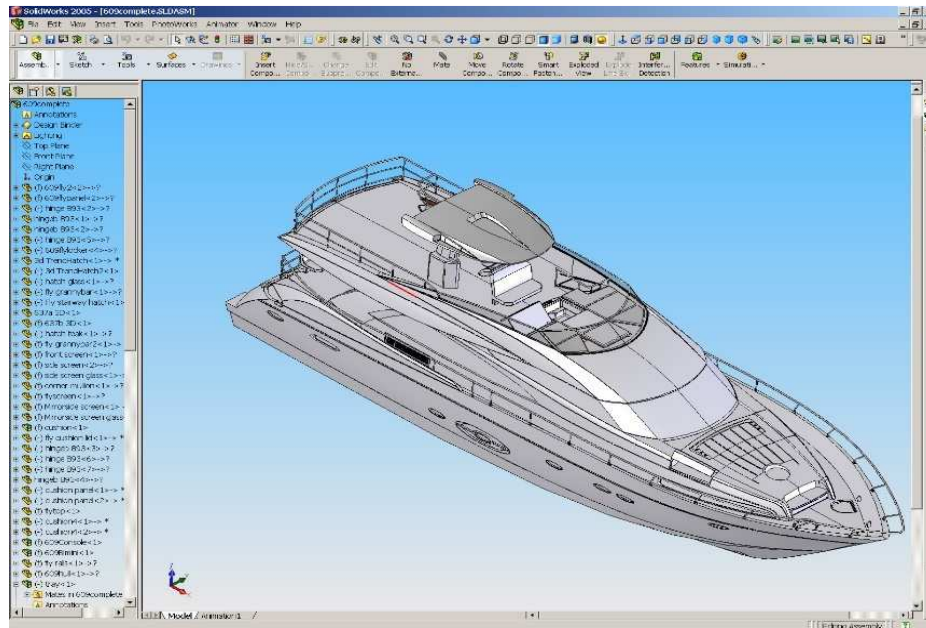


Ilustración 23 Imagen de un barco realizado mediante SolidWorks

NX Unigraphics

Desarrollado y comercializado por Siemens, es el resultado de la unificación de varios programas que fueron referencia hace algunos años (Unigraphics, I-DEAS).

Es un conjunto integrado de aplicaciones CAD, CAM y CAE. El cual incluye también herramientas que abarcan todos los procesos de diseño, fabricación y simulación, permitiendo integrarlo todo bajo un mismo sistema de desarrollo sólido y compatible. Es usado sobre todo por ingenieros en la industria automotriz y en la fabricación de maquinaria para cadenas de montaje, aunque abarca otros muchos sectores.



Ilustración 24 Imagen de cigüeñal realizado por NX Unigraphics

SketchUp

Desarrollado inicialmente por Last-Software, la cual fue adquirida por Google en 2006 y finalmente vendida a Trimble en 2012. Su principal característica es la de poder realizar diseños 3D de forma extremadamente sencilla.

Es el software más sencillo y económico de los citados anteriormente. Es conocido en el sector como el programa introductorio al diseño 3D.

Maxsurf

Maxsurf ofrece herramientas altamente especializadas para modelar cascos, apéndices y superestructuras usando superficies NURBS trimadas. También incluye herramientas de transformación paramétricas y análisis instantáneos de cálculos hidrostáticos y evaluación de curvaturas.

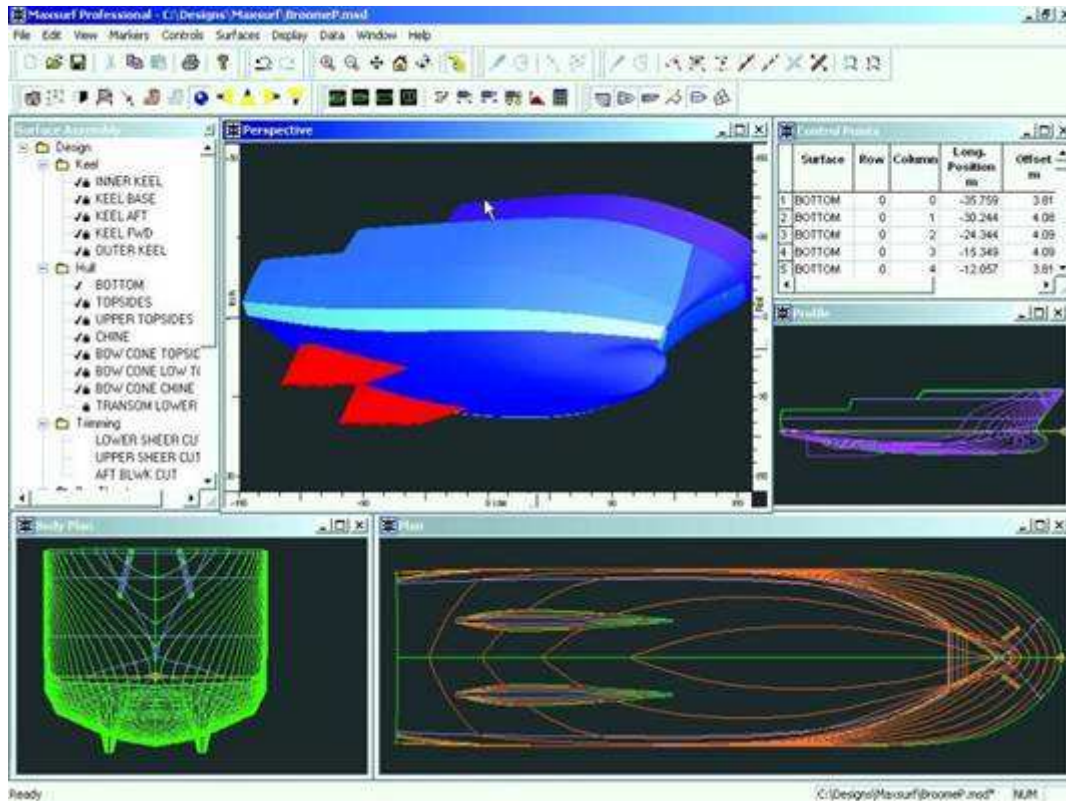


Ilustración 25 Imagen de embarcación realizada por Masurf

FORAN

Fue el primer sistema CAD naval sobre plataforma Microsoft Windows y continúa ofreciendo mejoras para que los diseñadores de buques aprovechen la creciente capacidad de proceso de los modernos ordenadores.

Es un sistema de diseño y construcción de buques y artefactos marinos desarrollado por SENER desde hace 50 años y actualmente licenciado en más de 150 astilleros y oficinas técnicas de 40 países.

Se trata de una solución única en el mercado, que abarca todas las disciplinas de diseño de forma totalmente integrada y se utiliza durante todas las etapas de diseño y producción de un buque.

FORAN es un sistema de diseño naval que, por sus altas prestaciones y por su capacidad de adaptabilidad y de personalización, puede ser utilizado en el diseño y construcción de cualquier tipo de buque o artefacto marino. Su amplia funcionalidad cubre las demandas de los diferentes tipos de industrias dentro del sector naval.

Este programa ha sido utilizado para realizar el modelo 3D del submarino de la serie S80 que ha desarrollado Navantia para la Armada Española.

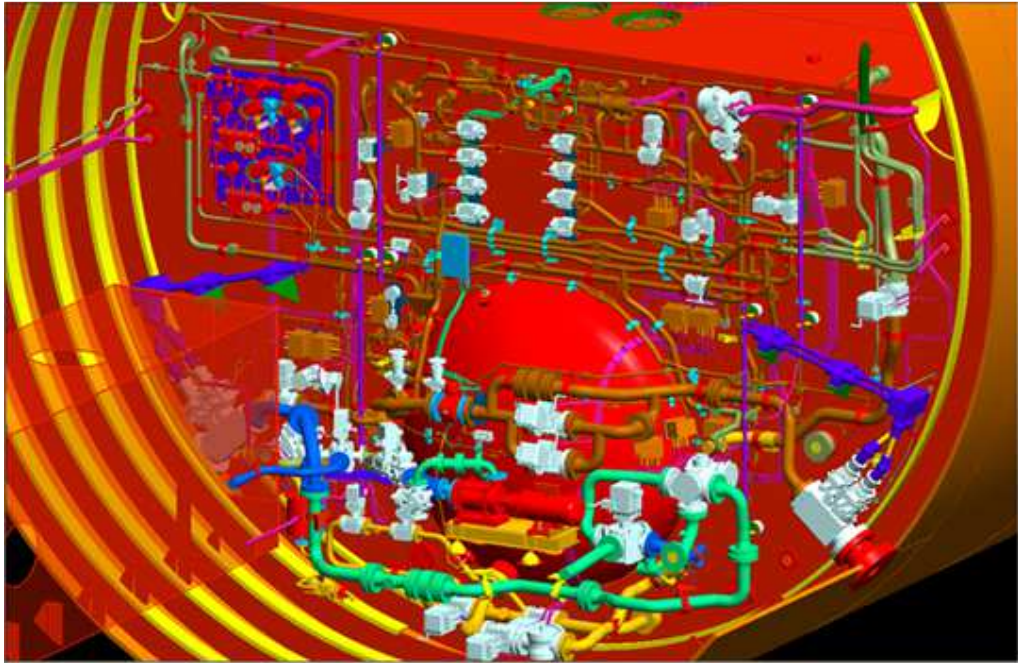


Ilustración 26 Sección del submarino S80 realizado en Foran



6. EJEMPLO DE REALIDAD VIRTUAL

6.1 MODELADO DE BUQUE EN 3D

Como ejemplo práctico se va a realizar el modelado 3D de un buque portacontenedor de 850 TEU'S, con una eslora de 130 metros, manga de 20,38 metros y puntal de 11,81 metros, utilizando el programa de modelización Rhinoceros 5.

En Rhinoceros, se puede poner una imagen bitmap como imagen de fondo en el plano de trabajo. Partiendo de esta imagen se pueden calcar las líneas del plano de formas. Comenzamos con la herramienta de distribución de capas, la cual usaremos para crear varias capas en correspondencia con los planos de trabajo, por ejemplo, crearemos una capa para el plano de perfil en el que insertaremos nuestra imagen de fondo bitmap del perfil del buque. Esta herramienta nos permitirá en cualquier momento visualizar u ocultar cada una de las capas, es decir, cada una de las líneas del plano de formas.

Con la imagen bitmap de fondo insertada será necesario escalarla a las medidas originales del barco y alinearla tal que la línea base quede como una línea totalmente horizontal.

Es preciso intentar aproximar estas líneas con curvas que tengan el menor número de puntos de control posible para simplificar el proceso de alisado después. Calcaremos en cada vista las líneas correspondientes del plano de formas, tanto las líneas de referencia, como las líneas de agua, longitudinales o secciones.

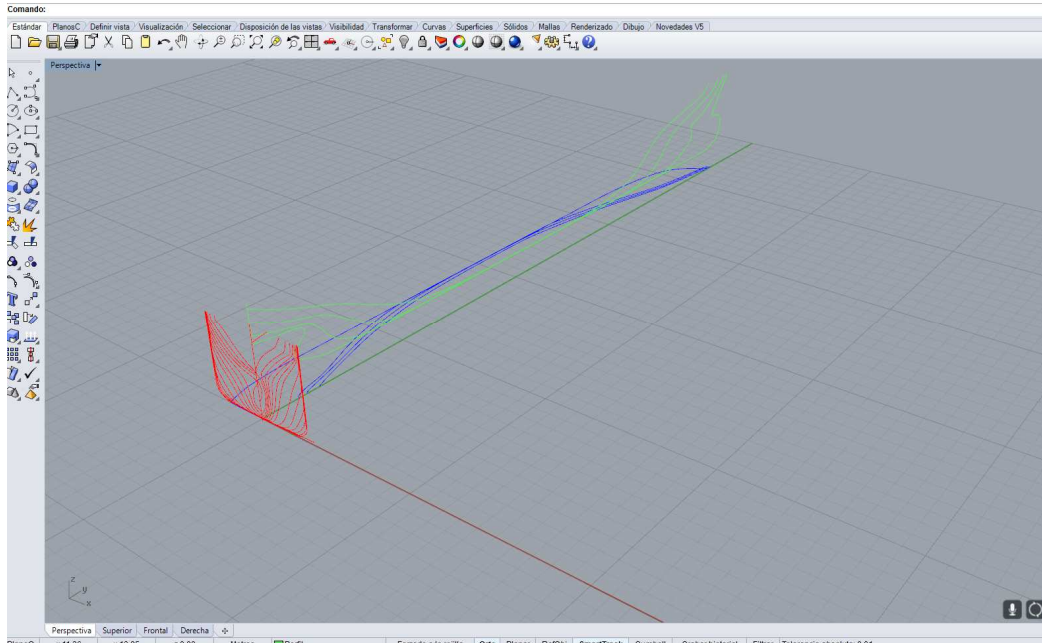


Ilustración 27 Líneas de formas en sus respectivos planos

Una vez calcadas todas las líneas es necesario trasladarlas a su lugar correspondiente. El origen de coordenadas se encontrará en la intersección de la perpendicular de popa con la línea de base. Cada sección, longitudinal y línea de agua se deberán colocar donde correspondan.

Obtendremos una red de curvas que definirán las formas del casco.

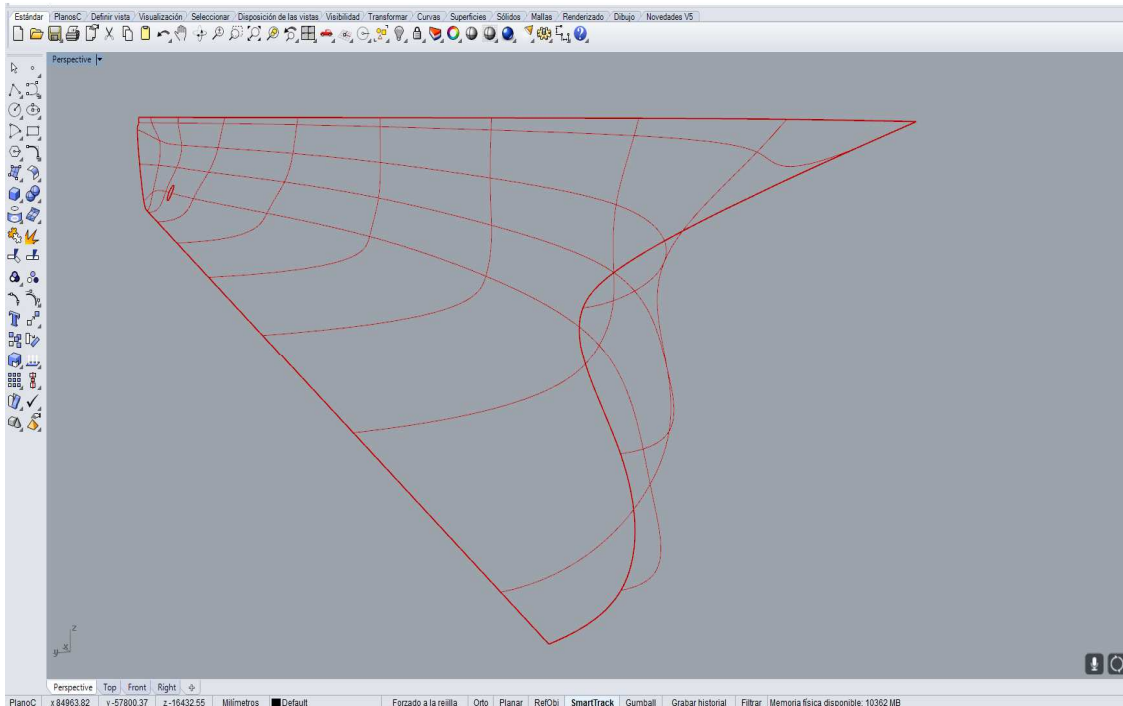


Ilustración 28 Red de curvas del casco

Utilizaremos esta red para crear con Rhinoceros una superficie NURBS que se acerque a esta forma. En esta primera fase no hace falta conseguir una precisión exagerada, ya que la superficie que vamos a obtener será modificada hasta obtener la forma deseada y deberá ser alisada. Es importante obtener unas curvas correctas y precisas desde el punto de vista de las formas del casco, cuando cada una de estas curvas son colocadas deben de coincidir en cada una de las tres vistas. Para esto se aconseja trazar líneas de referencia y comprobar que coinciden en la vista 3D

A partir de la red de curvas que hemos usado, vamos a poder reconstruir una superficie NURBS. Para esto se puede usar la herramienta "superficie desde red de curvas". Para usar esta herramienta hay que saber lo que se entiende por "red de curvas". No podemos usar todas las curvas de esta red porque todas no cumplen unas condiciones de validez: o las curvas deben formar una rejilla cuadrada o si no se cruzan exactamente, no deben estar "muy" lejos.

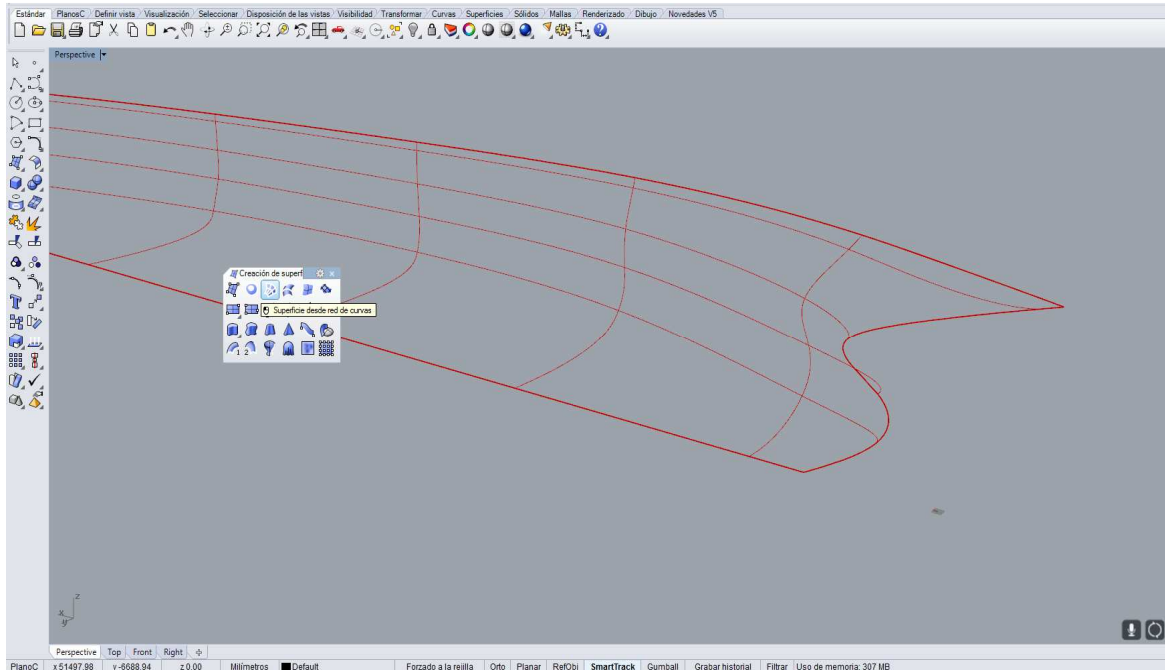


Ilustración 29 Superficie Nurbs del casco

Así, seleccionamos unas curvas de manera inteligente para que cumplan estas condiciones y que sean representativas de las formas del casco. Una vez seleccionadas las curvas seleccionamos al botón "superficie desde red de curvas".

Rhinoceros nos propone en este momento una superficie que se aproxima a la red de curvas que hemos seleccionadas dentro de las líneas el casco.

Esta superficie que vamos a obtener no será exactamente la que querremos: tendrá probablemente demasiados puntos de control, lo que complica el proceso de alisado, hay posibilidades que aparezcan bollos que tendremos que eliminar con el proceso de alisado.

Una vez terminado el proceso de alisado de la red de curvas, el resultado que se obtiene la superficie definitiva del casco del buque.

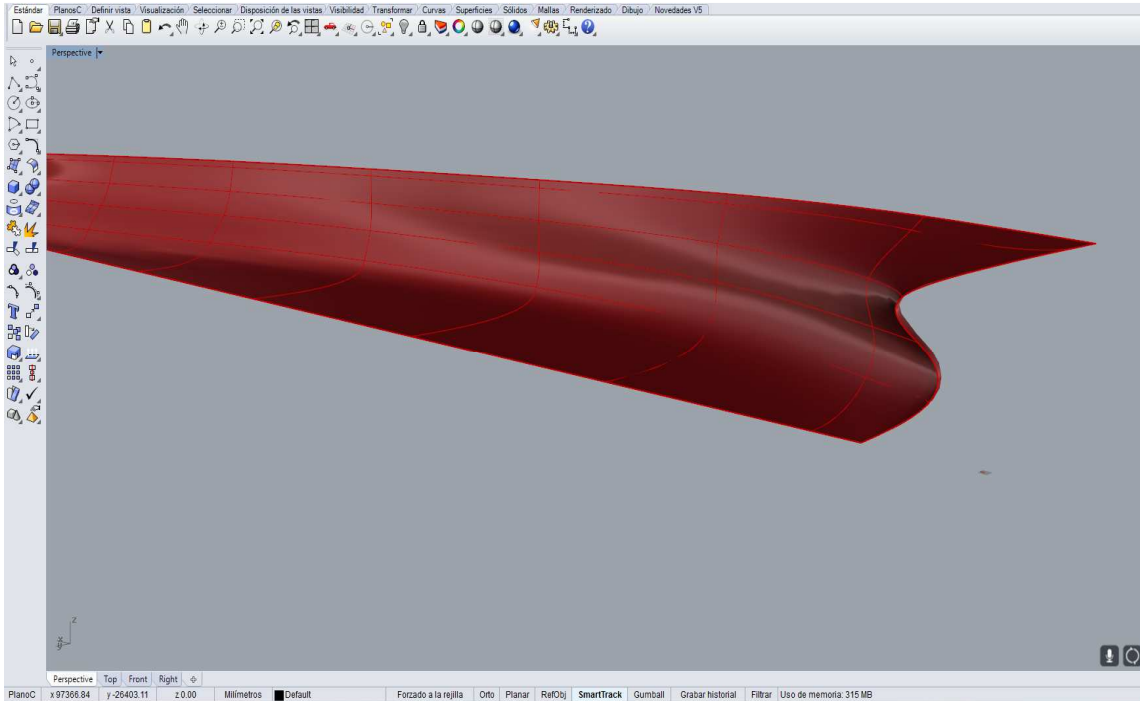


Ilustración 30 Superficie casco alisada

Mediante el comando simetría, se realiza la otra superficie del casco del buque.

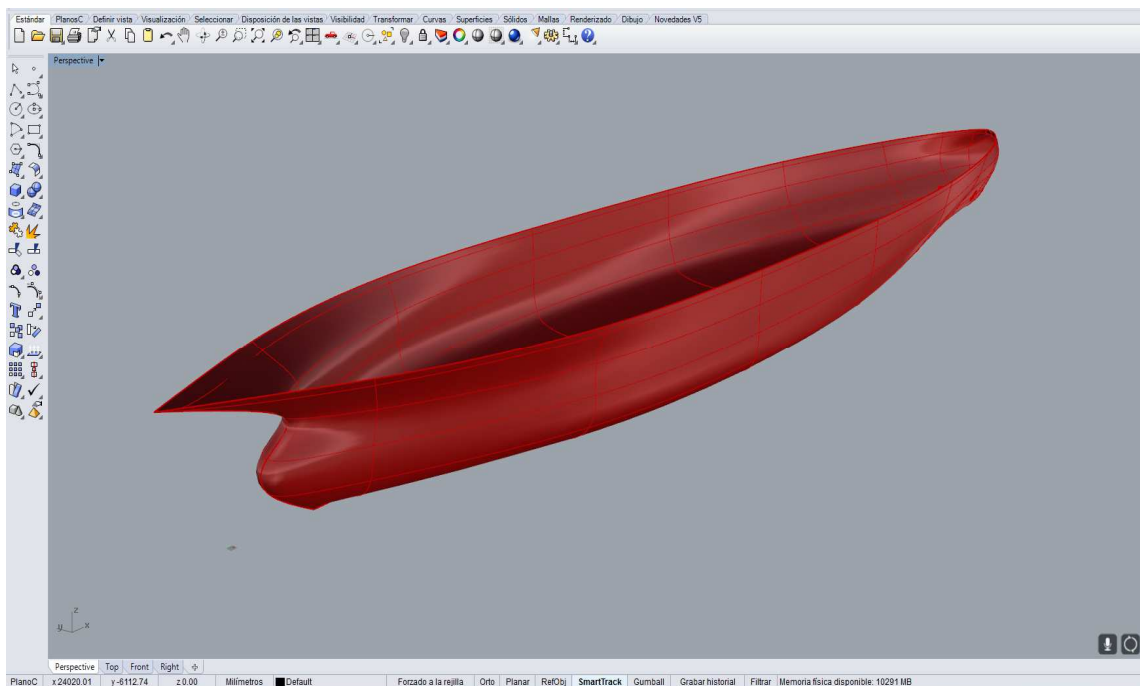


Ilustración 31 Superficie del casco del buque

Una vez obtenida la superficie del casco del buque, la exportamos al programa SolidWorks mediante el formato de archivo “.stp” para poder seguir trabajando en la elaboración del modelo en 3D del buque portacontenedor, ya que este programa permitirá realizar los recorridos virtuales a través de la embarcación.

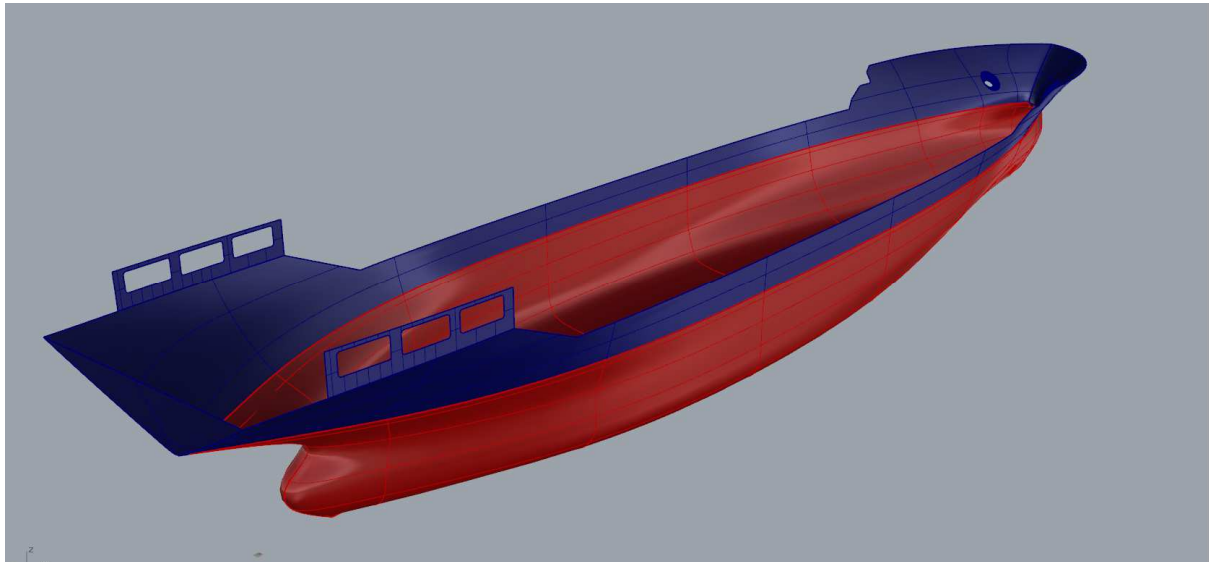


Ilustración 32 Casco de buque portacontenedor

Se comienza delimitando dónde va a ir situada la cámara de máquinas, que este caso será a popa de la embarcación.

Se realizan tres cubiertas, una será el doble fondo donde irá asentado el motor de la embarcación, que por su tamaño llegará hasta el entrepuente superior, en el entrepuente superior irán colocados tres generadores, y también está el entrepuente inferior que estará aproximadamente a mitad de altura del motor propulsor.

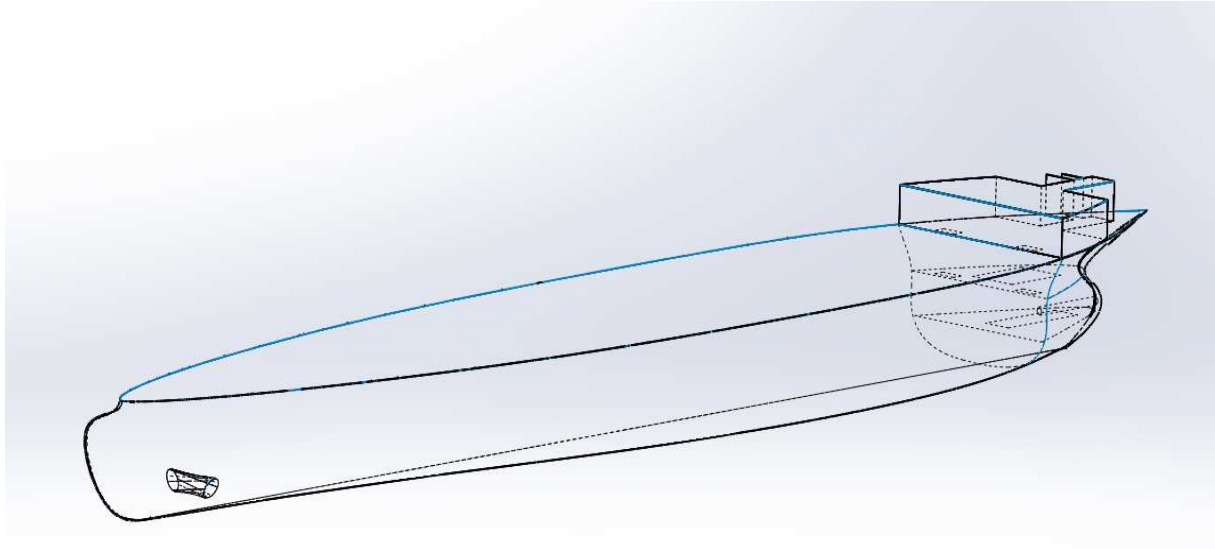


Ilustración 33 Distribución de cubiertas en cámara de máquinas.

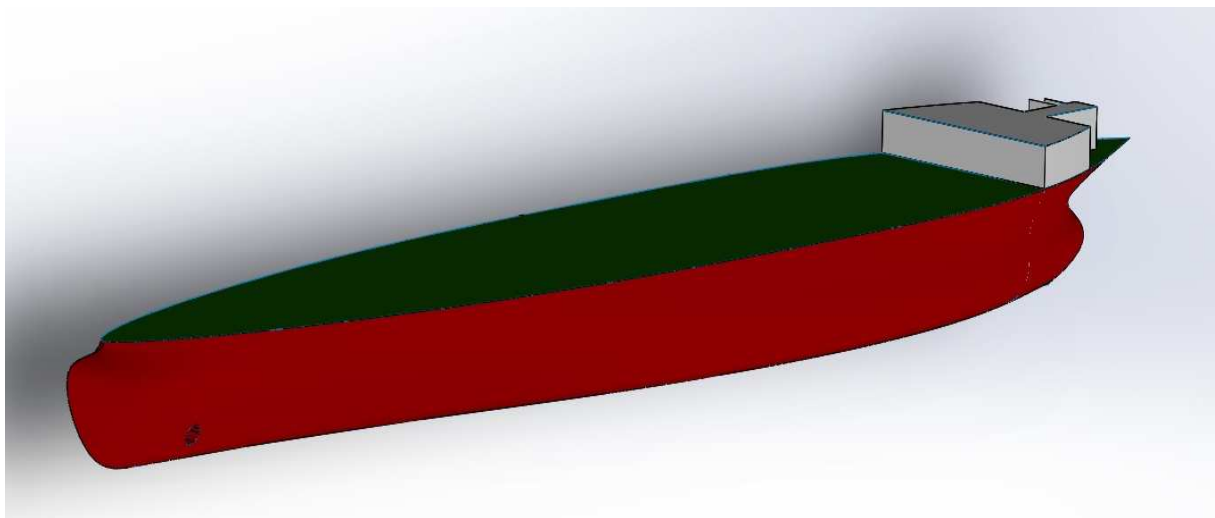


Ilustración 34 Vista de la embarcación sombreada

A continuación, se ha realizado el motor que se va a instalar en la planta propulsora, siendo este un motor de marca Wärtsilä 16V38 con las siguientes características:

WÄRTSILÄ 16V38	
Número de cilindros	16V
Diámetro del cilindro	380 mm
Carrera	475 mm
Velocidad nominal	600 rpm
Desplazamiento del pistón	53.9 l/cilindro
Número de válvulas	2 de entrada y 2 de exhaustación
Presión media efectiva	2.69 MPa (26.9 bar)
Velocidad media del pistón	9.5 m/s

Ilustración 35 Características técnicas asociadas a motor propulsor

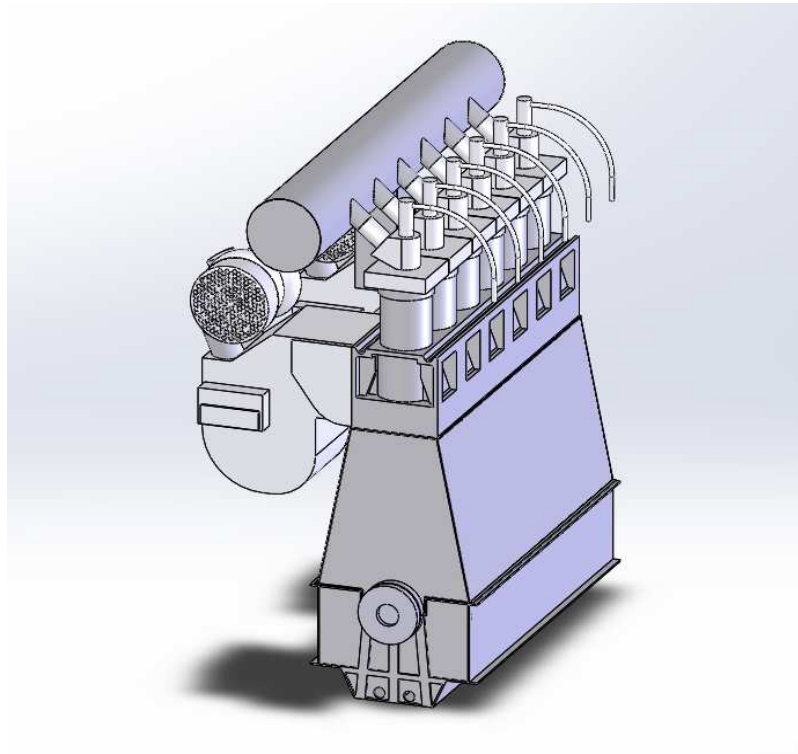


Ilustración 36 Imagen 3D del motor propulsor

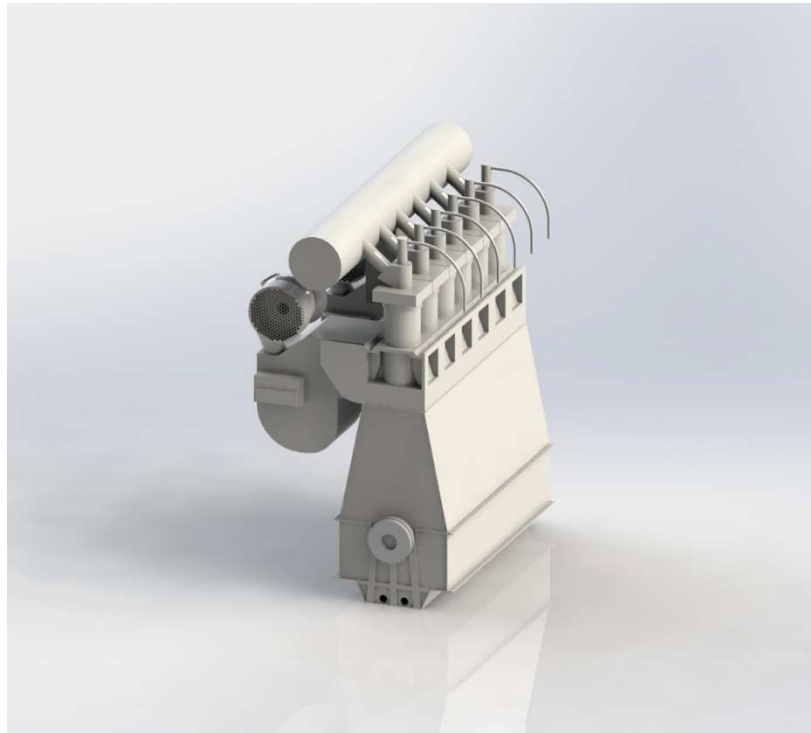


Ilustración 37 Motor propulsor renderizado

El siguiente componente que se ha realizado han sido los tres grupos generadores de marca Wärtsilä modelo Auxpac 760W6L20. Los datos técnicos de dicho modelo de grupo eléctrico son los siguientes:

WÄRTSILÄ AUXPAC 760W6L20	
Nº de cilindros	6L
Ciclo	4 Tiempos
Desplazamiento por pistón	8.8 l/cilindro
Número de válvulas	2 de entrada y 2 de exhaustación
Diámetro del cilindro	200 mm
Carrera	280 mm
Potencia eléctrica	760 kWe
Tensión	450 V
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	900 rpm
Potencia mecánica	800 kW
Presión media efectiva	2.02 MPa

Ilustración 38 Características principales de los generadores auxiliares.

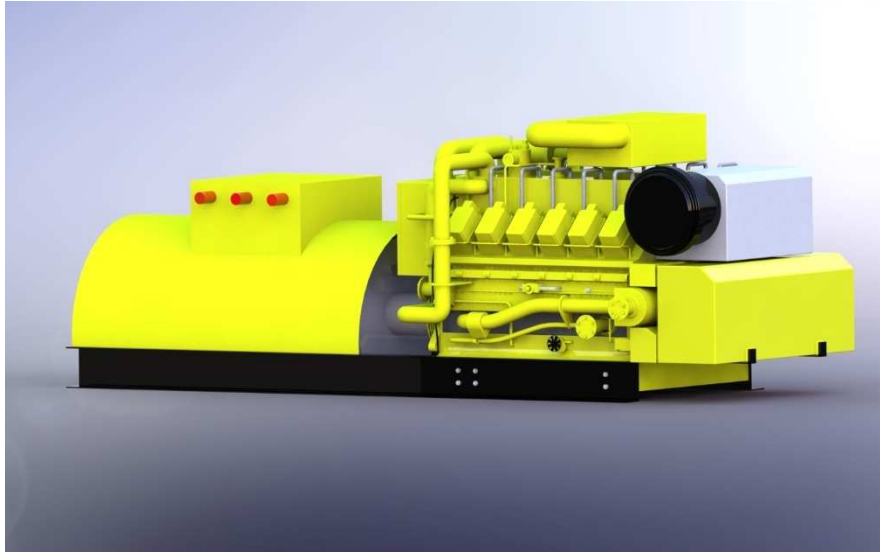


Ilustración 39 Grupo generador renderizado

Seguidamente se han realizado diversos componentes que irán colocados en el buque, como puede ser el ancla, la hélice, las escaleras, entre otros.

Los accesorios son indispensables en el modelado ya que aportan mayor realismo a la escena, creando sombras y brillos. Éstos están insertados en los sub-ensamblajes (Inferiores o Superiores, según corresponda) de cada una de las estancias.



Ilustración 40 Imagen del modelado del ancla e imagen renderizada

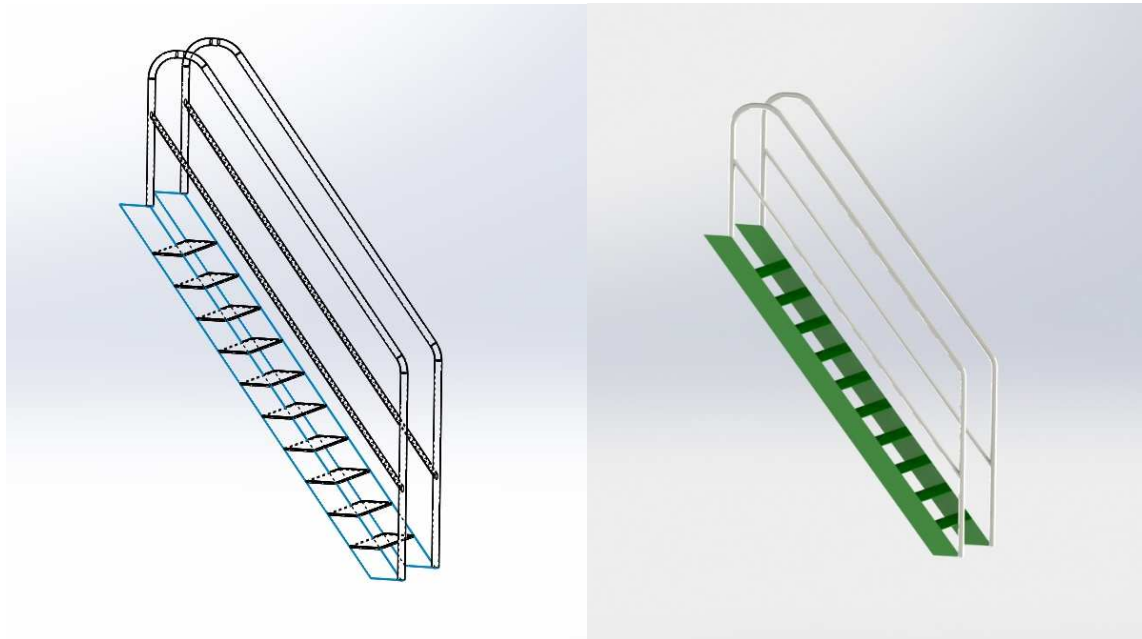


Ilustración 41 Imagen del modelado de la escalera e imagen renderizada



Ilustración 42 Hélice renderizada

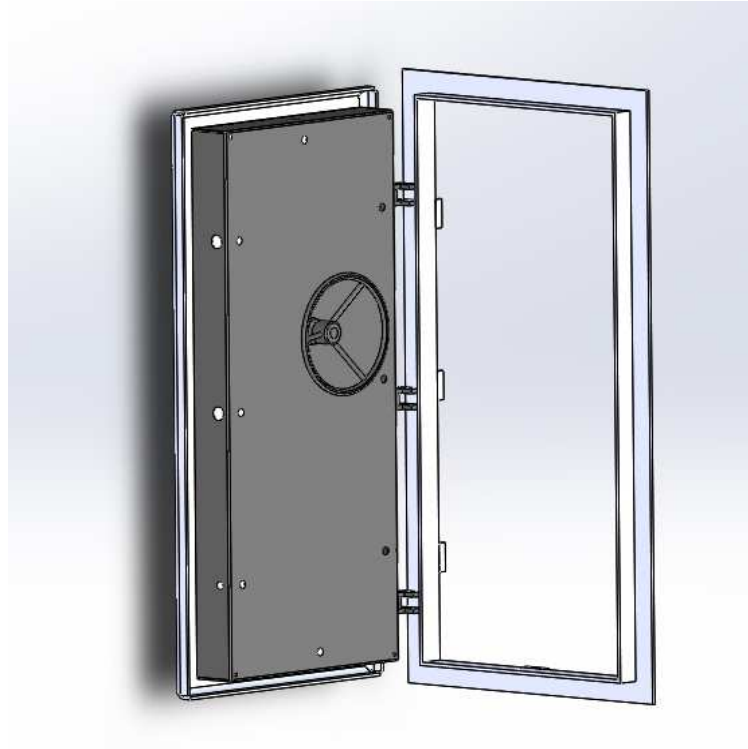


Ilustración 43 Puerta estanca de cubierta en 3D

Una vez obtenidos todos los elementos que compondrán el buque portacontenedor, se procede al ensamblaje del mismo.

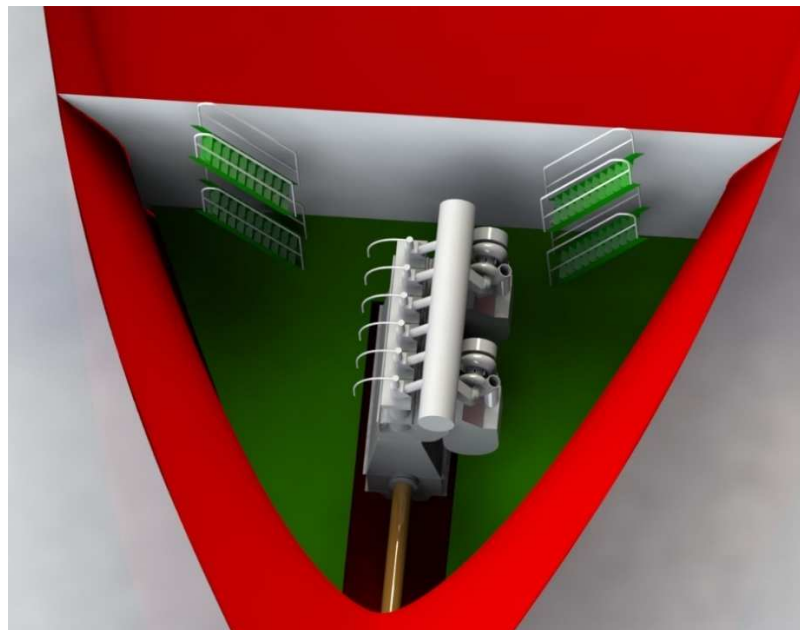


Ilustración 44 Ensamblaje de motor propulsor, escaleras de acceso y eje de la hélice.

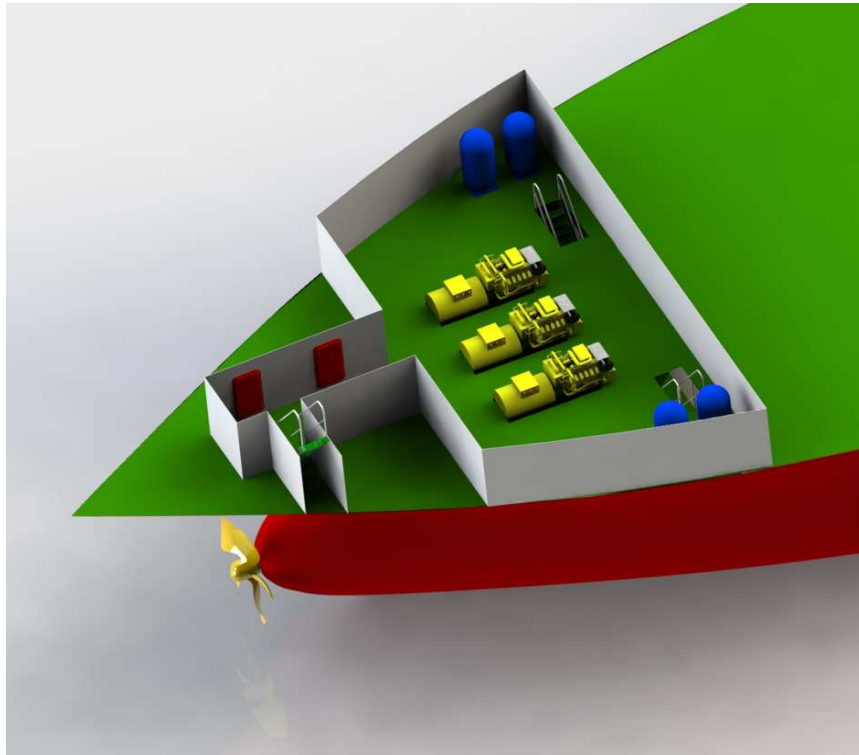


Ilustración 45 Ensamblaje entrepuente superior con los tres generadores y otros elementos.

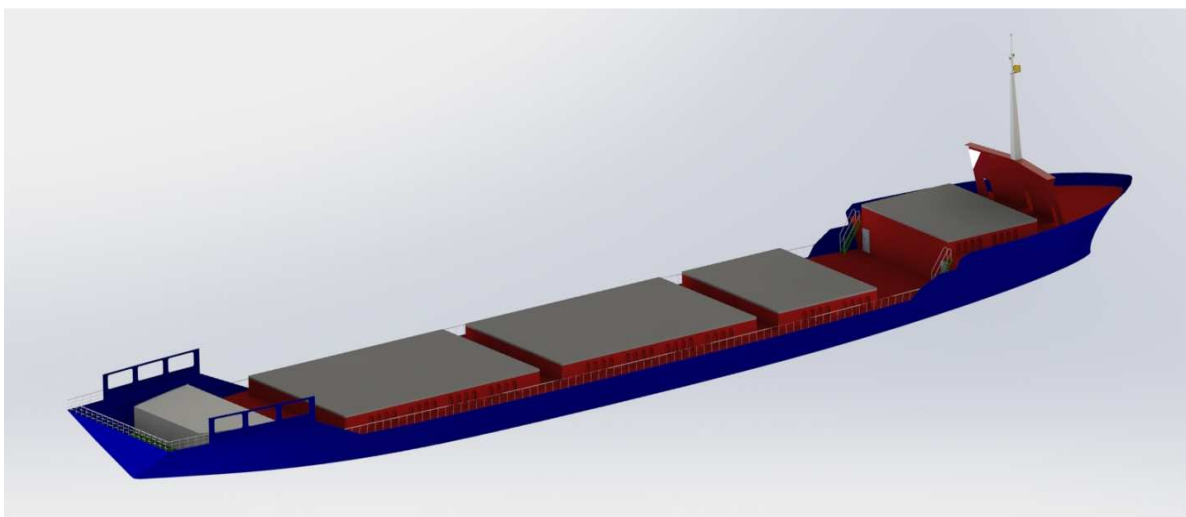


Ilustración 46 Ensamblaje de bodegas de carga.



Ilustración 47 Ensamblaje habilitación del buque portacontenedor

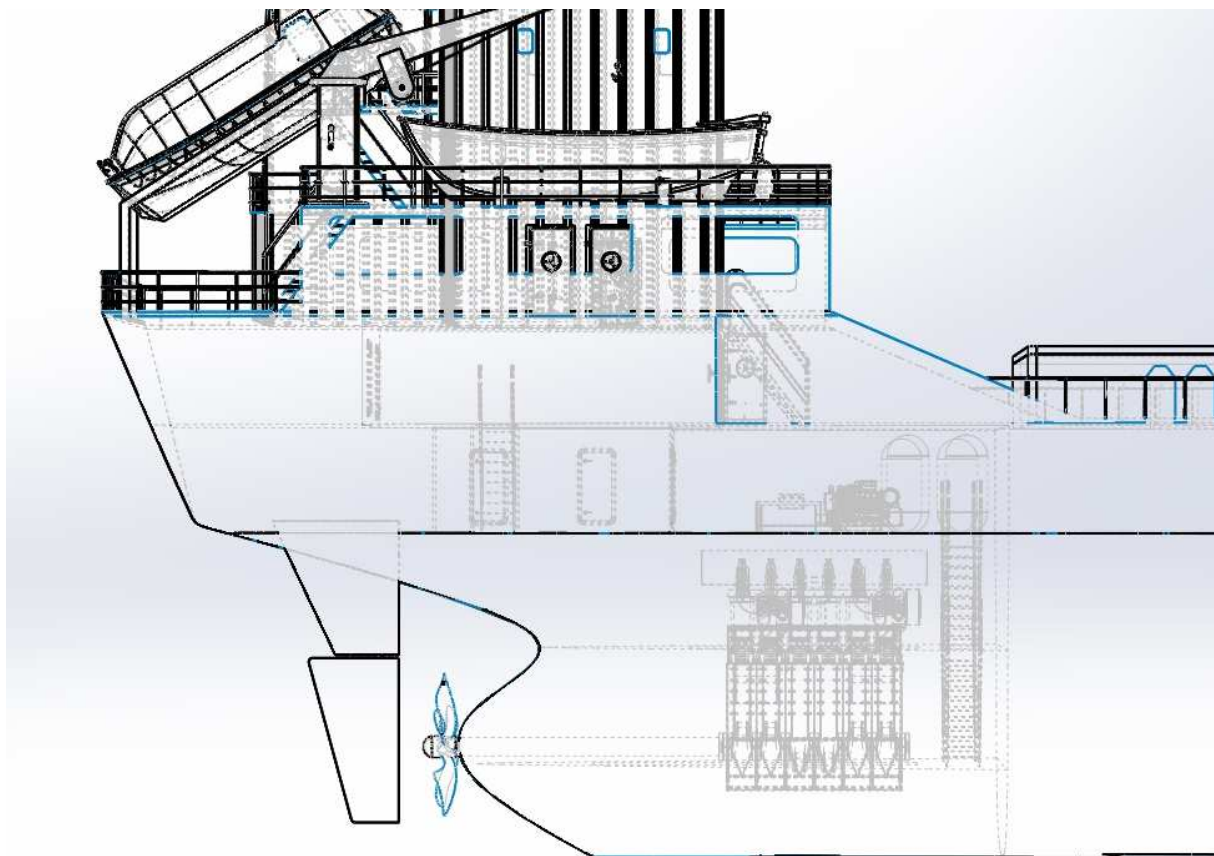


Ilustración 48 Vista lateral de la distribución de la cámara de máquinas.

Siendo el resultado final del ensamblaje del buque portacontenedor el siguiente:



Ilustración 49 Buque portacontenedor ensamblado en su totalidad.

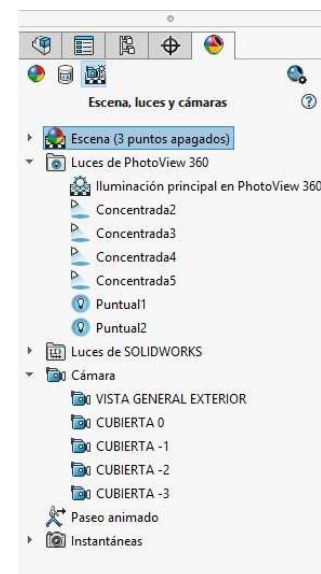
6.2 RECORRIDO VIRTUAL

6.2.1. Cámaras

Una vez obtenido el modelo en 3D del buque, se pasa a realizar el recorrido virtual utilizando el complemento de SolidWorks, PhotoView 360, con el que hemos renderizado el modelo.

Los videos obtenidos son un conjunto de fotogramas renderizados que conforman los mismos, para que esto sea posible se deben añadir una cámara virtual con la que definiremos el recorrido y luces que iluminen la escena.

Para que la visita virtual sea lo más real posible, el punto de vista de la cámara se ha situado a una altura de un metro y medio, siendo este el punto de vista de una persona, y se ha utilizado un objetivo de 35mm.



Para que la cámara realice el recorrido predefinido se han realizado diversos croquis con los que definimos tanto la posición de la cámara como el objetivo al que enfoca.

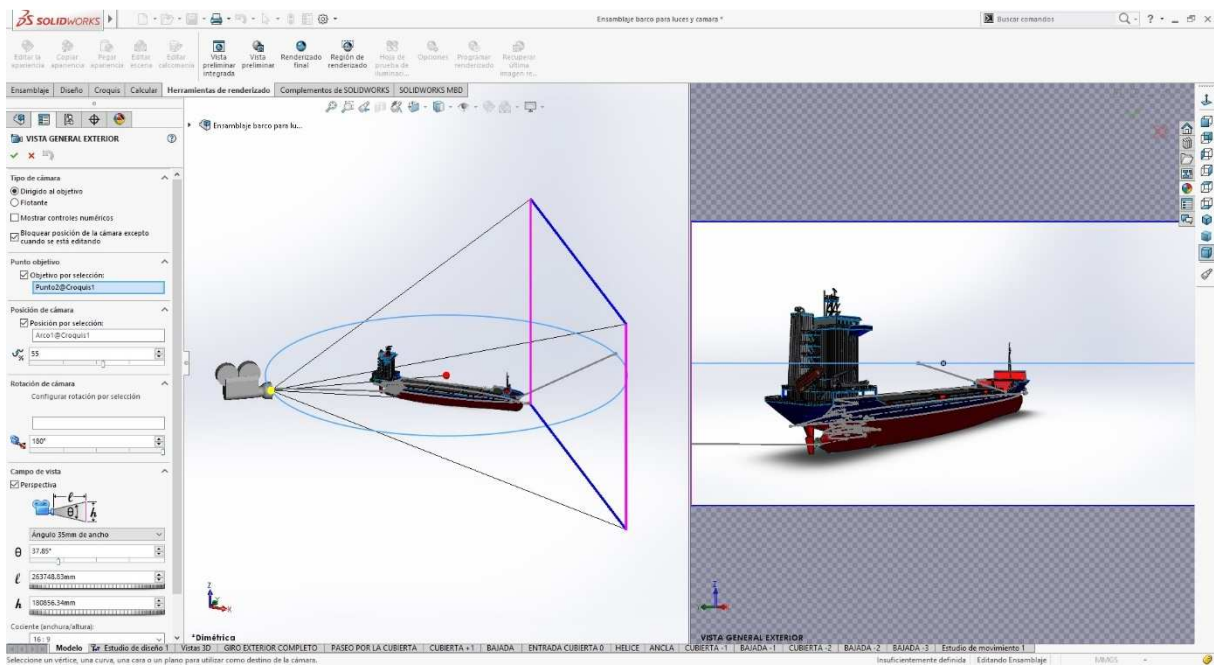


Ilustración 50 Parámetros de la cámara

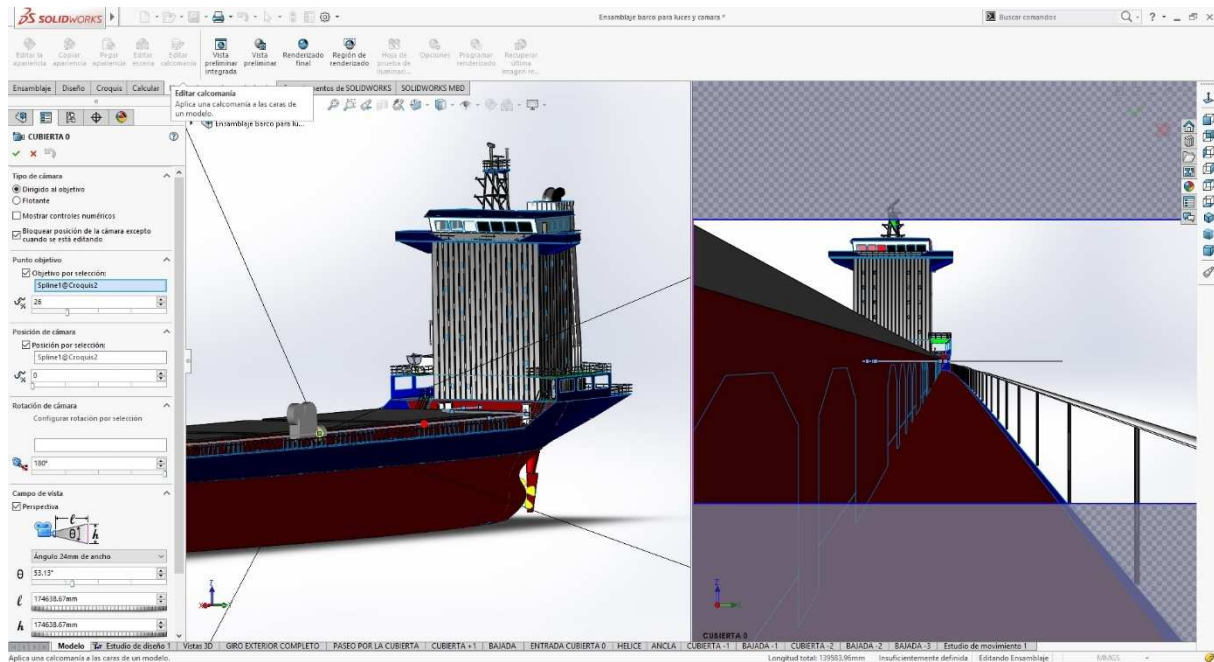


Ilustración 51 Parámetro de la cámara.

6.2.2 Luces

El tratamiento de las luces ha sido uno de los grandes inconvenientes a la hora de realizar el renderizado. En una parte del modelo al tratarse de un entrepuente y la cámara de máquinas y no disponer de ventanas al exterior, éste se ilumina mayoritariamente de luz artificial. El programa permite insertar en el modelo 8 luces, sin contar con la iluminación principal, lo que es insuficiente para iluminar por completo el modelado.

En este caso se ha utilizado a parte de la iluminación general, cuatro luces concentradas y dos puntuales.

La luz concentrada es una luz restringida y enfocada en un punto que emite un haz en forma de cono cuyo punto más brillante es el centro. Una luz concentrada puede dirigirse a un área específica del modelo. Se puede ajustar la posición y distancia de la fuente de luz relativa al modelo, y se puede ajustar el ángulo a través del cual se expande el haz

La luz puntual proviene de una fuente de luz pequeña situada en una coordenada específica en el espacio del modelo. Este tipo de fuente de luz emite luz en todas direcciones. Produce un efecto de una pequeña bombilla de luz que flota en el espacio.

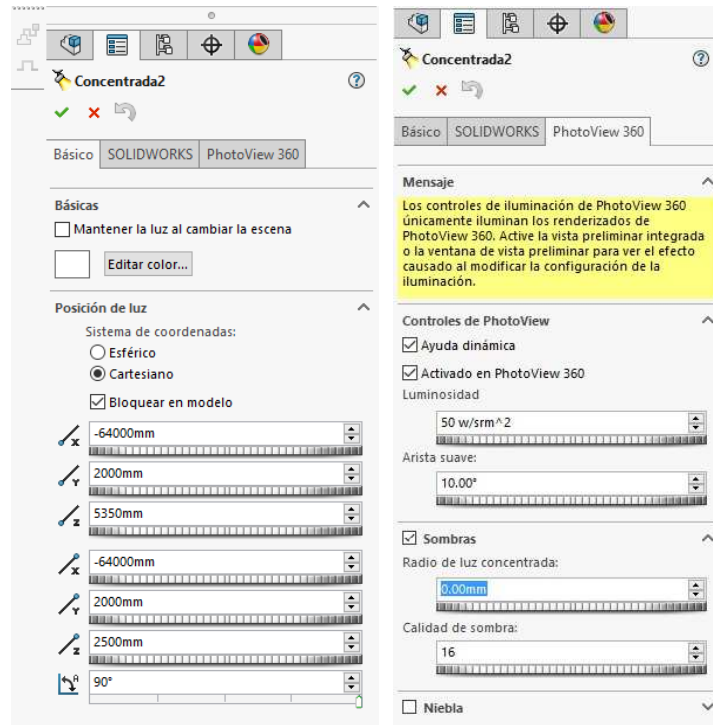


Ilustración 52 Configuración de luces.

6.2.3 Texturas

Debido a la colocación de luces, es muy importante tener en cuenta la configuración de iluminación de las texturas de cada uno de los elementos que componen el modelo. Ya que todas las superficies no responden de la misma manera a la luz, algunos objetos reflejan la luz, como los espejos, algunos refractan la luz, como el cristal y otros absorben más la luz, como los objetos mate.



Ilustración 53 Configuración de iluminación de textura.

6.2.4 Estudio de movimiento

Los estudios de movimiento son simulaciones gráficas de movimiento para modelos de ensamblaje. Puede incorporar en un estudio de movimiento propiedades visuales, como iluminación y perspectiva de cámara. Los estudios de movimiento no modifican un modelo de ensamblaje ni sus propiedades; simulan y animan el movimiento prescrito para un modelo. Puede utilizar relaciones de posición de SolidWorks para restringir el movimiento de componentes en un ensamblaje al modelar movimiento.

Se comienza definiendo en el segundo 0 de este estudio de movimiento la posición inicial de la cámara, a continuación, se determina la duración que se desea obtener del recorrido, definiendo en este tiempo la posición final que se desea de la misma.

Una vez definido esto, el propio programa realiza el recorrido intermedio, ya que con anterioridad se ha definido mediante un croquis dicho recorrido.

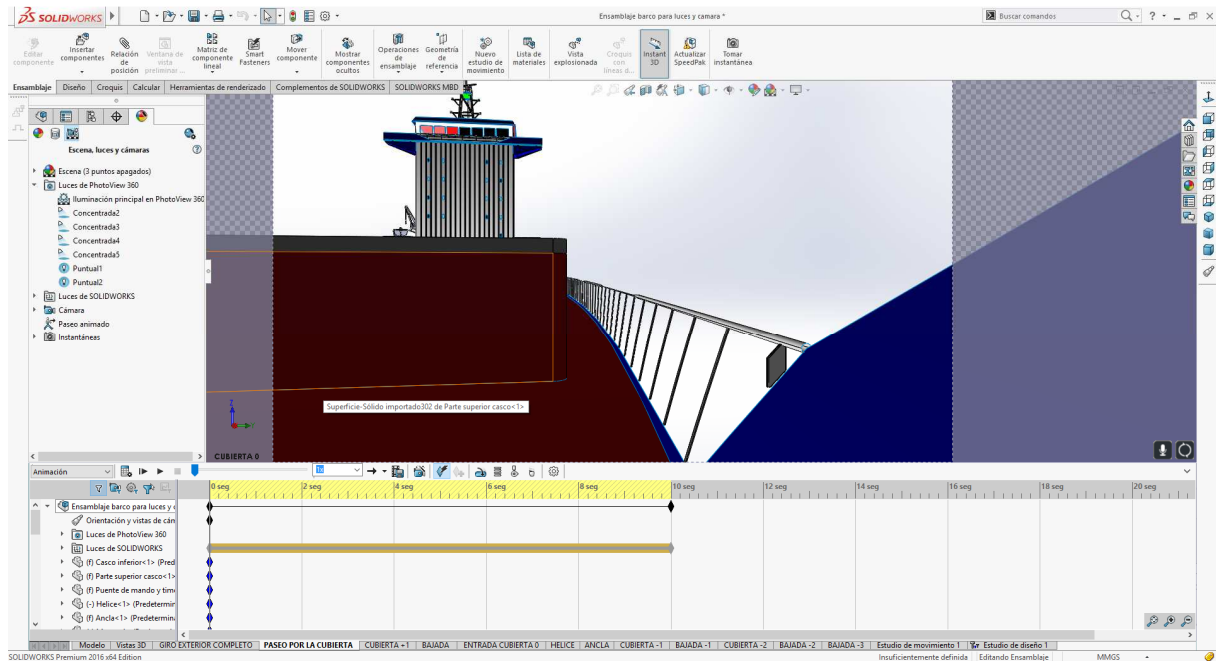


Ilustración 54 Estudio de movimiento.

Una vez realizadas todas las configuraciones anteriormente descritas, obtenemos los videos del recorrido virtual de la embarcación. Los cuales mostramos a continuación:



Ilustración 55 Vista en cubierta principal.



Ilustración 56 Vista entrada a cámara de máquinas.

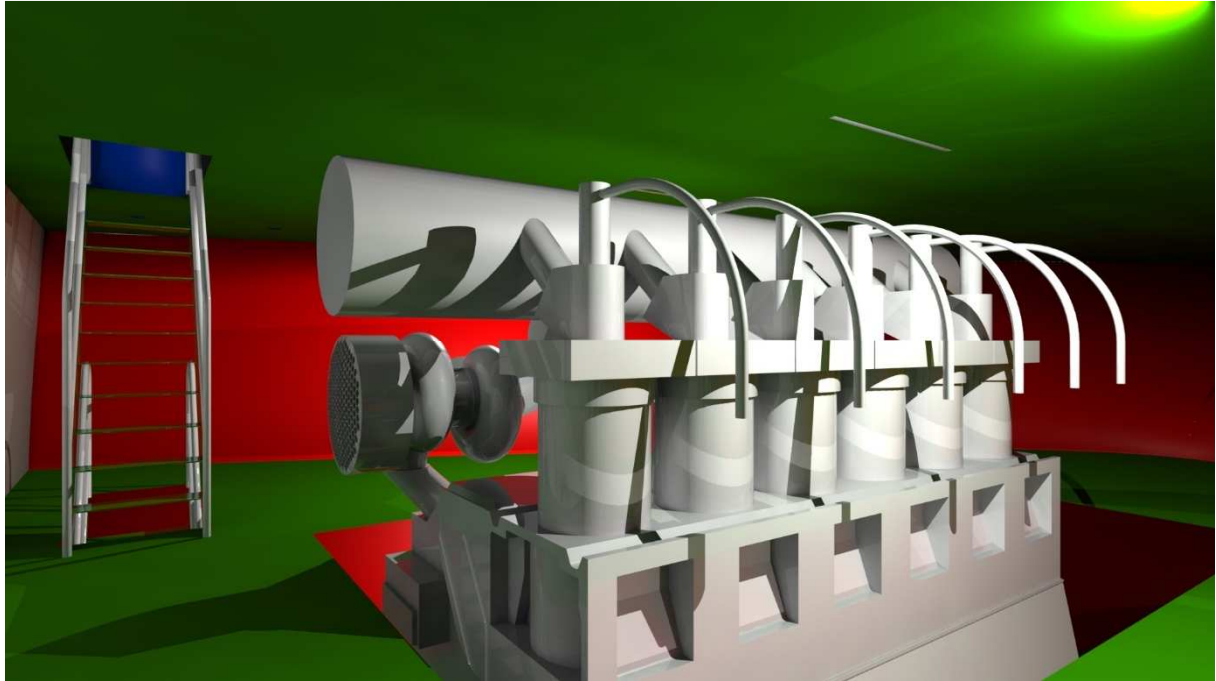


Ilustración 57 Vista del motor propulsor en entrepuente inferior.



Ilustración 58 Vista del motor propulsor en doble fondo.



7. CONCLUSIONES

El objetivo del presente Proyecto Final de Carrera es analizar el arte de las nuevas tecnologías aplicadas al diseño y construcción de una embarcación, con el fin de conocer la situación real de dichas técnicas y su aplicación actual.

Se ha podido comprobar que nos encontramos en lo que se llama la cuarta revolución industrial (Industria 4.0), donde se pretende la completa digitalización de las cadenas de valor a través de la integración de tecnologías de procesamiento de datos, software inteligente y sensores, para poder predecir, controlar y producir de forma inteligente, generando mayor valor a toda la cadena.

Algunas de las tecnologías que trata la Industria 4.0 es la Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Una de las ventajas de estas tecnologías es que permiten producir una réplica virtual de la totalidad de una embarcación o de una parte de ella, permitiendo al ingeniero o al cliente poder visualizar la embarcación al mínimo detalle, permitiendo realizar modificaciones o mejoras antes de la fabricación de la misma.

También, permite convertir el manual de uso y mantenimiento de la embarcación, tradicionalmente en formato papel, en una experiencia en primera persona que hará que cualquier proceso de mantenimiento o reparación resulte más sencillo e intuitivo. Utilizando escenarios reales idénticos a la embarcación, con una audioguía y con interacciones que convierten esta experiencia en algo único en su género.

Todo esto implica un ahorro económico importante, ya que como ya se ha mencionado, permite solucionar cualquier error o modificar cualquier elemento a petición del cliente antes de la fabricación, la formación de profesionales también se hace a bajo coste, porque ya no se tiene que desplazar a los profesionales para realizar la formación, en labores de mantenimiento también permite un rápida y correcta actuación disponiendo de toda la información necesaria in-situ (incluso con videos paso a paso).

El inconveniente que presentan es que no todas las personas se encuentran familiarizadas con las nuevas tecnologías, debiendo invertir tiempo y personal en la formación previa en dicha materia a los trabajadores.



También el objetivo de este proyecto era realizar un ejemplo práctico sobre la realidad virtual y realidad aumentada, habiendo realizado un modelo en 3D de un buque portacontenedor. Por la complejidad de realizar de forma completa la embarcación, como ejemplo de un recorrido virtual se ha centrado en diferentes elementos del buque, como es el ancla, el timón y la cámara de máquinas.



Bibliografía

- *Portacontenedores 850 TEU'S*
Vicente Ramón Bernal
- *Astilleros y construcción naval en la España anterior a la ilustración*
Francisco Fernández Izquierdo
- *Dibujo naval. [Apuntes]*
Leandro Ruíz Peñalver. Departamento de Tecnología Naval (ETSINO – Universidad Politécnica de Cartagena).
- *Sistemas de representación en el dibujo naval: su origen y evolución*
Isabel Fernández Ibañez
- <http://tecnologia-maritima.blogspot.com.es/2014/03/modelar-un-casco-en-3d-partir-del-plano.html>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_realidad_virtual
- <http://es.ign.com/realidad-virtual/109691/feature/un-repaso-a-la-historia-de-la-realidad-virtual>
- <http://www.androidpit.es/historia-de-la-realidad-virtual>
- <https://realidadvirtualctd.wordpress.com/category/historia-y-evolucion/>
- <http://www.tworeality.com/realidad-virtual-barcos/>
- <https://www.fing.edu.uy/inco/cursos/sig/clases/AugmentedReality111010.pdf>
- <http://caminosantiago360.com/historia-la-realidad-virtual/>
- <https://interaccionaumentada.wordpress.com/evolucion/>
- <https://historiayarqueologiamaritima.wordpress.com>
- www.armada.mde.es/archivo/mardigitalrevistas/cuadrenosihcn/09cuaderno/06cap.pdf
- www.armada.mde.es/archivo/mardigitalrevistas/cuadrenosihcn/01cuaderno/02astillerosconstrucciones.pdf
- <http://www.rtve.es/alacarta/videos/los-oficios-de-la-cultura/oficios-cultura-diseño-naval/1269771>
- www.armada.mde.es/archivo/mardigitalrevistas/cuadrenosihcn/33cuaderno/cuaderno33.pdf



SOFTWARE

- AutoCad 2017
- Rhinoceros 5.0
- SolidWorks 2016
- Microsoft Office Word 2016
- Microsoft Office Excel 2016

