

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DISEÑO DEL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE UN CATAMARÁN
DE FIBRA DE VIDRIO EN ASTILLERO

Autor: Manuel Ramón BUSTO RODRÍGUEZ

Fecha: Julio 2008





INDICE GENERAL DEL PROYECTO

Documento nº 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

	<u>Página</u>
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PETICIONARIO	1
1.2. PROPUESTA DEL PROYECTO FIN DE CARRERA	2
CAPÍTULO 2: OBJETO DEL PROYECTO	4
2.1. OBJETO DEL PROYECTO	4
2.2. JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO 3: VIABILIDAD DEL PROYECTO	7
3.1. VIABILIDAD TECNOLÓGICA	7
3.2. VIABILIDAD LEGAL	7
3.3. VIABILIDAD ECONÓMICA	12
CAPÍTULO 4: ANTECEDENTES	14
4.1. CATAMARÁN	14
4.1.1. Catamaranes como ferry	17
4.1.2. Catamaranes motorizados	17
4.2. CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR DEL CATAMARÁN	17
4.2.1. Certificación y homologaciones	18
4.2.2. Descripción de la embarcación	19

	<u>Página</u>
4.2.3. Instalaciones y servicios	30
4.2.4. Seguridad	39
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DEL MATERIAL DE FABRICACIÓN	40
5.1. COMPARATIVA DE MATERIALES COMPUESTOS Y TRADICIONALES EN LA FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES	40
5.2. CONCLUSIÓN	42
CAPÍTULO 6: MATERIALES COMPUESTOS	44
6.1. CONCEPTOS GENERALES	44
6.1.1. Introducción	44
6.1.2. Origen y evolución	44
6.1.3. Definición de Material Compuesto	45
6.1.4. Los materiales compuestos en la industria	47
6.1.5. Tipos de materiales compuestos	51
6.1.6. El concepto matriz – refuerzo	52
6.2. MATRICES PARA MATERIALES COMPUESTOS	55
6.2.1. Los polímeros	55
6.2.2. Origen	55
6.2.3. Procedimientos de síntesis de polímeros	56
6.2.4. Clasificación de los polímeros	57
6.2.4.1. Termoplásticos	57
6.2.4.2. Elastómeros	58
6.2.4.3. Termoestables	59
6.2.5. Funciones de la matriz polimérica en el material compuesto	60
6.2.6. Matrices termoestables	61

	<u>Página</u>
6.2.6.1. Proceso de curado de resinas	62
6.2.6.2. Clasificación de las resinas	64
6.2.7. Cargas y aditivos	74
6.2.7.1. Cargas	74
6.2.7.2. Aditivos	75
6.2.8. Recubrimientos	77
6.2.8.1. El <i>gelcoat</i>	77
6.2.8.2. El <i>topcoat</i>	79
6.3. MATERIALES DE REFUERZO	80
6.3.1. Introducción	80
6.3.2. Fibras inorgánicas	80
6.3.2.1. Fibra de vidrio	80
6.3.2.2. Fibra de carbono	84
6.3.3. Fibras sintéticas	88
6.3.3.1. Fibras aramídicas	88
6.3.4. Las estructuras textiles	91
6.3.4.1. Introducción	91
6.3.4.2. Filtros	91
6.3.4.3. Sistemas no mallados	92
6.3.4.4. Mallados y encadenados	96
6.4. MATERIALES DE NÚCLEO	98
6.4.1. Introducción	98
6.4.2. Concepto de estructura sándwich	98
6.4.3. Tipos de núcleos	100
6.4.3.1. Maderas naturales	100
6.4.3.2. Espumas sintéticas	103

	<u>Página</u>
6.4.3.3. Nido de abeja	107
6.4.3.4. Fire Coremat®	108
6.5. ELECCIÓN DE MATERIALES	110
6.5.1. Elección de la matriz del material compuesto	110
6.5.1.1. Elección de las cargas y los aditivos	113
6.5.1.2. Elección del recubrimiento	113
6.5.2. Elección del material de refuerzo	115
6.5.2.1. Elección de las estructuras textiles	118
6.5.3. Elección de los materiales de núcleo	121
6.6. INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN	124
6.6.1. Introducción	124
6.6.2. Clasificación de los procesos	124
6.6.3. Contenido de refuerzo	125
6.6.4. Coste de utillajes y equipos	126
6.6.5. Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV)	127
6.6.6. Número de unidades que deben producirse	130
6.7. TÉCNICAS DE MOLDEO POR CONTACTO	132
6.7.1. Introducción a las técnicas	132
6.7.2. Laminado manual	132
6.7.3. Proyección simultánea	133
6.7.4. Moldeo con impregnadores	135
6.8. TÉCNICAS DE MOLDEO ASISTIDAS POR VACÍO	137
6.8.1. Introducción a las técnicas	137
6.8.2. Moldeo por vacío - laminado manual	137

	<u>Página</u>
6.8.3. Laminado de preimpregnados	139
6.8.4. Preimpregnados parciales	141
6.9. TÉCNICAS DE MOLDEO POR VÍA LÍQUIDA	143
6.9.1. Introducción a las técnicas	143
6.9.2. RTM	143
6.9.3. Técnicas de moldeo por infusión	144
6.10. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE FABRICACIÓN	146
6.10.1. Ventajas	146
6.10.2. Desventajas	147
6.10.3. Conclusiones	147
CAPÍTULO 7: PROCESOS OPERATIVOS	150
7.1. Planificación de la producción	151
7.1.1. Realización de la planificación	151
7.1.2. Distribución del trabajo diario	152
7.1.3. Rellenar los partes de horas	152
7.2. FABRICACIÓN	154
7.2.1. Construcción de modelos	155
7.2.1.1. Etapas de construcción de modelos	156
7.2.2. Fabricación de moldes	168
7.2.2.1. Etapas de fabricación de moldes	169
7.2.2.2. Mantenimiento del molde	176
7.2.2.3. Precauciones especiales	178
7.2.3. Fabricación de piezas de PRFV	180

	<u>Página</u>
7.2.3.1. Concepto fundamental	180
7.2.3.2. Herramientas	180
7.2.3.3. Materiales	183
7.2.3.4. Ambiente de trabajo	184
7.2.3.5. Preparación del molde	185
7.2.3.6. Etapas para la constitución del laminado	188
7.2.3.7. Laminado sándwich	200
7.2.3.8. Detalles constructivos	203
7.2.3.9. Defectos en el laminado	206
7.2.3.10. Comportamientos del laminado	214
7.2.4. Montaje	219
7.2.4.1. Elementos y actividades de Laminación	220
7.2.4.2. Elementos y actividades de Carpintería e Interiores	224
7.2.4.3. Elementos y actividades de Electricidad y Mecánica	224
7.2.4.4. Elementos y actividades de Fontanería, Herrajes y Accesorios	225
7.2.4.5. Etapas de montaje	225
7.3. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	261
7.3.1. Solicitud de permisos	261
7.3.2. Realización de la botadura	262
7.3.3. Realización de pruebas internas	263
7.3.4. Corrección de fallos	263
CAPÍTULO 8: EL ASTILLERO	265
8.1. LA EMPRESA	265
8.2. UBICACIÓN	266

	<u>Página</u>
8.3. RECURSOS HUMANOS	266
8.4. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	270
8.5. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL LAMINADO	280

ANEXOS

	<u>Página</u>
SEGURIDAD E HIGIENE	1
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS	3
Fichas técnicas de seguridad:	
1. Acetona	5
2. Fibra de vidrio	13
3. Resina de poliéster	18
4. Peróxido de metiletilcetona	27
5. Dióxido de silicio	35
6. Octoato de cobalto	41
2. RIESGOS ESPECÍFICOS DEL ÁREA	47
2.1. LISTADO GENERAL DE LOS RIESGOS PRESENTES EN EL ÁREA	47
2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EXISTENTES	48
2.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EPI'S RECOMENDADOS	49
2.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	50
2.4.1. Protección de la cabeza	51
2.4.2. Protección de las vías respiratorias	52
2.4.3. Protección de las manos y brazos	53
2.4.4. Protección de pies	53
2.4.5. Protección total del cuerpo	54

	<u>Página</u>
FICHAS DE ESCANTILLONADOS	55
PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	129
GLOSARIO	130
BIBLIOGRAFÍA	136

Documento nº 2: PLIEGO DE CONDICIONES

	<u>Página</u>
1. ALCANCE Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL	1
2. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA EMBARCACIÓN	1

Documento nº 3: PRESUPUESTO

	<u>Página</u>
1. OBJETIVO	1
2. MATERIALES	2
2.1. LAMINACIÓN	3
2.2. CAPINTERÍA E INTERIORES	4
2.3. ELECTRICIDAD Y MECÁNICA	5
2.4. FONTANERÍA, HERRAJES Y ACCESORIOS	8
2.5. EQUIPAMIENTO OPCIONAL	11
2.6. COSTE TOTAL DE MATERIALES	12
3. MANO DE OBRA	13
3.1. LAMINACIÓN	14
3.2. CARPINTERÍA E INTERIORES	17
3.3. ELECTRICIDAD Y MECÁNICA	18
3.4. FONTANERÍA, HERRAJES Y ACCESORIOS	19
3.5. COSTE TOTAL DE MANO DE OBRA	20
4. COSTE TOTAL	21

Documento nº 4: PLANOS

Sistema de agua dulce

Sistema de aguas sucias

Sistema de aguas grises e imbornales

Sistema de achique de sentinas

Sistema de combustible

Sistema de refrigeración, escape y ventilación de motor

DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA DESCRIPTIVA

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCION

1.1. PETICIONARIO

La comisión de Proyectos Fin de Carrera de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz ha asignado el proyecto de título: “Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero” al alumno Manuel Ramón Busto Rodríguez, siendo los tutores del mismo D. Manuel Galán Vallejo y Rafael Repiso Gómez.

Este proyecto se realiza como requisito indispensable para la obtención del título de Ingeniero Químico.

1.2. PROPUESTA DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

El documento de propuesta de Proyecto Fin de Carrera es el siguiente:

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química, Tecnología de los alimentos, y Tecnología del Medio Ambiente

TÍTULO: DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN CATAMARÁN DE FIBRA DE VIDRIO EN ASTILLERO

TUTOR(ES): Manuel Galán Vallejo y Rafael Repiso Gómez

DESCRIPCIÓN (Breve información sobre el objetivo del PFC)

El objeto de este proyecto es el diseño del proceso de fabricación de una embarcación de recreo tipo catamarán, realizada en poliéster reforzado con fibra de vidrio mediante la utilización del método de contacto manual o “hand lay-up”.

Se diseñará el proceso de fabricación a partir de los planos hasta la puesta en el agua, así como el “layout” correspondiente. Se indicará el utillaje necesario para conseguir este producto de fibra de vidrio, así como toda la materia prima y recursos humanos necesarios, incluyéndose además una planificación del trabajo que debería llevarse a cabo.

Se establecerán los diferentes procedimientos del proceso de fabricación de todos y cada unos de los elementos que configuran el catamarán, así como el procedimiento de montaje.

REQUISITOS (Capacidad, producción, energía, normativa, legislación...):

Se realizará el proceso de acuerdo con las normas de fabricación que deben seguir las embarcaciones de recreo, según el REAL DECRETO 2127/2004, de 29 de octubre, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de recreo, de las motos náuticas, de sus componentes y de las emisiones de escape y sonoras de sus motores.

El Astillero encargado de la fabricación de la embarcación tendrá una capacidad mínima de fabricación de un barco por cada 70 días de trabajo, mediante el uso de al menos 12 operarios.

Las especificaciones técnicas del catamarán son:

Embarcación diseñada acorde con las Directivas Comunitarias (CE) relativas a la Categoría de Diseño A, lo que significa que ha sido diseñada para operar con vientos cuya fuerza puede exceder del grado 8 (escala de Beaufort), y la altura significativa de las olas puede superar los 4 metros, y es en su mayor parte autosuficiente.

Dimensiones principales:

Eslora Total	13.20 m.	Calado	0.95 m
Eslora de casco	11.98 m	Potencia máxima	2 x 300 HP
Manga máxima	5.75 m	Capacidad máxima de combustible	2 x 450 L.
Puntal	1.85 m	Capacidad de agua dulce	2 x 250 L.

CAPÍTULO 2:

OBJETO DEL PROYECTO

2.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto Fin de Carrera es el diseño de un sistema de fabricación de una embarcación de recreo, concretamente un catamarán de 13,20 metros de eslora total y 5,75 metros de manga máxima, embarcación diseñada para poder operar con un máximo de 17 personas a bordo.

Con este proyecto se pretende establecer las bases necesarias para conseguir un sistema de fabricación de embarcaciones en un astillero. Particularmente este proyecto abordará el estudio aplicado a un catamarán de recreo, pudiendo ser aplicable a otro tipo de embarcaciones similares, o a otro tipo de modelo de embarcación que cumpla con los mismos requisitos de fabricación, y construido con los mismos materiales y productos químicos que aquí se tratarán.

En función del uso que se le vaya a dar a una embarcación, así como en función de las dimensiones que va a tener, las aguas en las que va a navegar, el ataque que va a sufrir, etc., la embarcación podrá ser construida en uno u otro material. Existe una amplia variedad de materiales usados en la construcción de barcos, como son la madera, los metales, tales como el hierro o el acero, o los materiales compuestos, entre muchos otros.

Hoy en día, los materiales compuestos presentan una importancia significativa en la industria naval, de forma que serán por tanto los materiales compuestos los que se utilicen para la construcción de nuestro producto final. Más concretamente será la fibra de vidrio el material que cobre especial importancia, por ser el más utilizado en la categoría de materiales compuestos dentro del sector naval y por ello será el utilizado para la fabricación del buque objeto.

De las distintas técnicas de fabricación de materiales compuestos, la que emplearemos para llevar a cabo la fabricación de la embarcación será el método de contacto manual, denominado también “*Hand Lay-Up*” o “*HLU*”. Siendo éste método el que ofrece un mejor balance o relación entre la calidad final de las piezas que componen el barco y los costes de fabricación del producto.

Del mismo modo, de todos los tipos de fibra que existen actualmente para la fabricación de materiales compuestos, tales como son la fibra de carbono, de vidrio, o de aramida, la pensada para la fabricación del producto será la fibra de vidrio, debido a que posee las propiedades necesarias para poder soportar las condiciones a las que el producto puede ser sometido, como son su peso y resistencia estructural.

Hay que destacar también en este punto, que el presente estudio también incluye la descripción de todo el utillaje necesario para la fabricación de la embarcación, así como una distribución de la planta en la que se va a realizar el producto, que posteriormente podrá ser comercializado si se desea, además de una planificación en el tiempo del trabajo que se deberá llevar a cabo para conseguir una producción exitosa sin retrasos en la entrega a un futuro cliente.

2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En los últimos años, la industria naval en la Bahía de Cádiz ha ido en detrimento, y es bien sabido que se está viendo castigada por una crisis industrial. Pero durante años, la Bahía de Cádiz ha sido de las zonas más fuertes y potenciales en cuanto a construcciones del sector naval se refiere, gracias a que ha sido y sigue siendo una región vinculada al mar.

Es por ello que se debe seguir fomentando el sector naval en nuestra región. Para ello, este proyecto se encargará de describir el sistema de fabricación de una embarcación mediante la utilización de los materiales compuestos como materia principal, dejando atrás estructuras pesadas de materiales metálicos y más complejos de tratar.

Además en este proyecto el sistema de fabricación será aplicado a

una embarcación tipo catamarán, buque de recreo. Consiguiendo captar gran multitud de adeptos gracias a las finas y estilizadas líneas de la embarcación, aptas para un público muy exigente y diferente al tratado hasta el día de hoy en la Bahía de Cádiz, intentando conseguir de esta forma el renacimiento del sector naval en nuestro entorno, y con ello hacer que grandes empresas inviertan en el sector, haciendo que éste se convierta en el motor económico e industrial de nuestra zona.

Los materiales compuestos aplicados a estructuras navales han experimentado un notable desarrollo tecnológico en años recientes. Hoy en día es común, su aplicación en embarcaciones deportivas, recreativas y de uso militar. La favorable relación peso-resistencia estructural, hacen de los materiales compuestos una alternativa cada vez más atractiva cuando se requiere un casco de bajo peso y capaz de soportar cargas rigurosas del medio marino. Cada vez en mayor porcentaje, se están utilizando estructuras de materiales compuestos, ocupando un papel muy importante las estructuras de fibra de vidrio.

Es importante destacar que existen actividades que son susceptibles de ser subcontratadas por las grandes potencias del sector, o por talleres de un tamaño menor, encontrándose la dificultad de hallar una empresa que ofrezca estos productos en materiales compuestos, generalmente esto suele ocurrir por falta de formación y carencia de la tecnología adecuada, con el añadido, de la necesidad de estar certificadas.

Es por ello que propongo el diseño del sistema de fabricación de este producto innovador y de diseño incomparable mediante la utilización de materiales compuestos, que sustituyen cada vez más a los metales, pues son mucho más ligeros y ofrecen gran multitud de cualidades que no presentan los metales u otro tipo de materiales usados en la construcción naval. Ya que cada kilo de peso ahorrado en el producto final, rebaja los gastos de combustible, pudiendo conseguir además mayores velocidades de navegación.

Debido a la falta de empresas que actualmente desarrollan el proceso de fabricación de embarcaciones con materiales compuestos en el sector naval, surge la necesidad de realización del presente proyecto.

CAPÍTULO 3:

VIABILIDAD DEL PROYECTO

Cualquier proyecto que se precie debe estar precedido de un estudio previo antes de su realización. Este estudio no es más que la confirmación de que el proyecto es viable y puede llevarse a cabo, cumpliendo toda la legislación vigente, así como evidenciar que nuestra producción va a propiciar una serie de beneficios, siendo rentable económicamente. La viabilidad del proyecto debe estudiarse bajo tres puntos de vista: el punto de vista tecnológico, legal y económico.

3.1. VIABILIDAD TECNOLÓGICA

Los aspectos que hacen viable un proyecto de diseño y fabricación, son la adecuada elección de la técnica de fabricación, el estudio de los materiales a emplear, el diseño del sistema así como la optimización y mejora del mismo.

Por ello salvo que sean condicionantes otros criterios, se debe tener en cuenta que la suma de los factores proyecto, ejecución y montaje, darán como resultado el óptimo económico

3.2. VIABILIDAD LEGAL

Para la ejecución de este proyecto se han tenido en cuenta diferentes tipos de leyes de carácter técnico, medioambiental y laboral. Las podemos diferenciar en las siguientes áreas relacionadas con el proceso de fabricación:

- **Legislación relativa a los factores internos al proceso** tanto para el diseño del sistema global, como para su posterior utilización por los trabajadores en la industria naval:
 - Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
 - Real Decreto 374/2001, de 6 de Abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados contra los agentes químicos durante el trabajo.
 - Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, por el que establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
 - Ley 21/92, de 16 de Junio, de Industria, B.O.E. Nº 176, 23 de Julio de 1992.
 - Ley 31/1995, 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
 - Decreto 2414/1961, de 30 de Noviembre, por el que aprueba el reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, B.O.E de 2 de Abril de 1963.
 - Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo, orden del 9 de Marzo de 1971.
 - Directiva 1999/13/CE del Consejo de 11 de Marzo de 1999, relativa a la emisión de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones.

- **Legislación relativa a los factores externos al proceso** necesaria para el diseño del sistema global en la industria naval:
 - Directiva 74/464/CEE, de 4 de Mayo, que impone a los estados miembros de la Unión Europea la obligación de adoptar determinadas medidas para eliminar la contaminación causada por los vertidos al medio acuático de las sustancias peligrosas.
 - Ley 29/1985, de 2 de Agosto de Aguas. B.O.E Nº 189, del 8 de Agosto de 1985.
 - Ley 10/1998, de 21 de Abril, de Residuos. B.O.E Nº 96, del 22 de Abril de 1998.
 - Real Decreto 379/2001, de 6 de Abril, por el que se aprueba el reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias. B.O.E Nº 112 del 10 de Mayo de 2001.
 - Ley 38/1972, de 22 de Diciembre de protección del ambiente atmosférico. B.O.E Nº 309, del 26 de Diciembre de 1972.

- **Legislación relativa al proceso naval:**
 - Real Decreto 21127/2004 del 29 de octubre, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de recreo, de las motos náuticas, de sus componentes y de las emisiones de escape y sonoras de sus motores.
 - Norma UNE-EN ISO 7840/1M: 2001. Embarcaciones de recreo. Mangueras resistentes al fuego para carburantes.
 - Norma UNE-EN ISO 8099:2001. Embarcaciones de recreo. Sistemas de retención de desechos de instalaciones sanitarias (aseos).

- Norma UNE-EN ISO 8469/1M: 2001. Embarcaciones de recreo. Mangueras no resistentes al fuego para carburantes
- Norma UNE-EN ISO 8665/1M: 2001. Embarcaciones de recreo. Motores y sistemas de propulsión marinos. Medición y declaración de potencia.
- Norma UNE-EN ISO 9093-1:1998. Embarcaciones de recreo. Grifos de fondo y pasacascos. Partes 1: metálico.
- Norma UNE-EN ISO 9097/1M: 2001. Embarcaciones de recreo. Ventiladores eléctricos.
- Norma UNE-EN ISO 10087/1M: 2001. Embarcaciones de recreo. Identificación de cascos. Sistemas de codificación.
- Norma UNE-EN ISO 10088:2002. Embarcaciones de recreo. Sistemas de combustibles instalados de forma permanente y tanques fijos de combustibles.
- Norma UNE-EN ISO 10133:2001. Embarcaciones de recreo. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente continua a muy baja tensión.
- Norma UNE-EN ISO 10240:1996. Embarcaciones menores. Manual del propietario.
- Norma UNE-EN ISO 10592/1M: 2001. Embarcaciones de recreo. Sistemas hidráulicos de gobierno.
- Norma UNE-EN ISO 11105:1997. Embarcaciones menores. Ventilación de las salas de motores de gasolina y/o de los compartimentos para los depósitos de gasolina.
- Norma UNE-EN ISO 11547/A1:2001. Embarcaciones de recreo. Dispositivos de protección contra arranque con marcha engranada.
- Norma UNE-EN ISO 11591:2001. Embarcaciones de recreo a motor. Campo de visión desde la posición del timón.

- Norma UNE-EN ISO 11812:2002. Embarcaciones pequeñas. Bañeras estancas y bañeras de vaciado rápido.
- Norma UNE-EN ISO12215-1:2001. Embarcaciones de recreo. Construcción de cascos y escantillones. Parte 1: Materiales: resinas termoestables, refuerzos de fibra de vidrio, laminado de referencia.
- Norma UNE-EN ISO12215-2:2003. Embarcaciones de recreo. Construcción de cascos y escantillones. Parte 2: Materiales: Materiales de relleno para construcciones tipo sándwich, materiales embebidos.
- Norma UNE-EN ISO12215-3:2003. Embarcaciones de recreo. Construcción de cascos y escantillones. Parte 3: Materiales: acero, aleaciones de aluminio, madera y otros materiales.
- Norma UNE-EN ISO 12215-4:2003. Embarcaciones de recreo. Construcción de cascos y escantillones. Parte 4: Talleres de construcción u fabricación.
- Norma UNE-EN ISO 12216:2003. Embarcaciones de recreo. Ventanas, ojos de buey, escotillas, lumbreras de cubiertas y puertas. Requisitos de resistencia y estanqueidad.
- Norma UNE-EN ISO 12217-1:2002. Embarcaciones de recreo. Evaluación y Clasificación de la estanqueidad. Parte 1. Embarcaciones no propulsadas a vela de eslora igual o superior a seis metros.
- Norma UNE-EN ISO 14946:2002. Embarcaciones de recreo. Capacidad de carga máxima.
- Norma UNE 28849/1M: 2001. Embarcaciones de recreo. Bombas de sentina con motor eléctrico.
- Norma UNE-EN ISO 8666:2002. Datos principales.

- Norma UNE-EN ISO 15085:2003. Prevención de caída de hombres por la borda y subida a bordo.
- Norma UNE-EN ISO 9093-2:2002. Válvulas de toma de agua del mar y accesorios que atraviesan el casco. Parte 2: no metálicos.
- Norma UNE-EN ISO 15083:2003. Sistema de bombeo de sentinas.
- Norma UNE-EN ISO 15084:2003. Fondeo, amarre y remolque. Puntos de amarre.
- Norma UNE-EN ISO 16147:2002. Motores diésel intraborda. Componentes de combustibles y eléctricos montados en el motor.
- Norma UNE-EN ISO 9094-1:2003. Protección contra incendios. Parte 1: embarcaciones de eslora inferior o igual a 15 m.
- Norma EN 60092-507:2000. Instalaciones eléctricas de los barcos. Parte 507: embarcaciones de recreo (IEC 60092-507:2000).
- Reglamento para la construcción de buques de la Sociedad de Clasificación Lloyd's Register.

3.3. VIABILIDAD ECONÓMICA

Como hemos dicho al comienzo de este capítulo, cualquier proyecto viene precedido por un estudio de mercado realizado por el cliente contratante.

Así, en el presupuesto general del proyecto sólo se tienen en cuenta los gastos necesarios para llevar a cabo la producción. Es por ello que una vez que hagamos el presupuesto, realizaremos un balance económico de viabilidad financiera que incluirá los beneficios derivados de la producción. Los distintos índices financieros serán los que nos digan si el proyecto es

viable económicamente o no.

Realizando una serie de estimaciones y balanceando un poco el mercado, podemos estimar que la embarcación que se va a fabricar según este proyecto, en función de la potencia elegida por el cliente, se va a vender al precio final indicado a continuación:

- Catamarán con motores de 180 HP: 243.300 euros.
- Catamarán con motores de 240 HP: 269.300 euros.
- Catamarán con motores de 300 HP: 277.000 euros.

Es de esperar que exista una viabilidad económica que justifique la realización de este proyecto. No obstante, en el presupuesto de este proyecto se estudiará este concepto minuciosamente.

CAPÍTULO 4:

ANTECEDENTES

4.1. CATAMARÁN

Un catamarán es una embarcación que se caracteriza por ser de las más ligeras y tener una fricción menor con la superficie marina, por lo que alcanza mayores velocidades. Así mismo, tienen una mayor estabilidad en aguas tranquilas, aunque ésta es menor con oleaje que en una embarcación monocasco convencional. Igualmente, al necesitar un radio de giro mayor que una embarcación monocasco, son más lentos en esta maniobra que una embarcación convencional.

Originariamente, el nombre hacía referencia a una embarcación tradicional hindú similar a una balsa de las costas de Coromandel. Consistía en un grupo de tres o cuatro troncos unidos. El tronco de mayor longitud se sitúa hacia el centro de la embarcación así obtenida, sobresaliendo respecto a los demás a modo de proa; el remo es la forma de propulsión de esta balsa. Con posterioridad, con dicho nombre se designaba a una embarcación multicasco que se caracterizaba por tener dos cascos iguales o muy similares que se unían en paralelo mediante estructuras de listones o plataformas más complejas que permitían la obtención de camarotes en su interior. De forma equivocada, hacia el siglo XIX se extendió por parte de los marineros y exploradores occidentales tal denominación de catamarán a las estilizadas canoas dobles, que tenían propulsión mixta de remo y vela, empleadas en el Pacífico occidental, Polinesia y Hawai, aunque en ningún caso los cascos guardaban similitud en su eslora. En Europa parece ser que se emplearon ocasionalmente embarcaciones monocasco unidas; así, existen pruebas históricas documentales al respecto, como en la conquista de la ciudad islámica de Sevilla por parte de los cristianos castellanos en la Edad Media, que se logró mediante la ruptura de un puente para lo cual emplearon tres embarcaciones unidas por ataduras; la embarcación así obtenida debe considerarse más un trimarán que un catamarán.



Catamarán usado por los polinesios

Las primeras embarcaciones construidas inicialmente con dos cascos en Europa lo fueron en la Inglaterra del siglo XVII por parte del rey Carlos II, el mismo que introdujo el yate en la isla, cuando mandó la construcción de cuatro embarcaciones de doble casco. En el siglo XVIII también se construyeron cierto número de embarcaciones cañoneras con doble casco para soportar mejor el peso del cañón y proporcionar mayor estabilidad.

El siglo XIX supuso la eclosión de diversos tipos de diseños de embarcaciones, entre ellas las que empleaban dos cascos tanto para embarcaciones de recreo, cañoneras e incluso barcos de propulsión mecánica. Así, el norteamericano Robert Fulton diseñó en 1814 el primer barco de propulsión a vapor de la marina de guerra de los Estados Unidos, llamado *USS Demologos*, aunque inicialmente se denominó *Fulton the First*, con una configuración de doble casco y en medio de ambos la paleta propulsora. Tenía un desplazamiento de 2.540 toneladas y una longitud de 47,5 metros. En 1829 fue destruido por una explosión interna. Igualmente, existió en Estados Unidos una embarcación, el *Submarine 17*, que era un barco de salvamento de doble casco que con el inicio de la Guerra de Secesión vio como se cubrió el espacio entre los dos cascos y se blindó, a la vez que cambió su nombre por el de *Benton*, que desplazaba 643 toneladas y tenía una longitud de 61,5 metros. Se realizaron otro tipo de embarcaciones de dos cascos, algunos de casi 91 metros de longitud, que fueron empleados para diversos cometidos, aunque el diseño de embarcaciones con doble casco declinó.

Desde el final de la Segunda Guerra Mundial el diseño naval sufrió una gran evolución con el auge de la navegación de recreo y el aumento del tráfico marítimo. En el último tercio del siglo XX se fue extendiendo la configuración multicasco para todo tipo de embarcaciones, en especial de cascos dobles, que por extensión han recibido el nombre de catamarán. Esta configuración se fue implantando en embarcaciones de recreo, yates, en especial de propulsión a vela, de los que la clase *Tornado* logró ser olímpica desde Montreal 1976. También se ha extendido a transatlánticos de lujo, embarcaciones turísticas y en especial a los modernos transbordadores y ferrys rápidos, como la clase *B-60* de la española Empresa Nacional Bazán y la australiana AMD, botado en julio de 1998. Un ferry rápido catamarán, el *Seacat Hoverspeed Great Britain*, realizó la travesía más rápida del Atlántico en 1990, empleando 3 días, 7 horas y 54 minutos. Igualmente, se adoptó la configuración catamarán para buques oceanográficos, de investigación, gabarras y todo tipo de embarcaciones. En el campo militar, la configuración catamarán ha sido empleada en embarcaciones de pequeño desplazamiento, en especial cazaminas como los australianos *Ruschcutter* y *Shoalwater*.

En los últimos años los catamaranes de vela se han vuelto a poner de moda. Por lo general, en los catamaranes modernos se utiliza la forma de unión original de los cascos mediante una plataforma rígida (en contraposición al diseño de Herreshoff, desarrollado en 1876, en donde los cascos eran independientes). La ventaja de los catamaranes es su gran estabilidad unida a una gran ligereza y a una escasa resistencia al agua. Sin embargo, necesitan un gran radio de giro, lo que les hace lentos en los virajes. Por su estructura, los catamaranes cuyos cascos están unidos mediante una plataforma rígida encuentran grandes dificultades en aguas turbulentas y algunos han zozobrado en mar gruesa. El desarrollo en cuanto a potencia y formas de navegación del catamarán de aletas hidrodinámicas para deslizarse por encima del agua ha sido limitado, ya que requiere una gran potencia para ser efectivo. En los últimos años también se ha desarrollado una embarcación de triple casco denominada trimarán.

4.1.1. Catamaranes como Ferry

Hay catamaranes de este tipo operando comercialmente entre la Península Ibérica y Baleares, entre Cádiz y el Puerto de Santa María, entre Francia y el Reino Unido, entre el Reino Unido e Irlanda, Malta y Sicilia, entre Canadá y Estados Unidos, en Florida (EE UU), Australia, en el Río de la Plata y entre Hong-Kong y Macao. A su vez, los fast-ferry catamaranes de *Fred. Olsen Express* hacen los trayectos insulares en las Islas Canarias.

4.1.2. Catamaranes motorizados

Un desarrollo reciente en el diseño del catamarán ha sido la introducción del catamarán motorizado. Esta versión incorpora las mejores características de un yate de motor y las combina con las características de navegación tradicionales de un multicasco.

Generalmente, el catamarán a motor está libre de cualquier aparato de navegación (como por ejemplo el velamen), según lo demuestra uno de los modelos más vendidos en los Estados Unidos, el *Lagoon Power 43*. Este barco ahora se ha introducido a un número importante de flotas en el Caribe y el Mediterráneo, y se está convirtiendo en una vista cada vez más común.

Pequeños catamaranes con motores más pequeños están llegando a ser absolutamente comunes en los Estados Unidos, con varios fabricantes produciendo barcos de calidad. Uno pequeño tendrá casi ciertamente 2 motores, mientras que un monocasco clasificado similar solamente un motor. Todos los de mediano tamaño y los más grandes tendrán 2 motores.

4.2. CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR DEL CATAMARÁN

A continuación, en este apartado se indicarán los detalles de la embarcación en estudio, del equipo suministrado y montado, así como de sus instalaciones.

4.2.1. Certificación Y Homologaciones

Esta embarcación ha sido diseñada y será construida acorde con las Directivas Comunitarias (CE) relativas a la Categoría de Diseño A, lo que significa que ha sido diseñada para operar con vientos cuya fuerza puede exceder del grado 8 (escala de Beaufort), y la altura significativa de las olas puede superar los 4 metros, teniendo en cuenta que la altura significativa de la ola es la altura media del tercio de olas de mayor altura, que aproximadamente corresponde a la altura de ola estimada por un observador experimentado. Algunas olas alcanzarán el doble de esta altura. En su mayor parte la embarcación será autosuficiente. Se excluyen condiciones anormales, tales como huracanes. Estas condiciones se pueden encontrar en largos viajes, por ejemplo a través de los océanos, o costeros cuando no se tenga una protección contra el viento y las olas durante varios cientos de millas náuticas.

La Escala de Beaufort es una medida empírica para la intensidad del viento, basada principalmente en el estado del mar, de sus olas y la fuerza del viento. Su nombre completo es Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos.

Los avisos de estados peligrosos para las pequeñas embarcaciones se suelen emitir para vientos de fuerza 6 en esta escala.

ESCALA DE BEAUFORT	VELOCIDAD DEL VIENTO (km/h)	DENOMINACIÓN DEL VIENTO	SÍMBOLO EN EL MAPA METEOROLÓGICO
0	menos de 1	Calma	
1	1-5	Ventolina	
2	6-11	Muy flojo	
3	12-19	Flojo	
4	20-28	Bonancible	
5	29-38	Fresquito	
6	39-49	Fresco	
7	50-61	Frescachón	
8	62-74	Duro	
9	75-88	Muy duro	
10	89-102	Temporal	
11	103-117	Borrasca	
12	más de 117	Huracán	

Enciclopedia Encarta, © Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

El constructor someterá a esta embarcación a un “CONTROL INTERNO DE PRODUCCIÓN”, que garantizará el cumplimiento con toda la normativa europea relativa a este tipo de embarcaciones. Para lo cual, realizará todas las pruebas oportunas de estabilidad y flotabilidad al prototipo bajo la supervisión y aprobación de un Organismo Notificado.

4.2.2. Descripción de la Embarcación

- **Descripción general**

La embarcación ha sido diseñada para satisfacer al cliente más exigente. Su amplia bañera le confiere una espléndida superficie desde la que realizar todo tipo de actividades de pesca deportiva, con grandes espacios de estiba, facilidad de baldeo y limpieza, y posibilidades de acceso. El acceso a la maniobra de fondeo de proa, es seguro y sencillo gracias a sus amplios pasillos laterales. La visibilidad desde el puesto de gobierno es completa en todas las situaciones. El catamarán cuenta con una distribución interior tan equipada que la convierte en un confortable crucero. En cuanto a su motorización, el catamarán está diseñado para llevar diferentes modelos y potencias, según las necesidades y características del armador.

- **Dimensiones principales**

Eslora Total	13.20 m.
Eslora de casco	11.98 m
Manga máxima	5.75 m
Puntal	1.85 m
Calado	0.95 m
Potencia máxima	2 x 300 HP
Capacidad máxima de combustible	2 x 450 L
Capacidad de agua dulce	2 x 250 L

- **Desplazamiento de la embarcación**

Desplazamiento en rosca	9920 Kg
Desplazamiento en plena carga	12480 Kg
Carga máxima permitida	2560 Kg

En la carga máxima permitida se incluye entre otros los pesos de los equipos no incluidos en el equipamiento de serie y que pueden ser instalados en la embarcación siguiendo siempre las instrucciones específicas del constructor en lo referente a ubicación y peso máximo autorizado de dicho equipo adicional.

A modo de advertencia habría que indicar que al cargar la embarcación, no se debe sobrepasar jamás la carga máxima recomendada. Es importante cargar siempre la embarcación con cuidado, y distribuir las cargas convenientemente para conservar el asiento de diseño (aproximadamente horizontal). Se debe evitar colocar grandes pesos en las partes altas.

- **Número máximo de personas**

La embarcación en estudio ha sido diseñada para poder operar con un máximo de 17 personas a bordo. Hay que tener en cuenta que no se debe sobrepasar el número máximo de personas recomendado. Cualquiera que sea el número de personas a bordo, el peso total de las personas y del equipo no debe jamás sobrepasar la carga máxima recomendada.

- **Estabilidad y Flotabilidad**

La estabilidad es la propiedad mediante la cual un buque recobra la posición de equilibrio después de ser perturbado por la acción de fuerzas externas al mismo (olas, viento, etc.). La posición de equilibrio es normalmente, aunque no necesariamente, la posición vertical. Esta importante cualidad depende:

1. De las dimensiones y formas del buque.
2. De la posición del centro de gravedad de la carga y de las superficies libres debida a los líquidos.

La flotabilidad es la cualidad que evita el “hundimiento” de un buque en su condición de “buque intacto”, o incluso en el caso de que se produzca la inundación de uno o varios compartimentos que se encuentren dentro de las previsiones del Proyecto.

La “reserva de flotabilidad” de cada buque está íntimamente relacionada con las siguientes características del buque:

1. Calado Máximo permitido.
2. Subdivisión Estanca o de Compartimentado del buque.
3. Estanqueidad de su estructura.

Hay que indicar que cuanto menor sea el calado del buque y mayor su compartimentación, mayor será la “reserva de flotabilidad”.

Respecto a la estabilidad y la flotabilidad de la embarcación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos que pueden afectarles:

- No debe realizarse ninguna modificación de las disposiciones de los pesos a bordo (como puede ser por ejemplo añadir una superestructura para pesca, o una antena de radar, una pluma de carga, un cambio de motores, etc.).
- Mantener el nivel de agua en las sentinas al mínimo posible.
- La estabilidad de la embarcación se reduce al añadir cualquier peso en la parte alta.
- Con mal tiempo, se deben cerrar las escotillas, pañoles y puertas para reducir el riesgo de inundación.
- La estabilidad se puede reducir al remolcar otra embarcación o al izar un peso importante con la ayuda de un pesante o aparejo.

- Las olas rompientes constituyen un riesgo importante para la estabilidad.

- **Construcción**

La construcción de la embarcación se realizará siguiendo todas las exigencias europeas de calidad en cuanto al almacenaje y conservación de los materiales, herramientas y útiles a utilizar y métodos y secuencia de laminado manual. Las dimensiones de la estructura, secuencia de construcción y escantillones de los refuerzos internos se realizarán siguiendo las recomendaciones de una Sociedad de Clasificación.

Los Reglamentos de las Sociedades de Clasificación nacen con el objetivo de realizar una labor de recopilación y síntesis, para uniformizar y normalizar criterios de aplicación en el campo del cálculo de las estructuras de las embarcaciones, así como para dotar a Proyectistas y Constructores de una herramienta que pueda servirles de ayuda en su actividad laboral. La aplicación de los Reglamentos de las Sociedades de Clasificación va a servir de base al escantillonado del buque en estudio. No obstante, en todos los proyectos y cálculos será parte importante la experiencia de Proyectista y Constructor.

Existen varias Sociedades de Clasificación:

- American Bureau of Shipping (ABS).
- Lloyd's Register of Shipping (LR).
- Bureau Veritas (BV).
- Det Norske Veritas (NV).

En ellos vienen considerados la mayoría de los elementos concurrentes en el escantillonado de un buque. No hay que perder de vista que deben de realizarse algunas comprobaciones con cálculo directo. El diseño del catamarán en estudio ha seguido concretamente los cálculos de Lloyd's Register of Shipping (LR).

Este reglamento da una idea global de cómo debe ser la estructura y

escantillones de los barcos. Aunque no se obtenga un detalle minucioso de todos los elementos y aspectos que puedan considerarse, sí que con los resultados obtenidos y con las recomendaciones se consigue el objetivo propuesto.

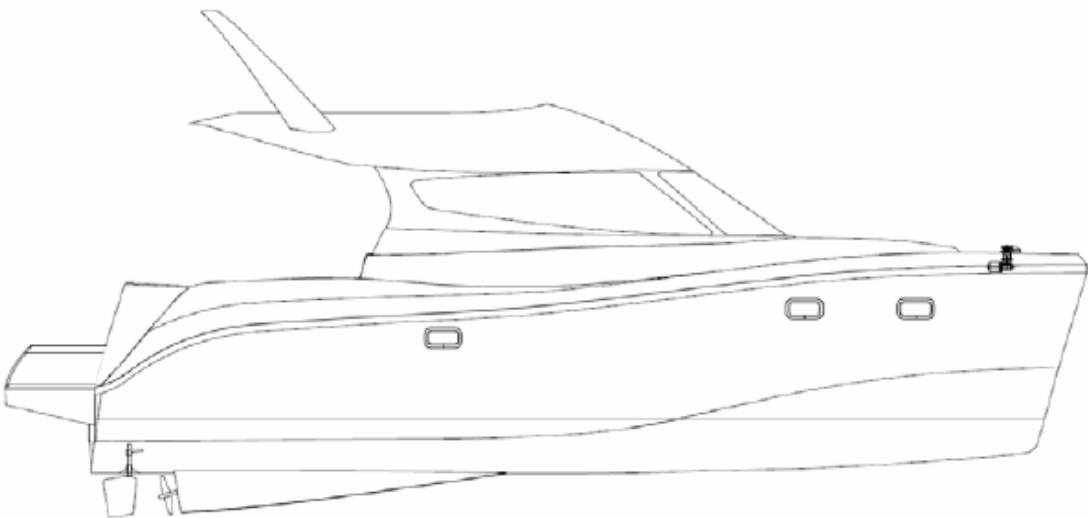
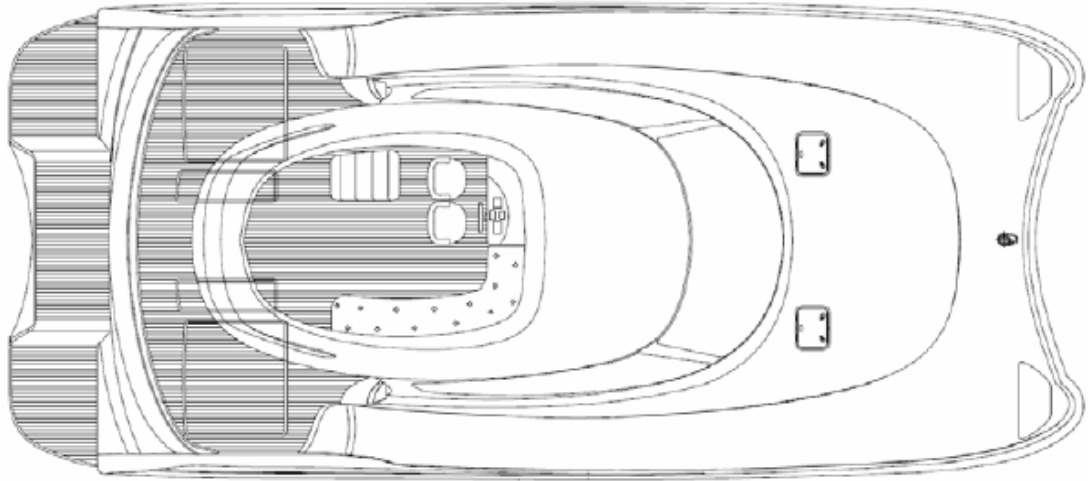
En este proyecto no se especificarán cuáles serán los detalles constructivos de diseño de la embarcación, pues estos datos deben recogerse en el Proyecto de Diseño propio del buque, y por tanto no se incluirán dentro del alcance del presente documento.

Un Organismo Notificado realizará los controles de calidad durante la construcción y verificará el correcto cumplimiento con la normativa europea. El cumplimiento de dichas normativas garantizará la durabilidad de la embarcación, siempre y cuando se sigan las instrucciones de mantenimiento del mismo.

- **La cubierta exterior**

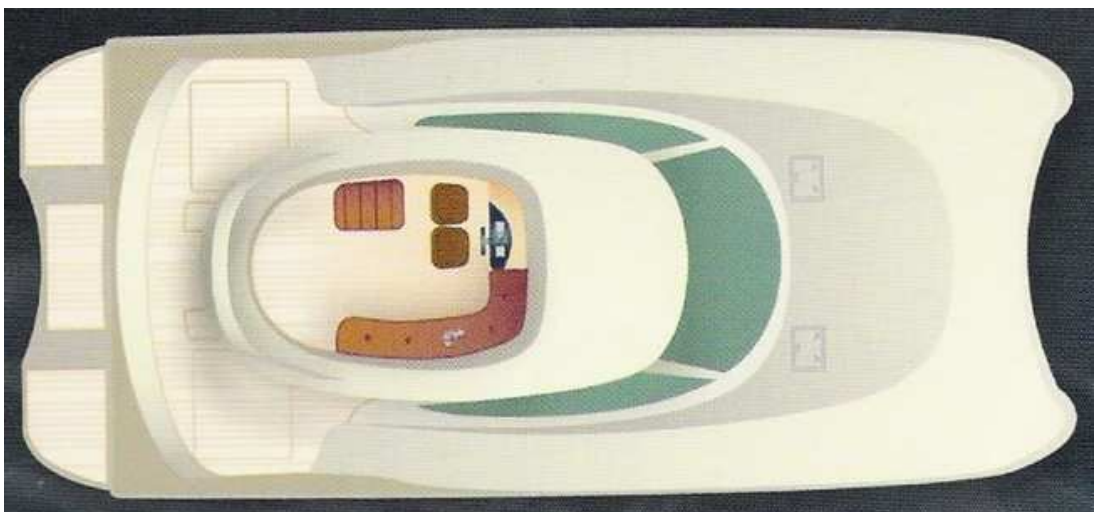
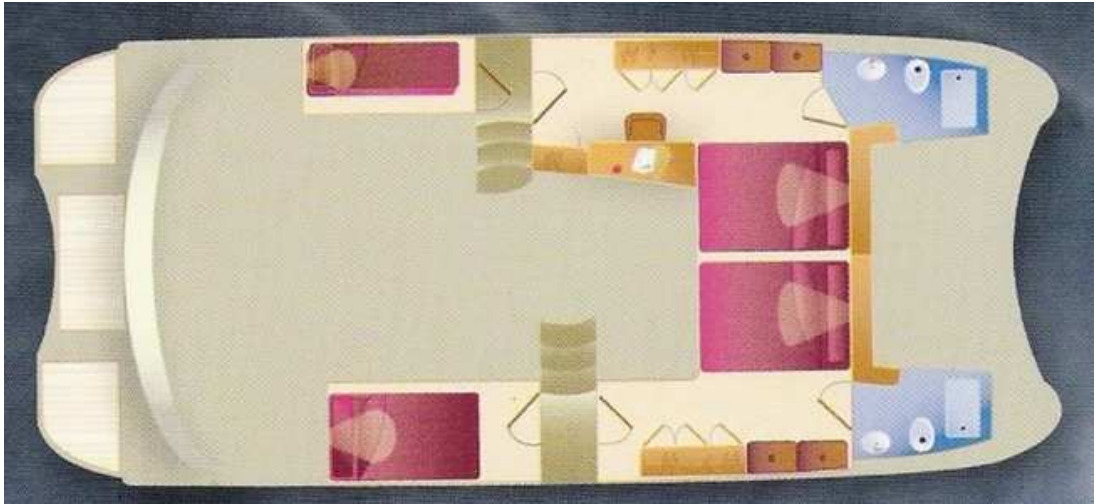
Las dimensiones de la bañera son suficientes para montar dos bancos plegables adosados a las bandas, que en posición de estiba permiten dejar la bañera completamente despejada para la realización de maniobras de pesca realizadas por varios tripulantes. La altura le da suficiente seguridad a la tripulación en las maniobras de pesca. Como equipamiento opcional se podrá instalar candeleros de acero inoxidable. Existen grandes espacios de estiba bajo el piso de bañera cuyo acceso se realiza a través de sendas tapas estancas situadas en el propio piso.

El acceso a los pasillos laterales se realiza mediante dos peldaños que salvan la diferencia de altura con la bañera.



Las tapas estancas situadas en el piso de la bañera, así como la escotilla y los portillos de proa deben permanecer cerrados durante la navegación o cuando estando fondeados, las condiciones climatológicas puedan suponer riesgo de entrada de agua a dichos espacios.

- **Los interiores**



A continuación se describen las principales zonas de la habitación:

- **CAMAROTE PROA BABOR:** Suelo forrado con panas de contrachapado marino melaminado con madera barnizada. Cama doble con repisa lateral. Armario cabecero con luz y baldas. Dos Armarios laterales con perchero detrás de la puerta de acceso y a estribor de la puerta. Despacho con mesa. Sofá con respaldo y tambucho inferior. Alumbrado general mediante luces halógenas. Mobiliario y puertas en sándwich melaminado. Escotilla circular en el techo y portillo practicable de aluminio anodizado en el lateral del camarote. Techos y laterales superiores forrados en cuero artificial.



- **BAÑOS DE CAMAROTES DE PROA (BABOR Y ESTRIBOR):** Los compartimentos dispondrán de paredes, suelos y techos, así como de encimera y lavabo, todo construido en una misma pieza. Presentarán ducha independiente con enjaretado de teca. Muebles de baño. Accesorios de baño completos. Grifería monomando. Espejo. Portillo practicable de aluminio anodizado. Inodoro marino eléctrico.

- **CAMAROTE PROA ESTRIBOR:** Suelo forrado con madera barnizada. Cama doble con cajones laterales. Armario cabecero con luz y baldas. Armario lateral con luz y perchero. Sofá con respaldo y cajones inferiores. Alumbrado general mediante luces halógenas. Mobiliario y puertas en madera. Escotilla circular en el techo y un portillo practicable de aluminio anodizado. Techos y laterales superiores forrados en cuero artificial.



- **CAMAROTES DE POPA (BABOR Y ESTRIBOR):** Suelo forrado con madera barnizada. Mobiliario y puertas en madera, cama doble con cajoneras frontales. Armario lateral con luz y perchero. Alumbrado general mediante luces halógenas. Portillo practicable de aluminio. Techos y laterales superiores forrados en cuero artificial.
- **BAÑO SUPERIOR:** Ducha independiente con mampara. Mueble de baño realizado con encimera en Silestone® y lavabo en acero inoxidable. Accesorios de baño completos. Grifería monomando. Espejo. Inodoro cerámico marino eléctrico.
- **PUESTO PILOTO:** Consola fabricada en dos niveles. Asiento del piloto doble tapizado en cuero artificial. Cuadro eléctrico compuesto por 12 disyuntores y controles de sistema eléctrico. Mandos completos de motores y relojes.



- **COCINA:** Mobiliario en madera. Dos fregaderos de acero inoxidable. Encimera de Silestone®. Placa vitrocerámica de tres quemadores. Nevera. Grifería monomando. Suelos forrados con madera barnizada. Microondas 800 w.



- **SALÓN:** Sofá principal en forma de L con capacidad para 7 personas, tapizado en cuero artificial, sofá independiente con capacidad para 2 personas, tapizado en cuero artificial. Mesa central realizada en madera. Iluminación general compuesta por luces halógenas. Radio CD con altavoces aptos para el exterior. Suelos forrados con madera barnizada.



- **FLY BRIDGE:** Asiento piloto doble tapizado en cuero artificial. Mandos completos de motores y relojes, sofá en forma de L con colchonetas y con mesa regulable en altura. Amplio solarium en popa. Arco radar. Parabrisas de metacrilato en proa y costados.



- **BAÑERA:** Piso con antideslizante. Escalera de acceso al *fly bridge* integrada con pasamanos en acero inoxidable. Mueble de servicio con lavamanos incorporado. Asientos en popa con tambuchos y colchonetas. Doble acceso a plataforma de baño. Cuatro cañeros de acero inoxidable. Dos tambuchos de estiba. Accesos a salas de máquinas.



4.2.2. Instalaciones y Servicios

- **Sistema de agua dulce**

La embarcación dispondrá de un servicio de agua dulce para aseos y cocina, con una electrobomba, y dotado de los elementos necesarios.

La refrigeración de agua dulce del motor principal se realizará mediante una bomba accionada por el propio motor.

Es necesario tener una serie de recomendaciones en el uso de la instalación:

- Cuando esté lleno el tanque de agua dulce, es necesario vigilar el nivel y no dejar desatendida la embarcación.
- Si hay que manipular la bomba por algún motivo, hay que asegurarse de que el interruptor del cuadro de instrumentos está desconectado.
- Para evitar daños en la bomba, hay que procurar no hacerla funcionar en vacío (rellenar el tanque lo antes posible).

- **Sistema de aguas sucias**

Los inodoros de los aseos estarán dotados de un servicio de agua salada. Dispondrá de un tanque de aguas residuales, así como de una

bomba para la evacuación de aguas grises. Los tubos de descarga serán de PVC o manguera flexible.

Es necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones en el uso de la instalación:

- Para un correcto mantenimiento se debe operar con asiduidad las válvulas pasacascos (grifos de fondo).
- Cuando se abandone la embarcación por un periodo prolongado se deben dejar todos los pasacascos en posición de cerrado.
- En caso de navegación con mal tiempo, es recomendable cerrar los desagües del lavabo y fregadero.
- Hay que respetar la legislación de medio ambiente y no realizar vertidos contaminantes al mar.

- **Sistema de aguas grises e imbornales**

Cada uno de los aseos dispondrá de un imbornal conectado a la descarga sanitaria correspondiente.

Como recomendaciones de uso en la instalación se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Los imbornales de cubierta deben mantenerse siempre limpios, para evitar obstrucciones.
- En caso de navegación con mal tiempo, es recomendable cerrar los desagües del lavabo y fregadero.
- La válvula de desagüe de los imbornales debe permanecer siempre en posición abierta.

- **Sistema de achique de sentina**

Para el servicio de achique de cada sentina se dispondrá de una

bomba centrífuga de 3400 l/h de arranque automático para un determinado nivel de líquidos en el pocete. Servirá, también para baldeo.

Este servicio tendrá una aspiración a popa de cada cámara de máquinas.

Las válvulas de servicio de achique tendrán un sistema antirretorno.

Es necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones en el uso de la instalación:

- Hay que realizar un cuidadoso mantenimiento de las bombas de achique manual y eléctrica.
- Nunca se debe bloquear los imbornales de desagüe de la bañera ya que esto podría provocar acumulaciones de agua peligrosas.
- Debe mantenerse siempre limpio de objetos sólidos el pocete de sentina, de manera que se evite cualquier posibilidad de atasco de ésta.
- Hay que respetar la legislación de medio ambiente y no realice vertidos contaminantes al mar.
- El sistema de bombeo de sentinas no está previsto para el control de averías.
- Como precaución de seguridad es importante verificar a intervalos regulares el funcionamiento de cada bomba de sentinas. Limpiar las entradas de aspiración de las bombas de los residuos que puedan obstruirlas.

- **Sistema de combustible del motor**

La alimentación de los motores principales se realizará a través de las bombas que incorpora dichos motores y que aspiran directamente de los tanques de combustible.

Se instalarán filtros que garantice el funcionamiento del circuito, así

como una bomba de accionamiento manual para el trasiego de combustible.

La tubería de alimentación será de acero inoxidable, excepto el tramo final de conexión a los motores que estará formado por un latiguillo enmallado especial para hidrocarburos.

El relleno de los tanques se realizará desde cubierta mediante tapones estancos enrasados y roscados de acero inoxidable.

Es necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones en el uso de la instalación:

- Es necesario realizar el mantenimiento y control según recomendaciones del fabricante.
- No se debe salir a navegar si hay sospechas o se detecta cualquier anomalía en el motor.
- Hay que llevar siempre a bordo los recambios mínimos necesarios (correa distribución, aceite, etc.).
- Mantener siempre en buenas condiciones las rejillas de ventilación del motor.
- Hacer un chequeo periódico del filtro de combustible y eliminar el agua que pueda tener.
- Durante la operación de llenado de combustible, mantener el motor y los circuitos eléctricos apagados.
- En caso de que se realice algún pequeño vertido de combustible sobre la embarcación se debe limpiar inmediatamente para evitar caídas peligrosas.
- El bloque del motor puede alcanzar altas temperaturas, por lo que deberá extremar las precauciones en caso de que tenga que realizar cualquier mantenimiento en él.
- Las reparaciones del motor deben ser realizados por personal cualificado por el fabricante del mismo.

- **Sistema de refrigeración, ventilación y escape de motor**

Los motores llevan conductos de exhaustación mediante sistemas de escape húmedos, los cuales están protegidos con materiales adecuados para prevenir daños, y van provistos de sus correspondientes silenciosos y juntas de expansión y purgas donde recomiende el fabricante.

Lleva instalado un ventilador eléctrico de extracción y otro de ventilación en cada una de las cámaras de máquinas. Serán capaces de asegurar las renovaciones de aire necesarias.

Los conductos tendrán la orientación adecuada para mejorar al máximo la distribución de aire.

- **Sistema de gobierno y control de la embarcación**

El sistema de gobierno se realizará con la rueda del timón a través de un equipo de dirección hidráulica que dispondrá de un mecanismo de transmisión de movimiento entre los dos timones, accionando ambas mechas a la vez.

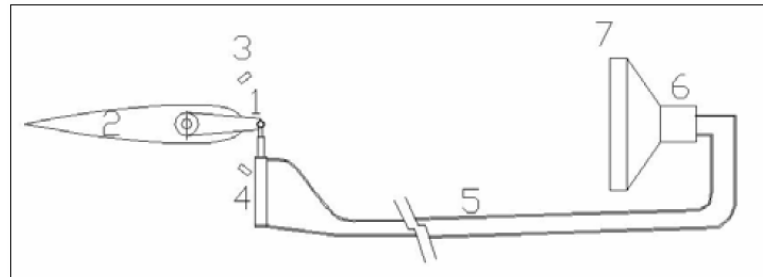
Se montan timones suspendidos de tipo semicompensado de acero naval y reforzados adecuadamente. Éstos tienen perfil hidrodinámico y la mecha de cada uno de ellos es de acero inoxidable AISI 316

El control de los timones se realiza mediante una rueda situada en la cabina, la cual transmite la presión hidráulica a un pistón que actúa sobre las mechas de los timones. El llenado de aceite del circuito se realiza desde un tapón roscado situado en el propio engranaje de la rueda.

En caso de emergencia o fallo del sistema hidráulico de control, se puede acoplar una caña de respeto directamente a la mecha (eje del timón). Los elementos que forman el sistema de gobierno son los siguientes:

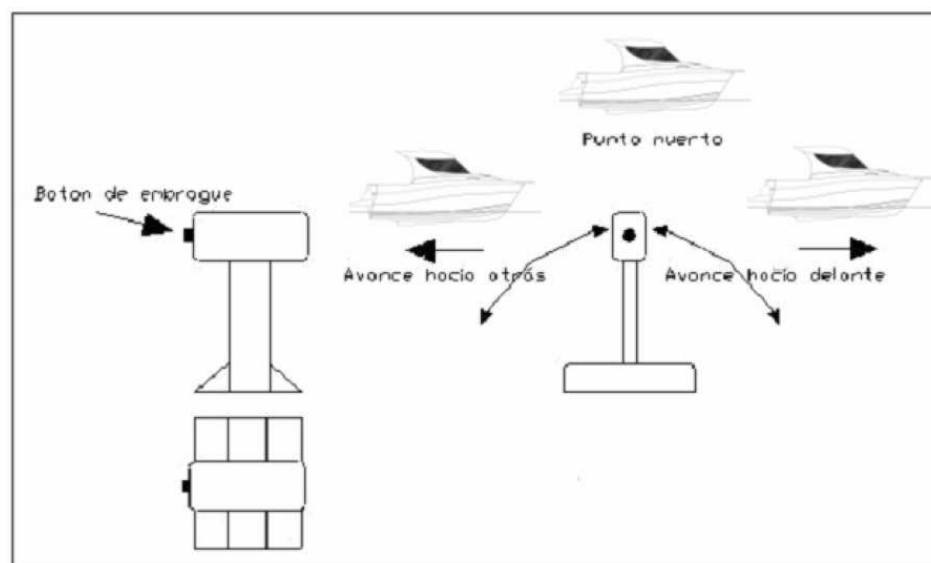
1. Caña del timón
2. Timón
3. Topes de giro del timón

4. Pistón hidráulico de doble efecto
5. Tubería hidráulica de nylon
6. Bomba hidráulica manual acoplada a la rueda
7. Rueda del timón



La palanca de control o “morse” sirve para controlar el avance de la embarcación. Cuando la palanca se encuentra en posición vertical, el motor se encuentra desembragado de la hélice y al relentí. Al empujar la palanca hacia delante el motor se acelera. Para hacer girar la hélice es necesario pulsar el botón de embrague lateral izquierdo de la palanca y empujar ésta hacia delante, para hacer avanzar la embarcación, o hacia atrás y haremos retroceder a la embarcación. Gracias al botón de embrague, tenemos la seguridad de que si por accidente golpeamos la palanca estando esta en punto muerto, el motor se acelerará pero la hélice no girará.

Para mayor comprensión ver el siguiente dibujo:



Es necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones en el uso de la instalación:

- No salir a navegar si se sospecha o detecta cualquier anomalía en el motor.
- Llevar siempre a bordo los recambios mínimos necesarios.
- Mantener siempre en buenas condiciones las rejillas de ventilación del motor.
- Hacer un chequeo periódico del filtro de gasoil y eliminar el agua que pueda tener.
- Durante la operación de llenado de gasoil, mantener el motor y los circuitos eléctricos apagados.
- En caso de que se realice algún pequeño vertido de gasoil sobre la embarcación se debe limpiar inmediatamente para evitar caídas peligrosas.
- Antes de navegar se deben vigilar los niveles de agua, aceite y gasoil.
- Recordar que el bloque del motor puede alcanzar altas temperaturas, por lo que deberá extremar las precauciones en caso de que tenga que realizar cualquier mantenimiento en él.
- Las reparaciones del motor deben ser realizados por personal cualificado por el fabricante.

- **Sistema de amarre e izado**

El amarre de la embarcación se realizará mediante seis cornamusas de acero inoxidable, dispuestas en cada banda a proa y popa.

Es responsabilidad del propietario/operador el asegurarse de que las líneas de fondeo, las líneas de remolque, cadenas y los cables del ancla, así como las anclas, son los adecuados para el uso previsto de la embarcación, es decir que la resistencia de las líneas o cadenas no sea superior al 80%

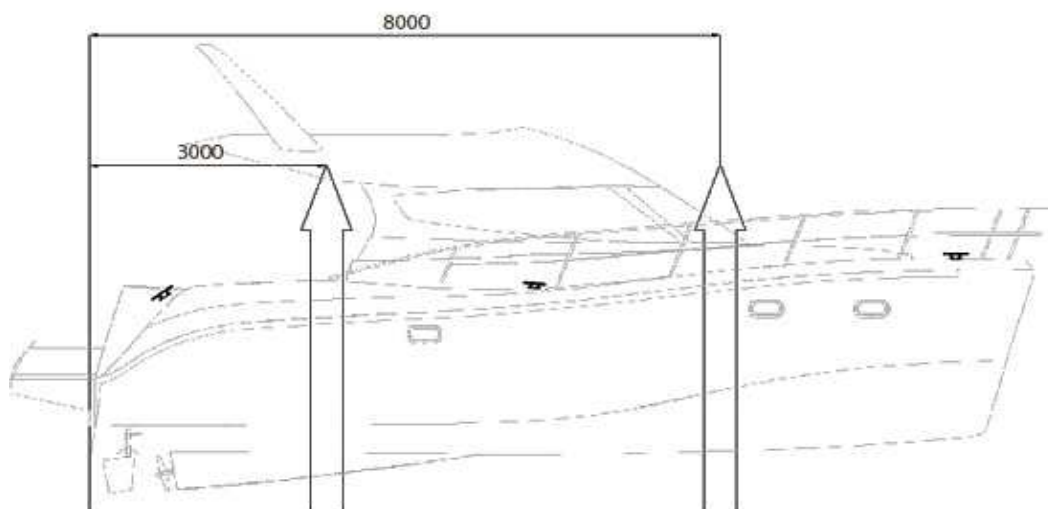
de la carga de rotura del punto de amarre correspondiente.

Cargas de rotura de los puntos de amarre y fondeo:

- Fondeo y remolque en proa : $P1 = 45 \text{ KN}$
- Amarre en proa: $P2 = 37 \text{ KN}$
- Amarre en popa: $P3 = 31 \text{ KN}$

El propietario debería también tener en cuenta las acciones necesarias a tomar para asegurar una línea de remolque a bordo.

El izado de la embarcación se hará desde lo más aproximado a los siguientes puntos. En cualquier caso dado que la carga, combustible y agua de la embarcación puede hacer variar la posición de su centro de gravedad es fundamental comprobar la correcta posición de las cinchas antes de elevar completamente la embarcación.



Es necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones en el uso de la instalación:

- Hay que asegurarse de amarrar adecuadamente la embarcación según las características del muelle y las condiciones meteorológicas.
- Es importante utilizar defensas de goma entre la embarcación y el pantalán o entre la embarcación y otras embarcaciones. El no hacerlo puede ocasionar daños graves a la embarcación.

- **Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico es de 12 V de corriente continua.

Con independencia de la red de corriente continua, dispondrá de una red eléctrica de corriente alterna de 220 v y 50 Hz, cuya finalidad será dar servicio a diferentes tipos de acomodación.

Dispondrá de dos alternadores que serán accionados por cada uno de los motores propulsores.

Se instalarán tres grupos de baterías de 12 V para dar corriente, por un lado a los distintos servicios (aparatos, luces, etc.) y por otro al arranque de motores.

Para usar la instalación hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El cliente no debe manipular el sistema eléctrico, puede ser peligroso para él y para la embarcación.
- Debe vigilarse siempre el estado de carga de las baterías y cuando el voltímetro marque menos de 11.5 V debe arrancarse el motor para permitir la recarga. Si permanece fondeado con el motor apagado puede quedarse sin carga suficiente en las baterías como para arrancar el motor.
- Se debe sustituir la batería cuando haya pasado el tiempo recomendado por el fabricante o cuando detecte que se descarga con rapidez.
- Se deben sustituir siempre los fusibles por otros del mismo amperaje.
- No se debe instalar ni cambiar aparatos por componentes que sobrepasen el amperaje nominal del circuito.
- Es importante no dejar la embarcación con el sistema eléctrico activado sin atender.

4.2.3. Seguridad

La embarcación ha sido diseñada y será construida acorde con las Directivas Comunitarias (CE) relativas a la Categoría de Diseño A, lo que la define como una embarcación concebida para viajes largos en los que los vientos puedan superar la fuerza 8 (escala de Beaufort) y las olas la altura significativa de 4 metros o más, y que son embarcaciones autosuficientes en gran medida.

Hay que tener en cuenta que la embarcación no se venderá apta para navegar. Antes se deberá obtener un Certificado de Navegabilidad, para lo cual deberá equipar la embarcación con los equipos de seguridad exigidos en función de la Zona de Navegación en la que se pretenda inscribir la embarcación, tales como chalecos salvavidas para los tripulantes, extintores, bengalas y señales, botiquín de primeros auxilios, etc.

CAPÍTULO 5:

PROPUESTA DEL MATERIAL DE FABRICACIÓN

5.1. COMPARATIVA DE MATERIALES COMPUESTOS Y TRADICIONALES EN LA FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES

Cuando se diseña una embarcación es necesario decidir el material que se va a emplear para su construcción.

En este capítulo se decidirá cuál será el material elegido para la construcción del producto en estudio.

Los principales materiales utilizados en la construcción naval son: madera, acero, aluminio y materiales compuestos.

Se ha descartado, desde el primer momento, el uso de la madera como material de construcción de la embarcación. La madera es el material empleado tradicionalmente en la construcción naval, debido a su excelente flotabilidad y buen comportamiento ante reparaciones de pequeña y mediana envergadura, pero, sin embargo, presenta problemas a la hora de su utilización

La elección del proyecto ha sido una embarcación de recreo de un material compuesto, tanto en la construcción del casco, como en los refuerzos, cubierta y la mayor parte del mobiliario.

A continuación, aparece un breve análisis comparativo de los otros tres materiales posibles: aluminio, acero y materiales compuestos; atendiendo a diversos aspectos como son: peso, resistencia estructural, fatiga, coeficiente de dilatación, resistencia a la corrosión, mantenimiento y reparación, soldadura, resistencia al fuego y coste.

- **Peso:** para una misma resistencia, las embarcaciones realizadas en acero son más pesadas que las realizadas en aluminio, y éstas, a su vez, más que las de materiales compuestos. Una embarcación de aluminio es ligeramente más pesada que una realizada con composites.

Esto se traduce en que para conseguir la misma velocidad una embarcación de acero necesita más potencia que una de aluminio o una realizada con materiales compuestos.

- **Resistencia estructural:** esta cualidad por sí sola no es indicativa, puesto que sea cual sea el material elegido habrá de tener la misma resistencia, lo que variará es el espesor del mismo para conseguirla. En el caso del acero, tiene mucha resistencia por unidad de peso, es decir, se necesita menos espesor para obtener la misma resistencia.
- **Fatiga:** el aluminio trabaja mal a fatiga, por lo que si el diseño de la estructura no es suficientemente cuidadoso, pueden aparecer grietas, que generalmente aparecerán en zonas sometidas a continuas vibraciones.
- **Coefficiente de dilatación:** el aluminio presenta el coeficiente de dilatación más elevado, por encima del acero y cualquier material compuesto. Hay que tener especial cuidado durante los procesos de armado y soldadura, ya que debido al calor aplicado pueden aparecer deformaciones que después serán difíciles de eliminar.
- **Resistencia a la corrosión:** hay que diferenciar entre dos tipos de corrosión, la provocada por el oxígeno del aire y la electrolítica. En el primer caso, aluminio y los materiales compuestos tienen un excelente comportamiento. El segundo caso, afecta al acero y sobre todo al aluminio, el cual, en contacto con materiales más electropositivos sufre una fuerte corrosión galvánica, por lo que de ser utilizado hay que darle una buena protección catódica mediante ánodos de sacrificio, además de una constante vigilancia de la conservación de los mismos.

Por otra parte, y desde el punto de vista estético, una embarcación construida de composites, siempre se encuentra en mejor estado que

una de acero o aluminio.

- **Mantenimiento y reparación:** en lo referente al mantenimiento, los materiales compuestos presentan unos gastos menores frente al acero y el aluminio. En cuanto a reparación, el aluminio es el que presenta mayores dificultades para encontrar talleres especializados.
- **Soldadura:** en el caso de los materiales compuestos este problema no se presenta. Y como se ha mencionado anteriormente, el aluminio es el que presenta más problemas ya que en él aparecen grietas con facilidad si no se dispone de instalaciones adecuadas y un proceso muy controlado.
- **Resistencia al fuego:** En este caso las embarcaciones construidas de acero son claramente superiores, ya que en el caso del aluminio el magnesio que contiene la aleación arde. En el caso de materiales compuestos, al utilizarse resinas de poliéster, que son plásticos termoestables, se carbonizan sin deformación produciendo humos tóxicos, aun así las características de resistencia al fuego se pueden mejorar utilizando resinas de ácido caliente, que se utilizan como retardador de llama.
- **Coste:** si se construye una sola embarcación, el coste de la estructura fabricada en materiales compuestos es similar a la del aluminio y superior a una de acero. Si se construyen varias unidades, el coste de las estructuras fabricadas con composites es claramente inferior a las de aluminio y acero. Esto se debe a que en el caso de los compuestos, se construye un modelo y molde cuyo coste se amortizará entre todas las unidades construidas.

5.2. CONCLUSIÓN

En pequeñas y medianas embarcaciones los materiales compuestos se imponen al acero y aluminio, ya que; los costes son más bajos porque suelen construirse varias embarcaciones, tiene un buen comportamiento en el mar, buena relación resistencia-peso, costes de mantenimiento bajos, fácil reparación y buena presencia.

En consecuencia, y como el diseño de la embarcación en estudio nos lo permite, el catamarán será construido mediante el uso de materiales compuestos.

CAPÍTULO 6:

MATERIALES COMPUESTOS

6.1. CONCEPTOS GENERALES

6.1.1. Introducción

La utilización de materiales compuestos en la industria naval ha experimentado, desde sus comienzos en la década del cuarenta, un constante crecimiento. Su empleo ha permitido construir embarcaciones más duraderas, más ligeras y a un coste menor que las tradicionales de madera; ello, sumado a importantes logros sociales obtenidos en la segunda mitad del siglo XX, ha permitido a un público cada vez mayor acceder a la navegación de recreo.

Superados los problemas iniciales, los nuevos procesos o técnicas han conseguido hacer de los materiales compuestos unos materiales fiables y con un comportamiento predecible. Ofrecen al diseñador naval unas excelentes propiedades mecánicas, una reducción sustancial de peso, y una libertad en el diseño de formas que los convierte en los preferidos respecto de otros materiales tradicionales.

En este proyecto se van a describir de manera clara los diferentes procesos de fabricación que se utilizan actualmente en la construcción de embarcaciones empleando materiales compuestos, se va a estudiar la problemática específica de las grandes estructuras marinas, y se pretende así difundir las tecnologías más respetuosas con el medio ambiente.

6.1.2. Origen y evolución

Si analizamos la evolución de la humanidad basándonos en diferentes aspectos, ya sean éstos sociales, culturales ó técnicos, podremos observar que dicha evolución siempre ha estado condicionada por el descubrimiento

de nuevos materiales.

Las edades de piedra, del cobre, del bronce, del hierro, constituyeron etapas en la historia de la humanidad en las cuales el hombre, a través del conocimiento y manejo de nuevos materiales y técnicas, supo desarrollar nuevas estructuras políticas y sociales.

Al contrario de lo que se pudiera pensar, el concepto de *material compuesto* es tan antiguo como la naturaleza misma. Un buen ejemplo de ello lo podemos observar en la madera, la cual combina fibras de celulosa de estructura tubular con una matriz de lignina.

Otro ejemplo de material compuesto confeccionado por el hombre en los inicios de la civilización lo constituyen las chozas de adobe y paja, moradas que sentaron las bases de las construcciones actuales.

El secreto de los materiales compuestos reside en la elección de un sistema de matriz adecuado y su asociación con fibras de refuerzo, obteniéndose como resultado un nuevo material con cualidades diferentes, que no son alcanzables por cada uno de los materiales predecesores de manera aislada.

El reto actual de los materiales compuestos, en cualquiera de sus variantes, consiste en dar con las mejores asociaciones de fibra-matriz, para proporcionar cada vez materiales con mejores prestaciones para el fin que son concebidos.

6.1.3. Definición de material compuesto

Desafortunadamente no existe una definición ampliamente aceptada de lo que es un material compuesto. Un diccionario define un compuesto como algo hecho de diferentes partes (componentes o constituyentes). En el nivel atómico ciertos materiales, como algunas aleaciones metálicas y materiales poliméricos, pueden considerarse como materiales compuestos porque se componen de agrupamientos atómicos diferentes y distintivos. En el nivel microestructural (de 10^{-4} a 10^{-2} cm, aproximadamente) una aleación de metal, como un acero al carbono simple que contiene ferrita y perlita, podría considerarse como un material compuesto porque la ferrita y la perlita son

componentes visibles y distintivos cuando se observan en el microscopio óptico. En el nivel macroestructural (10^{-2} cm, aproximadamente, o más) un plástico reforzado con fibra de vidrio, en el que la fibra de vidrio se puede reconocer claramente a simple vista, podría considerarse como un material compuesto. Ahora se ve que la dificultad que implica definir un material compuesto consiste en las limitaciones de tamaño que se imponen a los componentes que forman parte del material. En diseño de ingeniería, un material compuesto suele consistir en un material formado por constituyentes en un rango de escalas que va de micro a macro, e incluso favorece el nivel macro. La siguiente es una definición de un material compuesto:

“Un material compuesto es un sistema de materiales formado por una mezcla o combinación debidamente dispuesta de dos o más micro o macroconstituyentes con una intracara que los separa, que difieren en forma y composición química y son esencialmente insolubles entre sí.”

Se define entonces como material compuesto todo sistema o combinación de materiales constituido a partir de una unión (no química, insolubles entre sí) de dos o más componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas, no siendo estas nuevas propiedades ninguna de las anteriores.

La importancia que tiene para la ingeniería un material compuesto es que dos materiales diferentes se combinan para formar otro cuyas propiedades son superiores a las de sus componentes individuales o tienen importancia en algún otro aspecto.

En un material compuesto podemos identificar dos fases: una continua, constituida por la *matriz*, y otra fase discontinua, denominada *refuerzo*. Los componentes de un material compuesto no deben disolverse ni fusionarse completamente unos con otros. La identificación de los materiales y la de su interfase debe ser posible de distinguir por medios físicos.

Las propiedades del nuevo material dependen, entonces, del tipo de interfase y de las características de los componentes.

6.1.4. Los materiales compuestos en la industria

La producción de materiales compuestos se desarrolla rápidamente, tanto en Francia como en el resto del mundo: aproximadamente +6% anual, en cantidad. Estos materiales combinan la materia plástica y el refuerzo con fibras, por lo general de vidrio o de carbono. Aunque su coste es más elevado que el de los materiales tradicionales, aportan a sus usuarios importantes ventajas gracias a sus propiedades, en particular la ligereza y la resistencia. Tales ventajas han abierto a los materiales compuestos importantes mercados en la construcción de automóviles, la aeronáutica o incluso también en la construcción. Este sector, integrado por pequeñas empresas dinámicas, se va adaptando a través de la innovación y la asociación. Los canales del desarrollo sostenible pasan ahora por el control de la totalidad del ciclo del producto, desde el diseño hasta el reciclaje, y también por la mejor caracterización de los productos y de sus prestaciones.

Con 300.000 toneladas producidas en Francia en el año 2000, el sector de los materiales compuestos es un pequeño sector si se compara su producción con los 18 millones de toneladas de metales elaboradas anualmente. Este sector pertenece a la industria de materias plásticas, pero es un sector joven y en plena expansión que no está catalogado de manera clara en las relaciones estadísticas.

A pesar de reconocerse como materiales sumamente modernos y encontrarse aun en expansión, ya se han desarrollado más de una docena de procedimientos de aplicación, lo cual es mucho más que las grandes técnicas de transformación de metales desde hace doscientos años: fundición, sinterización, forja, embutición, soldadura.

- **Un mercado reciente en rápida expansión**

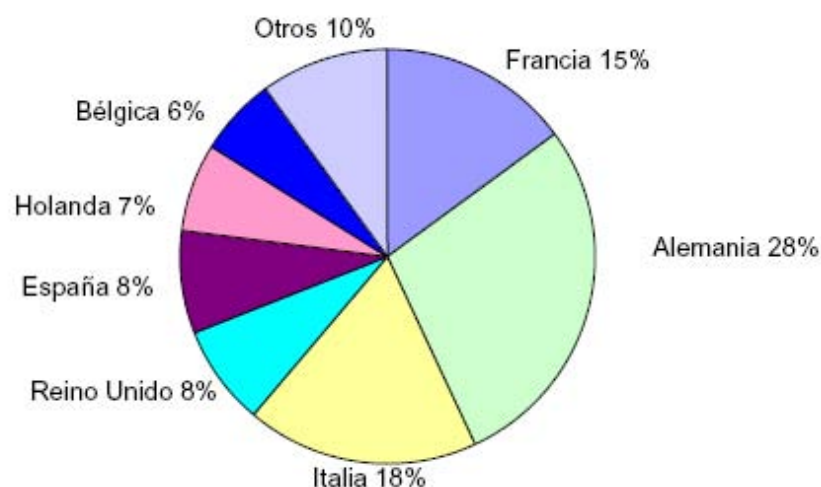
El mercado mundial de composites crece desde 1994 en el 5,7% anual en cantidad. En 2000, se produjeron siete millones de toneladas, correspondiendo más del 95% a compuestos de gran difusión. Esta producción alcanzó 10 millones de toneladas en 2006.

El crecimiento es más favorable para compuestos termoplásticos que para compuestos termoestables: el 9% y el 3% anual, respectivamente. Los compuestos termoplásticos aparecieron a principios de los años ochenta. Son más recientes y también más prometedores. Sin embargo, los materiales compuestos termoestables representan aún más de las dos terceras partes del mercado.

El mercado norteamericano es, con mucho, el más importante y representa el 47% de la transformación mundial de *composites* (3,4 MT). A continuación viene Europa (28%, o sea 2 MT) y Asia (23%, o sea 1,6 MT). El crecimiento del mercado en Asia y Europa es superior a Estados Unidos (el 7 y el 4,5% anual, respectivamente). El mercado sudamericano es muy dinámico, con un incremento anual superior al 8%, si bien es globalmente reducido (2% del consumo mundial).

Con el 15% de la producción europea, la producción francesa de *composites* se sitúa detrás de la alemana (28%) e italiana (18%). Pero, en valor, el mercado francés alcanza más de 2.000 millones de euros, o sea el 18% de la producción europea. En efecto, Francia produce más materiales compuestos de altas prestaciones que sus socios europeos. Ahora bien, sus precios son más altos que los de los materiales de gran difusión: se escalonan entre 9 euros y 38 euros por kilo, mientras que los precios de los *composites* de gran difusión están comprendidos entre 3 euros y 6 euros por kilo.

Las cuotas de mercado en Europa



Fuente: Estudio materiales compuestos - estimaciones Nodal Consultants - año 2000

- **Ligereza y resistencia, dos ventajas claves**

Los materiales compuestos disponen de ventajas con relación a productos competidores, aportando numerosas cualidades funcionales: ligereza, resistencia mecánica y química, mantenimiento reducido, libertad de formas. Su uso permite aumentar la vida útil de ciertos equipos gracias a sus propiedades mecánicas (rigidez, resistencia a la fatiga) y también gracias a sus propiedades químicas (resistencia a la corrosión). También refuerzan la seguridad gracias a una mejor resistencia a los impactos y al fuego, ofreciendo un mejor aislamiento térmico o fónico y, para algunos de ellos, eléctrico. También enriquecen las posibilidades de diseño, permitiendo aligerar estructuras y realizar formas complejas, aptas para cumplir varias funciones.

El costo de fabricación de los *composites* es superior al de los materiales tradicionales como el acero, la madera o el aluminio (de 3 euros a 38 euros/Kg, según las prestaciones requeridas para los materiales compuestos, entre 1,5 euros y 5 euros/Kg para los materiales más tradicionales). Sin embargo, ahorrando piezas de enlace y mecanización, reduciendo de manera importante los gastos de mantenimiento y aumentando la vida útil y la seguridad, las ventajas de los materiales compuestos pueden valorizarse en términos de beneficios con el uso.

En realidad, la solución del *composite* representa siempre para el diseñador un salto tecnológico. Los materiales compuestos ofrecen, efectivamente, la posibilidad de realizar un producto específicamente adaptado a las prestaciones solicitadas y optimizar la pareja precio/prestación. Pero, con relación a las soluciones alternativas, el beneficio aportado debe evaluarse desde el diseño, al mismo tiempo que las pruebas que cabe realizar. Por contra, los materiales tradicionales (madera, acero, aluminio) aparecen como una solución de más tranquilidad, puesto que sus prestaciones técnicas son bien conocidas y están bien catalogadas, con lo cual es previsible su comportamiento durante el uso. También se benefician de mejoras regulares (ligereza, tratamientos especiales para los metales).

En la práctica, para que los materiales compuestos puedan adoptarse en lugar de tales soluciones tradicionales, tienen que distinguirse absolutamente por sus aportes positivos.

- **Una gama de materiales compuestos en la construcción náutica de recreo**

En la construcción náutica de recreo, los *composites* resultan ser como elementos difícilmente sustituibles en las embarcaciones de tamaño inferior a 40 metros: estos materiales combinan la ligereza de las estructuras con la posibilidad de realizar formas complejas (cascos, cubiertas, depósitos). Sus cualidades de resistencia a la corrosión permiten reducir considerablemente la frecuencia de los carenados y aumentar la vida útil de las embarcaciones. Utilizando esencialmente *composites* de bajo costo, pero este sector, sólo representa el 4% del mercado en volumen y en valor.



Fuente: Estudio materiales compuestos - estimaciones Nodal Consultants - año 2000

6.1.5. Tipos de materiales compuestos

De las diferentes clasificaciones que podemos hacer de los materiales compuestos, quizás la más importante sea la que se refiere a su matriz, y en la cual podemos identificar tres grupos principales:

- a) Materiales compuestos de matriz metálica
- b) Materiales compuestos de matriz cerámica
- c) Materiales compuestos de matriz polimérica

Los materiales compuestos de matriz metálica han sido desarrollados principalmente para componentes aeroespaciales y de motores de automoción. Poseen alta resistencia y muy bajo peso. Se clasifican en tres grandes grupos, de acuerdo con el tipo de refuerzo incorporado: reforzados con fibra continua, reforzados con fibras discontinuas y reforzados con partículas.

Así, encontramos como ejemplos de los materiales compuestos de matriz metálica las aleaciones de aluminio con refuerzos de fibras de boro, aleaciones de aluminio reforzados con partículas de alúmina y carburo de silicio, etc.

Los materiales compuestos de matriz cerámica son más recientes, y mejoran las propiedades mecánicas como la resistencia y tenacidad de los materiales cerámicos tradicionales, especialmente en rangos de bajas temperaturas.

También se clasifican de acuerdo con el tipo de refuerzo incorporado: reforzados con fibras continuas, reforzados con fibras discontinuas y reforzados con partículas.

Las principales fibras de refuerzo que se combinan con las matrices cerámicas son las de carburo de silicio y las de óxido de aluminio, y en el caso de fibras discontinuas y partículas se utilizan como refuerzo agujas cerámicas de carburo de silicio.

En cuanto a los materiales compuestos de matriz polimérica, podemos definirlos como materiales con buenas propiedades mecánicas,

resistentes a la corrosión y a los agentes químicos, y que dadas sus particulares características, pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas. Son aquellos materiales en los cuales la matriz está constituida por un polímero y el refuerzo es algún tipo de fibra, ya sea sintética o inorgánica.

Podemos destacar entre éstos los materiales compuestos termoestables, con sus principales grupos de matrices, las resinas poliéster, viniléster, *epoxi*, y fenólicas; y, como materiales de refuerzo, las fibras de vidrio, las aramídicas (*kevlar*) y las de carbono, tomando la forma de numerosos tipos de estructuras textiles simples o combinadas.

Por ser los materiales compuestos de matriz polimérica, y fundamentalmente los termoestables, los más utilizados en la construcción de embarcaciones, les dedicaremos este estudio.

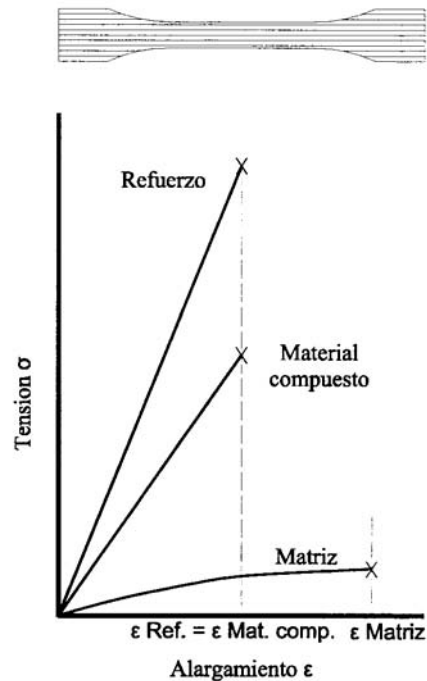
6.1.6. El concepto de matriz-refuerzo

A diferencia de los materiales isotrópicos convencionales, los materiales compuestos presentan una serie de diferencias destacables.

De la combinación de matriz-refuerzo, es este último el que le otorga las principales propiedades mecánicas al nuevo material. De hecho, las fibras de refuerzo ya constituyen por sí solas el elemento resistente del material. Sin embargo, aisladamente, su eficiencia no es la óptima. Es necesario entonces combinarlas con una matriz que las proteja de factores externos y con algún tipo de esfuerzo en particular.

La orientación de las fibras de refuerzo es sumamente importante. Si analizamos primero una probeta constituida por refuerzos unidireccionales y sometida a tracción en el sentido de las fibras de refuerzo, podemos observar que la resistencia de la matriz a la tracción adquiere en el material compuesto valores más elevados que aisladamente. Sin embargo, la resistencia de las fibras de refuerzo se ve ligeramente disminuida.

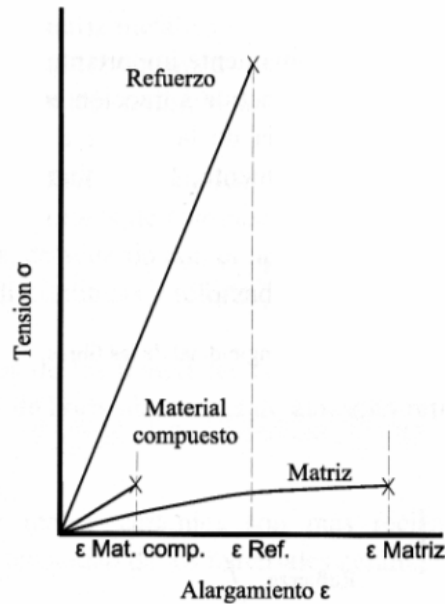
Solicitación longitudinal de las fibras



En el caso que analizáramos otra probeta, constituida por la misma matriz y los mismos materiales de refuerzo, pero en la cual se hubiese cambiado el sentido de orientación de las fibras de refuerzos, ahora trabajando transversalmente al esfuerzo original de tracción, veríamos claramente que los valores de resistencia del nuevo material son inferiores al de cada uno de sus componentes predecesores analizados aisladamente.

De esta diferencia de comportamiento mecánico tan destacable respecto de los materiales isotrópicos, podemos concluir que los materiales compuestos pueden mejorar las propiedades predecesoras de sus materiales constituyentes, siempre que se empleen de forma adecuada, es decir, conociendo de antemano los esfuerzos a los cuales estarán sometidos.

Solicitud transversal de las fibras



En antagonismo a los materiales isotrópicos convencionales, como el acero o el aluminio, con los materiales compuestos se pueden diseñar las características que tendrá el nuevo material anisotrópico, dando lugar así a una auténtica "selección a la carta" de las características finales del mismo.

Esto se traduce en un cambio en la forma de plantear estructuras, una forma totalmente nueva que permite una mayor libertad de diseño de las mismas.

6.2. MATRICES PARA MATERIALES COMPUESTOS

Existen materiales compuestos de matrices metálicas, de matrices cerámicas y de matrices poliméricas.

De acuerdo con esta clasificación basada en las matrices, podemos encontrar en cada grupo numerosos materiales que puedan ser utilizados como elemento aglutinante.

Sin embargo, este estudio se dirigirá fundamentalmente al grupo de materiales compuestos de matriz **polimérica**, por ser el más ampliamente utilizado en la industria en general.

6.2.1. Los polímeros

La palabra *polímero* proviene etimológicamente del griego y significa "muchos miembros o partes". Químicamente se define como un material constituido por grandes moléculas, las cuales se forman por la secuencia repetitiva de moléculas pequeñas o agrupaciones de átomos simples, enlazadas unas a otras por enlaces primarios (usualmente del tipo covalentes simples). Estas unidades estructurales sencillas (moléculas pequeñas) que dan origen a los polímeros reciben el nombre de *monómeros*, *mono*=uno; *meros*=parte).

6.2.2. Origen

Los precedentes de los monómeros se encuentran en el carbono, presente en diferentes materiales naturales, pero debido a su elevado coste de obtención y producción, sólo es rentable su extracción desde el petróleo, carbón y gas natural.

Es posible obtener diferentes polímeros partiendo del mismo monómero mediante procesos de síntesis, modificando los procesos de producción, o a través de mezclas entre las sustancias origen.

6.2.3. Procedimientos de síntesis de polímeros

El concepto *síntesis* proviene del griego y significa reunir. Químicamente se define como la formación de compuestos químicos a partir de sus elementos o de otras sustancias químicas sencillas. Esta reacción química de síntesis, por la cual se obtienen los polímeros, se denomina *polimerización*.

El requerimiento básico para polimerizar una molécula es que cada molécula de monómero debe ser capaz de enlazarse a otras dos o más moléculas de monómero por reacciones químicas. Comienzan con moléculas pequeñas, que luego se van uniendo entre sí para formar moléculas gigantes. Existe una gran diversidad de sustancias de naturaleza orgánica que cumplen con este requisito, dando lugar a diferentes sistemas de clasificación de estas reacciones de polimerización:

a) Sistema adición-condensación (Carothers)

- *Polimerización por adición*: si la molécula entera de monómero pasa a formar parte del polímero; este tipo de polimerización no genera subproductos.
- *Polimerización por condensación*: si parte de la molécula de monómero se pierde cuando el monómero pasa a formar parte del polímero; este tipo de polimerización genera subproductos.

b) Sistema crecimiento de cadena-crecimiento en etapas

- *Polimerización por crecimiento de cadenas*: los monómeros pasan a formar parte del polímero de a uno por vez.
- *Polimerización por crecimiento en etapas*: en una reacción por crecimiento en etapas, las cadenas en crecimiento pueden reaccionar entre sí para formar cadenas aún más largas. Esto es aplicable a cadenas de todos los tamaños. Existen dos tipos de polimerización por etapas: policondensación y poliadiciones.

6.2.4. Clasificación de los polímeros

Así como la palabra *metal* designa diferentes tipos de materiales, la palabra *polímero* debe considerarse como un concepto amplio, en el que caben un buen número de materiales. Dentro de este numeroso grupo de materiales, podemos hacer diferentes clasificaciones, atendiendo siempre a diversos criterios.

Una primera clasificación podría establecerse según el origen del polímero, de la siguiente manera:

- a) polímeros naturales
- b) polímeros sintéticos

Como polímeros naturales podemos mencionar la lana, la seda, la celulosa, el caucho natural, etc.; como polímeros sintéticos, los plásticos, el caucho sintético, las pinturas y recubrimientos, los adhesivos, los pegamentos, los materiales textiles sintéticos, las resinas endurecibles, etc.

Sin embargo, la clasificación más aceptada se basa en el comportamiento térmico del polímero, es decir, en la termodependencia de sus propiedades (comportamiento y procesabilidad); así, tenemos:

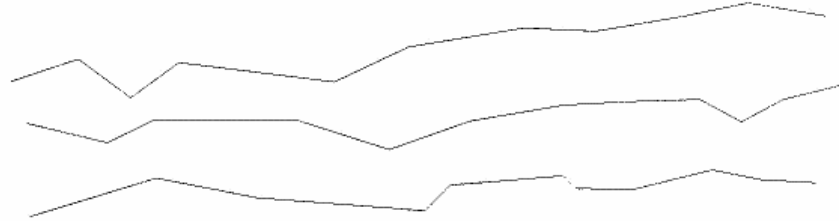
- a) termoplásticos
- b) elastómeros
- c) termoestables

6.2.4.1. Termoplásticos

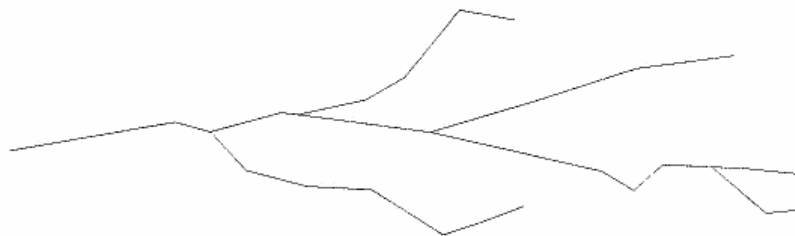
Los termoplásticos son polímeros que al calentarse a determinadas temperaturas se convierten en fluidos, permitiendo su moldeabilidad en la forma deseada, que quedará preservada al enfriarse. Constituyen el grupo más importante y de mayor uso comercial de polímeros sintéticos.

Su arquitectura molecular o estructura puede ser lineal o ramificada, lo que le facilita fluir con aportación de calor.

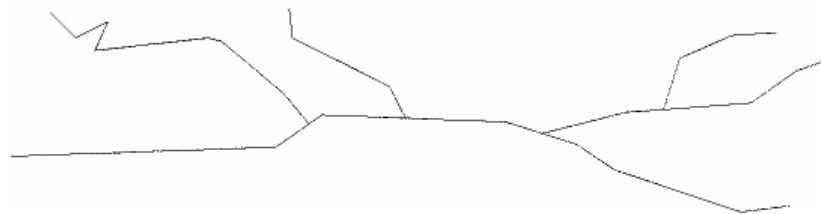
Como ejemplos podríamos citar polietilenos, polipropilenos, policloruro de vinilo, poliamidas, policarbonatos, poliuretanos, etc.



Cadenas lineales



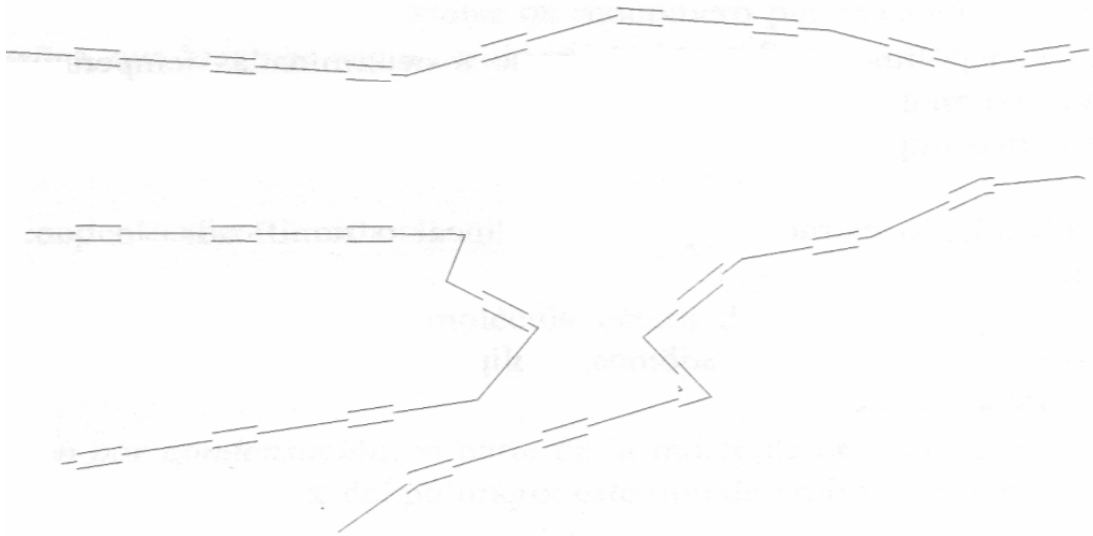
Cadenas ramificadas



6.2.4.2. Elastómeros

Los elastómeros son polímeros que poseen cadenas con mucha libertad de movimiento molecular (flexibilidad). Presentan dobles enlaces a lo largo de la cadena, pero reticulados en menor extensión. Debido a ello presentan un estado gomoeelástico a temperatura ambiente. Son infusibles e insolubles, pero hinchables.

Como ejemplos podemos citar el caucho natural y el sintético, el caucho nitrilo, el caucho estireno-butadieno, el polibutadieno, etc.



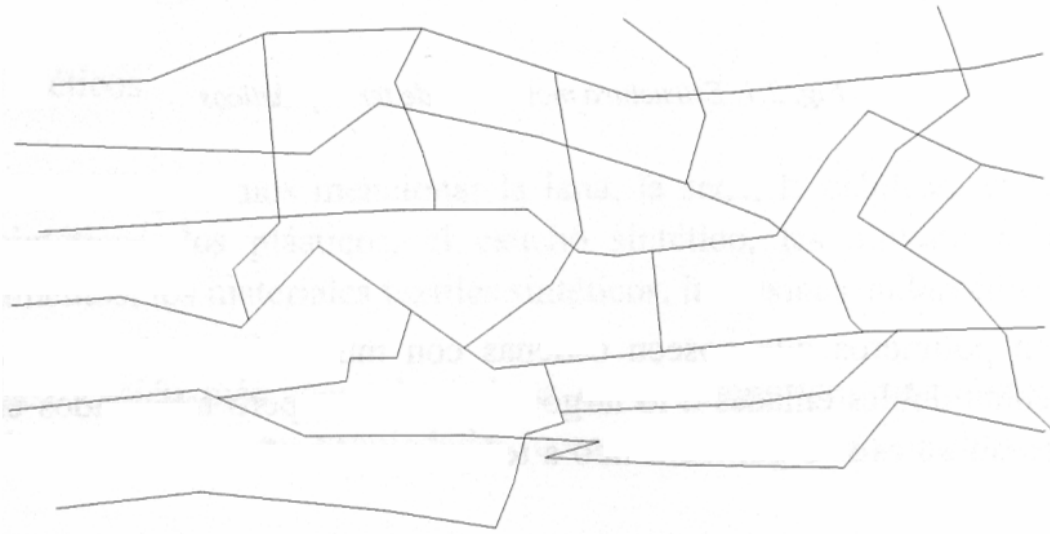
Estructura molecular de elastómeros. Presentan dobles enlaces a lo largo de la cadena

6.2.4.3. Termoestables

Los termoestables son polímeros que no pueden fluir por efecto de la temperatura para ser remodelados. Molecularmente hablando son polímeros entrecruzados. Tienden a ser resinas de mucha rigidez, y someterlos a temperatura elevada promueve la descomposición química del polímero (carbonización). A temperatura ambiente son duros y frágiles.

Como ejemplos de polímeros termoestables podemos citar las resinas poliéster, las resinas viniléster, las *epoxi*, las fenólicas, las resinas urea-formaldehído, etc.

Para mejorar las características mecánicas de las resinas termoestables, se las suele asociar con diferentes tipos de materiales de refuerzo, como por ejemplo la fibra de vidrio, dando lugar entonces a un material compuesto. Este nuevo material poseerá unas características diferentes de las de sus materiales de origen.



Estructura molecular de termoestables. Cada intersección representa un punto de entrecruzamiento entre cadenas poliméricas

6.2.5. Funciones de la matriz polimérica en el material compuesto

Las matrices constituyen, junto con los elementos de refuerzo, los dos elementos básicos e indispensables del material compuesto. Entre las funciones principales que cumplen las matrices, podemos destacar las siguientes:

- a) Transmiten los esfuerzos a las fibras de refuerzo a través de la interfaz (frontera entre fibra y matriz).
- b) Protegen a las fibras de los esfuerzos de compresión.
- c) Unen las diferentes fibras de refuerzo por medio de fuerzas adhesivas.
- d) Aseguran a las fibras de refuerzo de acuerdo con el orden preestablecido.
- e) Resguardan a las fibras de los ataques externos como humedad, ataque químico, etc.

6.2.6. Matrices termoestables

El estado inicial de los termoestables es un líquido viscoso, que por efecto de una reacción de endurecimiento pasa por un estado de gel y se transforma finalmente en un sólido. Según el grado de esta reticulación se definen la fragilidad y resistencia a la temperatura del producto final. A mayor grado, más resistencia térmica, mayor fragilidad y, en contrapartida, menor capacidad de absorción de energía, menor alargamiento a la rotura, y menor resistencia química. Es necesario entonces, alcanzar soluciones de compromiso entre ductilidad y resistencia térmica.

A temperatura ambiente estas moléculas altamente reticuladas son duras y rígidas, pero al mismo tiempo frágiles, y tienden a reblandecerse mucho menos que los termoplásticos por la acción del calor.

Entre las principales ventajas comunes a todos los termoestables podemos mencionar:

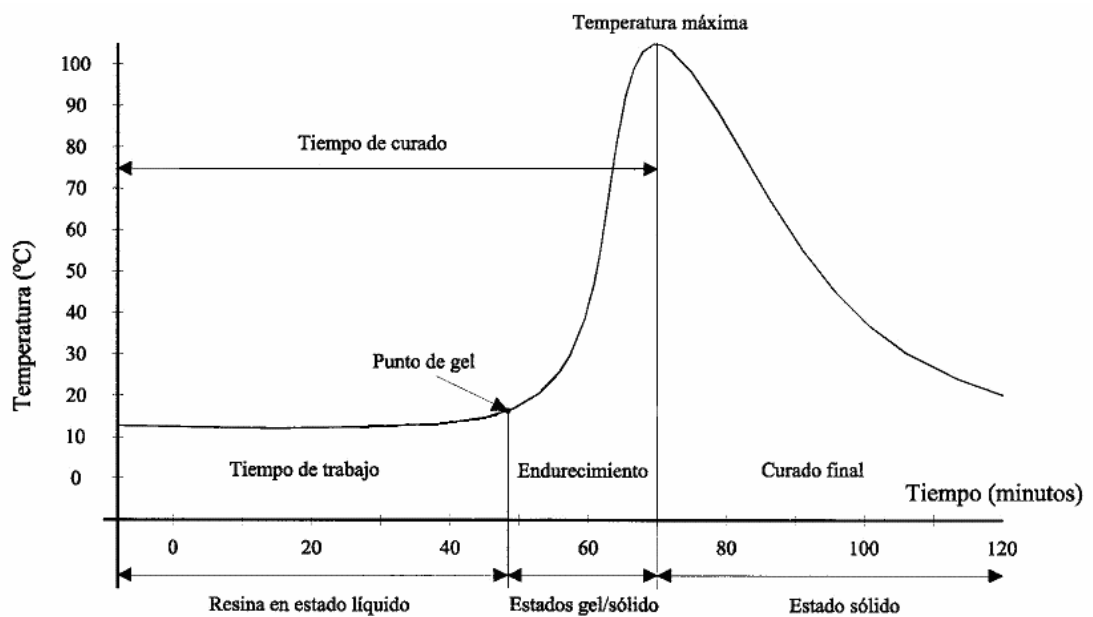
- a) alta rigidez
- b) bajo peso
- c) alta estabilidad dimensional
- d) alta estabilidad térmica
- e) resistencia a la fluencia y a la deformación bajo carga
- f) buenas propiedades como aislante térmico y eléctrico

6.2.6.1. Proceso de curado de las resinas

Se denomina *curado* al proceso por el cual la resina se transforma de un estado líquido a un estado sólido.

Para que este cambio de estados se produzca, es necesario adicionarle a la resina diferentes sustancias, como el catalizador y el acelerador (conocido también como activador). Desde el instante en el cual se produce la mezcla de los mismos, podemos decir que el proceso de

endurecimiento ha comenzado. En la primera parte de la siguiente figura podemos observar que no existe un incremento notable de la temperatura de la mezcla, aunque la misma comienza a aumentar su viscosidad, hasta el punto en que se transforma en un gel que imposibilita seguir impregnando los refuerzos: este punto se conoce como *punto de gel*, y determina los límites del tiempo de trabajo de la resina. En general, es el punto que indican los fabricantes en sus especificaciones, para unas condiciones determinadas, dependiendo de algunas variables como el porcentaje de catalizador, la temperatura ambiente y el espesor del laminado.



Curva exotérmica característica de una resina

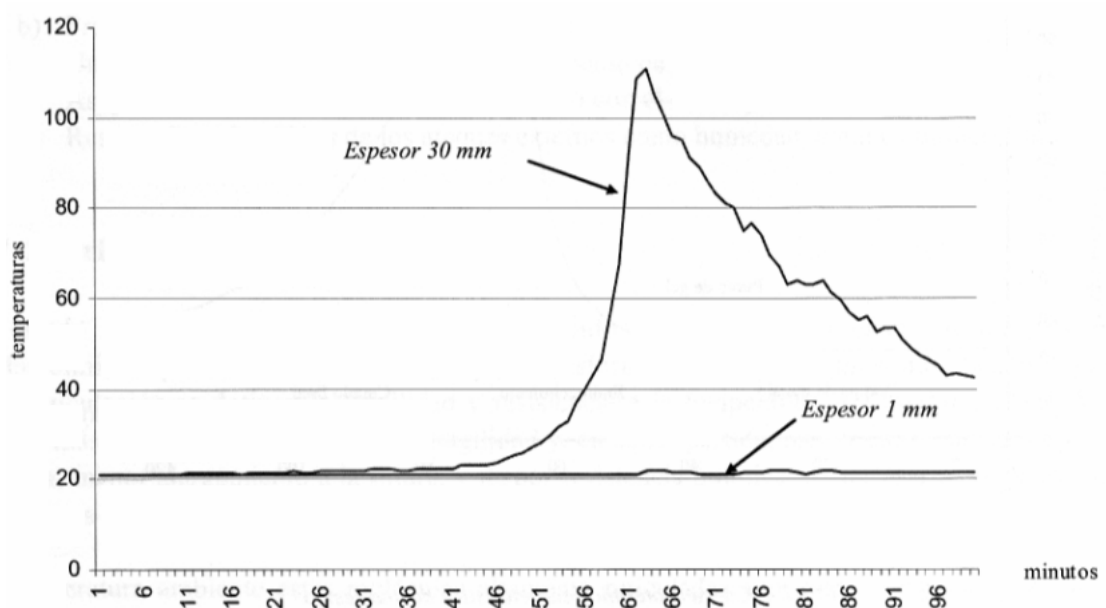
A partir del punto de gel, comienza la fase de endurecimiento de la resina; la reacción que se produce durante el entrecruzamiento de moléculas genera calor de forma exotérmica, razón por la cual se produce un acusado aumento de temperatura de la mezcla. El tiempo que dura esta etapa y la temperatura máxima que alcanza la mezcla están en función también del porcentaje de catalizador-activador, de la temperatura ambiente y, de una manera muy importante, del espesor del laminado. Como referencia, en las resinas de poliéster y viniléster, esta temperatura puede sobrepasar los 150°C.

Una vez alcanzada la temperatura máxima, ésta comienza a descender lentamente, hasta alcanzar nuevamente el laminado la

temperatura ambiente. La reacción química aminora. Se conoce esta etapa como de *curado final*, y la resina presenta ya un estado completamente sólido. Este curado final puede acelerarse mediante la adición de temperatura al laminado una vez que haya superado el pico exotérmico, conociéndose el proceso como de *postcurado*. La duración e intensidad dependerá de las características técnicas de la resina.

No obstante, el curado también puede realizarse a temperatura ambiente, proceso que se conoce como *maduración del laminado*. El mismo tendrá mayor o menor brevedad dependiendo de las propiedades de la resina utilizada en el mismo, pero como valor de aproximación, una resina poliéster necesita de al menos entre 24 y 48 horas a 20°C para alcanzar un grado de curado del 90%, hecho que permitiría extraer la pieza del molde. Es cuando la resina adquiere una buena parte de sus características mecánicas y químicas. Sin embargo, el curado total (100%) se producirá a lo largo de varias semanas o meses.

Siempre es conveniente laminar espesores reducidos para evitar elevados picos exotérmicos. La mala conductividad térmica de las resinas no ayuda a disipar este calor generado por la reacción química, y estos excesos de temperatura pueden perjudicar la pieza y los moldes. Si observamos la siguiente figura podemos ver el diferente efecto que produce sobre una muestra de resina este cambio de espesores.



Comparativa de curvas exotérmicas en función del espesor del laminado.
Probeta de resina de poliéster catalizada al 2%

Esta es la razón fundamental por la cual los laminados son realizados en varias etapas; de esta manera, la superficie expuesta permite disipar el calor producido por la reacción exotérmica, evitando marcas, grietas y decoloraciones en la pieza.

Los factores que intervienen durante el curado son:

- a) tipo de resina
- b) temperatura del ambiente de trabajo (ideal 17-22°C)
- c) naturaleza y cantidad de catalizador y acelerador
- d) espesor del laminado
- e) procesos de curado o postcurado
- f) humedad relativa ambiente
- g) presencia o ausencia de cargas
- h) luz solar

6.2.6.2. Clasificación de resinas

- a) Resinas de poliéster
- b) Resinas de viniléster
- c) Resinas *epoxi*
- d) Resinas fenólicas
- e) Resinas bismaleimida
- f) Resinas poliimida
- g) Esteres de cianato
- h) Polieteramida

- **Resinas de poliéster**

Son las resinas más utilizadas a escala mundial, ocupan un sitio destacado con más del 90% del volumen de consumo entre las matrices termoestables. Su coste es el más reducido entre todas las matrices termoestables.

- **Formulación**

Las resinas de poliéster se producen a partir de reacciones de policondensación entre dos monómeros: ácido dicarboxílico (el más utilizado es el anhídrido maleico) y diol; de estos dos monómeros, uno al menos debe contener una insaturación. El polímero resultante se disuelve en un medio reactivo, para disminuir la viscosidad de la resina y facilitar la procesabilidad (impregnación). Este medio reactivo suele ser en general el estireno que, al contener un grupo insaturado susceptible de reaccionar con la insaturación de la resina poliéster, será el medio promotor de la estructura reticulada rígida una vez iniciada la reacción de endurecimiento. El porcentaje de estireno presente en el producto final oscila entre 40-45%.

Las resinas de poliéster son cuerpos inestables que tienen tendencia a polimerizar y gelificarse, por ello, para el suministro se estabilizan con inhibidores (hidroquinona).

- **Propiedades**

Es casi imposible definir las propiedades genéricas de las resinas de poliéster, debido a la gran variedad existente y a que cada una es formulada para unos requerimientos específicos y con unos constituyentes particulares. En líneas generales presentan baja temperatura de transición vítrea, y su resistencia y rigidez no son muy elevadas. Durante el endurecimiento tienden a contraerse (entre el 6 y el 10%), siendo este uno de sus puntos débiles. La viscosidad a temperatura ambiente, para resinas de laminados manuales, ronda los 300 cPs, aunque existen resinas específicas, como las de infusión, en las cuales la viscosidad se establece en torno a 100 cPs.

- **Tipos de resinas de poliéster**

Dependiendo del tipo de alcoholes y ácidos de los que se parta,

se obtienen diferentes tipos de resinas de poliéster; según la naturaleza de sus monómeros constituyentes, se dividen en ortoftálicas, isoftálicas, bisfenólicas y otros tipos. Las más utilizadas son:

- *Ortoftálicas*: constituyen las más frecuentes y las de menor coste entre las resinas de poliéster. Son combinación de anhídrido maleico y anhídrido ftálico con glicoles. Absorben hasta un 2.5% de agua en inmersiones prolongadas. De utilización general.
- *Isoftálicas*: tienen mejores propiedades mecánicas que las ortoftálicas, y mejor resistencia en ambientes marinos (menor absorción). Se sustituye el anhídrido itálico por ácidos isoftálicos, aumentando de esta manera la resistencia al agua.
- *Isoftálica NPG*: se sustituye el propilen glicol por neopentil glicol, mejorando la resistencia química de la resina isoftálica.
- *Bisfenólicas*: tienen mejores propiedades mecánicas y químicas que las resinas ortoftálicas e isoftálicas, aunque un elevado coste. Son las resinas más idóneas entre las poliéster para medios corrosivos.
- Proceso de curado

El proceso en el cual la resina pasa de un estado líquido a un estado sólido se denomina curado. Este cambio de estado no se produce por si solo, o si se produce, se realiza con mucha dificultad (en procesos complejos de aplicación de calor o de exposición a la radiación).

Para facilitar la reacción de polimerización y el consecuente cambio de estado de la resina a temperatura ambiente, es necesario añadir a la misma en el momento de su utilización unas sustancias denominadas *iniciador* (o también catalizador) y *activador* (o acelerador), en los porcentajes indicados por el fabricante de la resina.

El catalizador produce radicales libres que provocan el inicio de la reacción, y está basado, por lo general, en peróxidos orgánicos, que se añaden a las resinas en formas de líquidos en porcentajes del peso de la misma, y que varían entre el 1 y el 3%.

Los peróxidos se seleccionan en función de la temperatura de curado

de la resina y de la exotermia de la reacción y, asociados al acelerador, determinan los tiempos de trabajo (tiempo de gel) y endurecimiento del sistema.

El acelerador se selecciona en función del catalizador. En los procesos de curado a temperatura ambiente, el acelerador suele ser una pequeña cantidad de sales de cobalto orgánicas, que se adicionan a la resina en estado líquido previamente a la incorporación del catalizador.

Dado que los porcentajes de acelerador requeridos son mínimos (entre el 0,1 y el 0,3%), por lo general los adiciona el fabricante de la resina, y ésta pasa a denominarse resina *preacelerada*. La otra razón de este proceder es evitar accidentes ocasionados por la mezcla directa del catalizador y el acelerador. Si esto ocurre, tiene lugar una fuerte reacción exotérmica que se manifiesta normalmente en forma de explosión.

La siguiente tabla expresa los sistemas catalíticos más frecuentes para resinas de poliéster curadas a temperatura ambiente.

Catalizador	Acelerador	Tiempo de gel	Tiempo de endurecimiento
Peróxido de benzoilo	Dimetil-Anilina	Largo	De medio a rápido
Peróxido de benzoilo	Dietil-Anilina	Largo	Largo
Peróxido de benzoilo	Dimetil-p. toluidina	Largo	Muy largo
Peróxido de metiletilcetona	Naftalato de cobalto	Corto	Lento
Peróxido de acetilacetona	Naftalato de cobalto	Medio	Rápido
Peróxido de ciclohexanona	Naftalato de cobalto	Medio	Progresivo

Sistemas catalíticos para resinas de poliéster

Los porcentajes de catalizador son variables dentro de unos límites mínimo y máximo. Un índice por debajo del aconsejado (generalmente 1%) provoca una reacción incompleta, y aunque a simple vista la resina endurezca, no existen suficientes radicales libres

para completar el curado, derivando en una resina que no alcanzará sus propiedades teóricas.

En el sentido contrario, si excedemos los porcentajes de catalizador en demasía, se producirá una masa de resina que tenderá a aumentar su propia temperatura y pico exotérmico, hecho que provoca la evaporación del monómero reactivo.

Los tiempos de curado de las resinas a temperatura ambiente se pueden controlar desde las siguientes variables, pero respetando siempre las especificaciones del fabricante:

- a) cantidad de acelerador
- b) cantidad de catalizador
- c) temperatura del local de trabajo

La temperatura de trabajo ideal se sitúa entre 17° y 22°C, buenos resultados se obtienen también entre 15° y 25 ° C, y nunca debe laminarse por debajo de 10°C o por encima de 30°C .

La presencia de inhibidores en las resinas obedece a las siguientes causas:

- a) Conservan la resina; las resinas en estado líquido son inestables, y tienen tendencia a polimerizar o gelificarse si no cuentan con la presencia de algún tipo de inhibidor.
- b) Controlan la reacción exotérmica limitando el aumento de temperatura.
- c) Retardan la polimerización de la resina catalizada, brindando más tiempo de trabajo.
- d) Regularizan la fabricación de la resina evitando que se complique la reacción de policondensación.

Las resinas deben conservarse en su recipiente original, cerradas para evitar la evaporación, y en sitios oscuros, para evitar la acción de la luz y la temperatura.

- **Resinas de viniléster**

Las resinas de viniléster fueron desarrolladas originariamente para la fabricación de materiales compuestos resistentes a los ataques de agentes químicos. Esta buena resistencia es debida a los pocos grupos de éster que contiene su cadena comparado con otras resinas, siendo estos grupos los más susceptibles de ser atacados por dichos agentes. Podríamos definir las resinas viniléster como resinas intermedias entre las resinas *epoxies* y las resinas poliéster. Heredan de las primeras sus buenas propiedades físico-químicas con ciclos de curado similares a las de poliéster, es decir, relativamente cortos.

Las resinas de viniléster son el resultado de una reacción de poliadición de una resina *epoxi* sobre un ácido insaturado acrílico o metacrílico, que proporciona una insaturación en su cadena. De una manera análoga a las resinas de poliéster, el material extraído de esta reacción se disuelve en estireno para reducir su viscosidad y facilitar su empleo en procesos posteriores. Esta disolución ronda entre el 30-40% de monómero reactivo. Los monómeros de molécula simple presentes permiten un endurecimiento a través de una polimerización de radicales. Esto se lleva a cabo con los mismos peróxidos que se emplean con las resinas de poliéster.

Las resinas de viniléster poseen mejores propiedades mecánicas, químicas y térmicas que las de poliéster; poseen un alto grado de resiliencia, buena resistencia a la fatiga y la contracción durante el curado es bastante menor que la de las resinas de poliéster (1%). El hecho de que contengan menor porcentaje de disolvente las hace propicias para aquellos procesos que requieran una reducción sustancial de las concentraciones de estireno en el ambiente.

Las viscosidades son similares a las de las resinas de poliéster, lo que facilita la impregnación y manipulación durante el moldeo. Presentan también buena adhesión sobre las fibras de refuerzo y buena resistencia al fuego, aunque no son autoextinguibles (esta propiedad puede obtenerse por modificaciones).

Su precio es aproximadamente de 1,5 a 2 veces el precio de las resinas de poliéster, siendo esta su principal desventaja.

- **Resinas de baja emisión de estireno**

Uno de los problemas derivados de la utilización de resinas que contienen monómero de estireno como diluyente son las altas emisiones que se producen en el ambiente de trabajo, especialmente si los locales son de reducidas dimensiones.

Para reducir tales emanaciones, la industria y los fabricantes de resinas han desarrollado diferentes soluciones alternativas: a) disminuir o suplantarse el monómero de estireno por otro menos volátil (solución por lo general bastante costosa); b) modificar los procesos de conformado del material compuesto (por ejemplo mediante métodos de molde cerrado como la infusión); c) adaptar las instalaciones a la normativa mediante costosos equipos de filtrado y purificación; o bien, d) utilizar resinas con aditivos que reduzcan las emisiones.

Las resinas de baja emisión de estireno LSE (*low styrene emission*) contienen un aditivo en pequeñas cantidades, que es generalmente cera o parafina. La parafina es poco soluble en la resina. Una vez realizado el laminado y cuando se ha evaporado cierta cantidad del monómero, la parafina se separa y crea una delgada película sobre el laminado, impidiendo que el estireno restante emane al ambiente.

Es importante destacar que la reducción de las emisiones ocurre sólo durante la fase estática del ciclo de curado, es decir, una vez que la resina se encuentra en estado sólido.

Como principal inconveniente, las resinas LSE presentan una baja adhesión interlaminar fruto de esa delgada película de parafina presente en la superficie. Para mejorar los laminados secundarios, es necesario mecanizar (lijar) la superficie antes de realizar el laminado siguiente. Esto deriva en que este tipo de resinas sean ideales de utilizar en piezas en las cuales se pueda realizar todo el laminado de una sola vez, evitando así tener que lijar las superficies entre laminados.

- **Resinas *epoxi***

Las resinas *epoxi* son las resinas más utilizadas en los materiales compuestos de alta calidad, fundamentalmente porque poseen mejores propiedades físicas y mecánicas que las resinas de poliéster y de viniléster. Si sumamos a esto a su buena capacidad de adhesión sobre una gran cantidad de materiales de refuerzo, se obtienen como resultado laminados con un elevado contenido de fibra.

Su formulación se basa en los epóxidos (generalmente bisfenol A) que curan por las reacciones de poliadición al reaccionar con agentes de curado (iniciadores) polifuncionales como fenoles, aminas o poliácidos. La reacción se controla mediante el uso de catalizadores y aceleradores. Las resinas *epoxi* son una compleja mezcla de resinas, agentes de curado, aceleradores, catalizadores, modificadores termoplásticos y otros aditivos.

Las características finales de la resina dependerán del tipo de epóxido y del agente de reticulación (resistencia térmica, modo de endurecimiento y ductilidad).

El proceso de curado es similar al de las resinas de poliéster y viniléster. La adición del endurecedor debe hacerse según las recomendaciones del fabricante, y los porcentajes del mismo, por lo general, suelen ser fijos (a diferencia de las resinas de poliéster y viniléster, en las cuales había un margen de acción). Una falta de endurecedor provocará una reacción incompleta, y una adición en exceso provocará una reacción diferente, con la modificación del peso molecular de la resina, y por lo tanto, unas propiedades finales inferiores.

Para que la mayoría de las resinas *epoxi* curen completamente es necesario la aportación de calor externo, a través de un proceso de curado o postcurado. Si se desea obtener buenas propiedades a temperatura ambiente, deben utilizarse agentes catalíticos específicos a tal fin.

Poseen las mejores propiedades mecánicas, una mayor resistencia térmica y una buena resistencia a la abrasión; baja contracción durante el curado (0-1%), buenas propiedades eléctricas y térmicas, y buena resistencia al ataque de agentes químicos. Las propiedades mecánicas

pueden modificarse por adición de sustancias inertes. Y la contracción puede anularse mediante aditivos o con una adecuada combinación con la fibra de refuerzo. También se pueden conseguir elongaciones superiores a las del poliéster mediante la utilización de aditivos. Poseen una baja absorción de agua, que las hace idóneas para estructuras marinas. Su principal inconveniente es su elevado coste.

La viscosidad de las resinas *epoxi* es muy elevada, hecho que dificulta su aplicación y procesado. Se pueden utilizar diluyentes, pero siempre siguiendo la recomendación del fabricante.

La variedad de resinas *epoxi* presentes en el mercado es muy amplia, y su elección se fundamenta en el tipo de propiedades finales deseadas, la técnica de procesado y el tipo de aplicación. Estas variedades se obtienen por diferentes combinaciones de los endurecedores (determinado por el fabricante y para cada resina en particular), derivando así en tiempos de gel y propiedades finales particulares.

Su utilización es frecuente en estructuras que requieran máxima resistencia con el mínimo de peso. También se utilizan en aplicaciones aeroespaciales, eléctricas, electrónicas, en herramientas, equipos químicos, depósitos y tanques de almacenamiento, adhesivos, tuberías, etc.

- **Resinas fenólicas**

Las resinas fenólicas encuentran su principal campo de aplicación en los sectores que requieran un buen comportamiento frente al fuego y las altas temperaturas. De ahí que su uso sea preferente en interiores de medios de transporte colectivos como aviones o trenes. Fueron las primeras resinas utilizadas para la conformación de materiales compuestos.

Las resinas fenólicas son el resultado de una reacción de *condensación* entre un grupo fenólico (generalmente cresoles, p-fenilfenol y octilfenol) con formaldehído. La polimerización por condensación genera como producto residual agua, que debe ser suprimida para evitar fallos posteriores, durante la etapa de moldeo. Para curar las resinas fenólicas se requiere de calor y presión. Una vez curadas, se presentan como un

producto duro, insoluble e infusible.

Mediante la adición de cargas y refuerzos, se obtienen resinas con propiedades específicas.

Existen fundamentalmente dos tipos de resinas fenólicas: las novalacas y las resoles; y se clasifican según la presentación como materia prima (polvos de moldeo, resinas líquidas, resinas en solución) o según la técnica de moldeo (moldeo a baja, media y alta presión).

Entre sus principales propiedades podemos destacar la elevada resistencia a la temperatura, buena resistencia al fuego, resistencia a la abrasión, excelentes características eléctricas, buena resistencia a agentes químicos, estabilidad dimensional, buena adhesión a otras matrices termoestables y resistencia al choque.

La utilización de las resinas fenólicas se centra en aquellos apartados que, como mencionamos anteriormente, requieren un comportamiento facultativo frente al fuego y las altas temperaturas.

- **Otras resinas**

Dentro de este último grupo he querido introducir todas aquellas resinas que se utilizan para la confección de materiales compuestos, pero que generalmente no son de las más utilizadas en la industria naval.

- *Resinas bismaleimidadas*: excelente resistencia a altas temperaturas (entre 275° y 300° C). Dificultad de proceso. Aplicaciones en el campo de la defensa.
- *Resinas poliimidadas*: excelente resistencia a altas temperaturas (hasta 250 °C). Elevada absorción de agua. Dificultad para procesar (moldeo a 300 °C y postcurado a 400 °C). Aplicación es en el campo de la defensa.
- *Resinas esteres cianato*: elevada resistencia, dureza y propiedades eléctricas; baja absorción de humedad, buena estabilidad dimensional. Principales aplicaciones en el campo de la defensa y

eléctrico.

- *Resinas polieteramidas*: competidoras de las resinas *epoxi*, bismaleimidadas y poliimidadas. Excelente resistencia a altas temperaturas. Principales aplicaciones en el campo de la defensa, eléctrico y de la automoción.

6.2.7. Cargas y aditivos

Las cargas y los aditivos son una serie de productos que pueden ser añadidos a las resinas con la finalidad de aportarles características particulares. Estas sustancias pueden proporcionar mejoras al proceso de moldeo o mejoras a la pieza acabada. Entre sus principales aportaciones podemos mencionar las siguientes:

- a) Reducir los costes de la materia prima
- b) Disminuir el peso de la pieza
- c) Controlar la viscosidad de la resina durante el proceso de moldeo
- d) Reducir la contracción de la matriz
- e) Modificar las propiedades Teológicas
- f) Aumentar la rigidez
- g) Mejorar el acabado superficial, dejando superficies más lisas

6.2.7.1. Cargas

Existen fundamentalmente dos tipos de cargas: a) reforzantes y b) no reforzantes.

Las cargas reforzantes, debido a su particular geometría, reparten regularmente los esfuerzos en la pieza moldeada, evitando que se produzcan concentraciones de tensiones, y pueden ayudar a la reducción del peso final de la pieza. Las más utilizadas son las microesferas de vidrio.

Éstas, al no tener una influencia significativa sobre la viscosidad de la resina, se suelen utilizar en porcentajes elevados. Dentro de este grupo podemos distinguir las microesferas huecas y las microesferas macizas. Los diámetros oscilan, por lo general, entre 10 y 150 micras. La integración en el compuesto se puede mejorar si a las microesferas se les realiza un ensimaje previo.

Las cargas no reforzantes se añaden para conseguir una disminución del coste del material compuesto, sin sacrificar las propiedades finales de la pieza. Por lo general son de origen mineral, entre las cuales destacamos los carbonates, los silicatos y los sílices. (Carbonato de calcio, silicato de magnesio hidratado y cristalina son los más utilizados de cada clase).

También existen otras cargas no reforzantes que persiguen características particulares, como las cargas ignífugas y las cargas conductoras de calor o electricidad.

La incorporación de cargas debe hacerse de manera razonada y siguiendo las recomendaciones del fabricante de la resina, porque en general disminuyen sus propiedades físicas y mecánicas.

Con su incorporación en la matriz se aprecia una reducción de la resistencia a la tracción y a la flexión. En contrapartida, se produce un aumento de la densidad y viscosidad de la resina, y un aumento en la dureza, el módulo de elasticidad y en la estabilidad dimensional del laminado.

6.2.7.2. Aditivos

Los aditivos son una serie de productos que se añaden a las resinas para aumentar o mejorar sus cualidades, pero en porcentajes más bajos que las cargas. Son aditivos:

- *Los sistemas catalíticos:* productos necesarios para curar las resinas. Comprenden el inhibidor, el endurecedor, los estabilizantes térmicos y los antioxidantes.
- *Los lubricantes:* pueden ser internos o externos. Los lubricantes

internos modifican las fuerzas de cohesión intermolecular de la resina, provocando una disminución de la viscosidad y ayudando a la procesabilidad de la misma. Los lubricantes externos afloran a la superficie de la resina durante el proceso de moldeo y disminuyen la tendencia natural de éstas a adherirse al molde. A estos últimos se los conoce también con el nombre de *agentes de desmoldeo*.

- *Los agentes tixotrópicos:* se utilizan para evitar que las resinas se escurran en zonas verticales o con cierto grado de inclinación. El más utilizado es el polvo de sílice.
- *Los colorantes:* son sustancias solubles en disolventes orgánicos o agua. Poseen una baja resistencia química y térmica, por lo que se utilizan esporádicamente.
- *Las pastas colorantes:* son dispersiones de pigmentos en un soporte pastoso que se incorporan a las resinas a efectos de coloración. Se emplean porcentajes del 2% para colorear masas y entre 10 y 20% para colorear *gelcoats*.
- *Los pigmentos:* son sustancias sólidas de origen mineral u orgánico que se utilizan como colorante.
- *Los agentes antiultravioleta:* son aditivos que se utilizan para proteger al material compuesto de los efectos de la radiación ultravioleta.
- *Los agentes antirretracción:* se emplean en procesos de moldeo en caliente, y persiguen mejorar el aspecto de la superficie del material compuesto.
- *Las parafinas:* se añaden a las resinas o *gelcoats* que se utilizan en la última etapa del laminado, para favorecer su curado. Dosificación entre 2 y 3%.

6.2.8. Recubrimientos

6.2.8.1. El *gelcoat*

El *gelcoat* o gel de recubrimiento es la primera capa de resina que protege al laminado del ataque químico y medioambiental. Es la primera capa que se aplica sobre el molde y, una vez la pieza es extraída, constituye la superficie que estará en contacto con el exterior, actuando como barrera de desgaste de la misma.

La duración de la pieza estará íntimamente ligada a la calidad de esta barrera que es el *gelcoat*. El *gelcoat* oculta y protege las fibras de refuerzo del ataque de la humedad y del medio exterior, proporcionando una superficie más atractiva. También proporciona las propiedades estéticas de la pieza como color y brillo (puede ser de color o transparente), proporciona resistencia al calor, y brinda resistencia a la abrasión. Todo ello, con una total ausencia de porosidad superficial.

Los *gelcoats* son formulados a partir de resinas a las cuales se les añaden pigmentos y aditivos en suspensión. Se diferencian por colores, por sistema de curado y por viscosidad.

Clasificación de *gelcoats* de acuerdo con su finalidad:

- a) *Gelcoats para moldes*: poseen baja contracción y elevada flexibilidad. Son resistentes a la abrasión y al rayado superficial en proporción mayor que los *gelcoats* utilizados para piezas.
- b) *Gelcoats industriales*: son los más utilizados, poseen buenas propiedades mecánicas pero no son adecuados en aplicaciones que requieran protección química o medioambiental. Amplia variedad de colores.
- c) *Gelcoats para usos alimenticios*: son aquellos *gelcoats* aptos para permanecer en contacto con alimentos líquidos sin perjuicio alguno. No todos los pigmentos que se utilizan en los *gelcoats* estándares cumplen con estos requisitos.
- d) *Gelcoats resistentes a la abrasión*: para la fabricación de superficies expuestas a un elevado tránsito. Incorporan cargas

inorgánicas de elevada dureza.

- e) *Gelcoats isoftálicos*: se formulan a partir de resinas isoftálicas, resultando *gelcoats* muy resistentes al medio ambiente, humedad y agua marina; excelente flexibilidad y buen brillo. Son los adecuados para aplicaciones navales.
- f) *Gelcoats metalizados*: son *gelcoats* incoloros a los cuales se les adicionan pigmentos metalizados de grano fino.
- g) *Gelcoats sanitarios*: son *gelcoats* con elevada resistencia al agua caliente.
- h) *Gelcoats resistentes al fuego*: son *gelcoats* a los cuales se les adicionan cargas ignífugas a base de compuestos orgánicos que liberan agua de su molécula al arder.
- i) *Gelcoats específicos*: son todos los *gelcoats* que cumplen propiedades específicas, como resistencia química, *gelcoats* ignífugos, *gelcoats* de serigrafía, *gelcoats* de prensa, etc.

Clasificación de los *gelcoats* de acuerdo a su método de aplicación:

- a) *Gelcoats de brocha y rodillo*: poseen viscosidades entre 7.500 y 12.000 cPs; índice tixotrópico entre 3,5 y 4,5; buen poder cubriente.
- b) *Gelcoats de proyección*: poseen baja viscosidad, entre 3.000 y 3.500 cPs., obtenida por medio de un diluyente como monómero de estireno o acetona, lo que permite su aplicación con pistola de proyección o equipo de presión. índice tixotrópico entre 3,5 y 4,5.

Los espesores de aplicación recomendados para los *gelcoats* oscilan entre 0,25 y 0,4 mm para piezas, y entre 0,4 y 0,6 mm para moldes. Espesores menores no aseguran la protección y ocultamiento de las fibras, y espesores mayores pueden agrietarse cuando el laminado sea sometido a esfuerzos, fruto de la fragilidad de la película de *gelcoat*.

6.2.8.2. El *topcoat*

Cuando concluimos un laminado, la capa última de resina no tendrá un curado completo por encontrarse su superficie de interfase en contacto con la humedad presente en el aire. Dicha humedad actúa como un inhibidor. Para evitar este hecho, se debe aplicar sobre esta última capa algún recubrimiento que la preserve de la influencia de la humedad y le asegure un curado al completo.

El *topcoat* o último revestimiento es un producto similar al *gelcoat*, pero a diferencia de éste, contiene en su composición una pequeña cantidad de parafina.

Durante el proceso de curado, la parafina emigra hacia el exterior, conformando una delgada película que impide el contacto de la resina con la humedad ambiente. Así, el *topcoat* facilita y garantiza el curado de la última capa.

Los *topcoats* actúan también como compensadores del laminado, equilibrando en la cara rugosa la presencia del *gelcoat* en la cara buena. Sirven para presentar una superficie más decorativa, y protegen a las fibras del laminado del ataque de agentes externos.

En cuanto a su composición química, son resinas de base poliéster o viniléster a las cuales se les añaden pigmentos y aditivos en suspensión. Se presentan comercialmente en una amplia variedad de colores.

Cuando se desea realizar un laminado sobre una superficie pintada con *topcoat*, debe eliminarse esta película de parafina por medio de abrasivos, para garantizar así una buena adhesión al laminado base.

6.3. MATERIALES DE REFUERZO

6.3.1. Introducción

La combinación de una matriz polimérica con fibras de refuerzo da lugar a un nuevo material estructural denominado *material compuesto*. De los componentes presentes en el mismo, las fibras son las que aportan la resistencia y el buen comportamiento mecánico, traducidas en resistencia y rigidez.

Las fibras de refuerzo más utilizadas en la construcción naval son las fibras de vidrio, las fibras aramídicas (de *kevlar*) y las de carbono, ofrecidas en forma de diferentes ordenamientos planos como fieltros, sistemas mallados y sistemas no mallados.

Por ser una componente tan importante en la constitución del nuevo material, realizaremos un estudio detallado de los diversos tipos de materiales de refuerzo, así como de sus principales formas de presentación.

La división principal entre las fibras se establece de acuerdo con el origen de las mismas, pudiendo ser inorgánicas ó sintéticas.

6.3.2. Fibras inorgánicas

6.3.2.1. Fibra de vidrio

- **Introducción**

La fibra de vidrio era ya conocida por los egipcios, que la utilizaban para reforzar vasos y ánforas construidas de cerámica. Sin embargo, es recién a mediados de los años treinta, en los Estados Unidos, cuando se comienza a utilizar de forma experimental como material de refuerzo de matrices poliméricas. La utilización masiva en la construcción naval se produce a finales de los años cincuenta, cuando se produce una reducción de los costes de la materia prima y se desarrollan nuevos procesos de fabricación.

- **Composición química**

Las fibras de vidrio están constituidas fundamentalmente por sílice, que se combina con diferentes óxidos (alúmina, alcalinos y alcalinotérreos), que en función de sus respectivos porcentajes permiten modificar las características de la fibra resultante.

La elevada resistencia que poseen las fibras de vidrio es producida por los enlaces covalentes entre el silicio y los radicales de oxígeno. Los átomos integran una red tridimensional con estructura amorfa; es debido a esta razón que posean características isotópicas.

- **Procesos de obtención**

Las fibras de vidrio se obtienen por dos procesos diferentes: a) a partir de bolas; o b) por fusión directa.

En el primer caso se introduce la materia prima (se utiliza arena, caolín o dolomita) en un horno, y luego de someterla a varios procesos se obtienen como resultado unas bolas con un diámetro aproximado de 20 mm. Estas bolas resultantes son nuevamente introducidas en otro horno para posteriormente hilarlas. De cómo se realiza este hilado podemos diferenciar dos tipos de fibras:

- a) *Sillionne*: se obtienen por estirado mecánico, y da lugar a fibras continuas.
- b) *Verranne*: se obtienen por estirado por fluido, y da lugar a fibras discontinuas.

Las fibras continuas (*sillionne*) poseen mejores propiedades mecánicas que las discontinuas (*verranne*).

En el segundo caso, cuando se obtiene por el procedimiento de fusión directa o hilado bajo fusión, el vidrio fundido pasa por unos agujeros perfectamente dimensionados, distribuidos sobre una superficie de platino. Las fibras se obtienen estirando monofilamentos de vidrio muy delgados.

El comportamiento del vidrio en monofilamentos delgados es muy

diferente que el comportamiento del vidrio en masa: se torna flexible a medida que disminuimos su diámetro.

Para mejorar la formación de los hilos, su estirado, su enrollado y su posterior tejido, se procede a aplicar sobre las fibras una película química que facilita estas operaciones. Este proceso se conoce como *ensimaje*, y se realiza una vez los hilos se han enfriado.

Este agente de acoplamiento, generalmente del tipo silano, debe ser compatible con la matriz que se utilizará, ya que permite la adherencia de la resina al hilo, protege los filamentos durante la confección de estructuras textiles diversas (en la manipulación) y aglutina los monofilamentos constituyendo un hilo de base. Por lo general se disuelve el producto químico en agua y se aplica por pulverización.

Para que la fibra pueda ser utilizada, debe dársele una serie de formas que faciliten dicha tarea. Así, los cordones pueden dar lugar a hilos de fibra de vidrio (para estructuras textiles complejas) o a mechas (conjunto de haces de filamentos continuos, para fieltros continuos o discontinuos). Las características mecánicas de cada una de estas configuraciones vendrán gobernadas por la geometría final de la estructura textil. Una vez confeccionados los cordones, se deben secar para extraer el exceso de agua utilizada como disolvente durante el ensimaje.

- **Tipos de fibra de vidrio**

A (alcalino): posee buena resistencia al ataque de soluciones químicas y ácidas, producto de los elevados porcentajes de alcalinidad que contiene. Sin embargo, esos elevados porcentajes repercuten negativamente en su resistencia al agua. Ha sido suplantado por el vidrio E.

B (boro): excelentes propiedades eléctricas y gran durabilidad.

C (chemical): es un tipo de fibra con una elevada resistencia química. Se utiliza en estructuras que se ven sometidas a atmósferas muy agresivas. Propiedades mecánicas entre vidrio A y E. Aplicaciones en sectores químicos, alimenticios, etc.

D (dieléctrico): debido a sus altas propiedades dieléctricas (pérdidas eléctricas muy débiles) se utiliza para componentes electrónicos y de telecomunicaciones.

E (eléctrico): desarrollado principalmente para aplicaciones eléctricas, es el tipo de fibra de vidrio de coste más reducido. También se emplea en otras aplicaciones como en la construcción de barcos, y es la más utilizada en la fabricación de fibras continuas. Es básicamente un vidrio de borosilicato de calcio y aluminio con un contenido muy bajo o nulo de potasio y sodio. Posee una buena resistencia a la humedad.

R o S (resistance-francés- y strength-inglés-): es el tipo de fibra de mayor resistencia. Su principal terreno de aplicación se encuentra en los campos militar y aeroespacial. Relación resistencia/peso superior al vidrio E. Ofrece mayor resistencia a la tracción y a la fatiga.

- **Propiedades**

Entre las principales características de las fibras de vidrio podemos destacar:

- a) Excelente resistencia mecánica específica (resistencia a la tracción/densidad)
- b) Resistencia a la humedad (debe sin embargo evitarse la humedad antes de la laminación porque perjudica la unión con la resina)
- c) Resistencia al ataque de agentes químicos
- d) Buenas propiedades como aislante eléctrico
- e) Débil conductividad térmica
- f) Buena estabilidad dimensional
- g) Bajo alargamiento
- h) Propiedades isótropas (al contrario que las fibras de carbono y *kevlar*)
- i) Excelente adherencia a la matriz (utilizando recubrimientos)

apropiados para cada tipo de resina)

- j) Incombustibilidad
- k) Imputrescibilidad

La tabla siguiente exhibe valores teóricos de propiedades mecánicas de las fibras más usuales. Dichos valores corresponden a fibras recién confeccionadas. Sin embargo, tales propiedades pueden verse sustancialmente disminuidas producto de los procesos de transformación a los cuales son sometidas durante la fabricación de las diferentes estructuras textiles.

Tipo	Vidrio E	Vidrio R/S	Vidrio C
Resistencia a la tracción (GPa)	3,4-3,5	3,4-4,6	3,1
Módulo elástico (GPa)	72-73	85-87	71
Densidad (Kg/m ³)	2600	2500 - 2530	2450
Alargamiento a la rotura (%)	3,3-4,8	4,2 - 5,4	3,5
Resistencia específica (GPa x cm ³ /g)	1,3-1,35	1,7-1,85	1,3
Módulo E específico (GPa x cm ³ /g)	27,7-28,2	34-34,9	29
Chef. Transmisión térmica (10 ⁻⁶ /K)	5	4-5,1	7,2
Diámetro del filamento (μm)	8-20	10	20

Principales propiedades de la fibra de vidrio

6.3.2.2. Fibra de carbono

- **Introducción**

Aunque filamentos de carbono habían sido obtenidos ya en el siglo XIX, las fibras de carbono se desarrollaron de forma definitiva en Gran Bretaña en la década del sesenta, principalmente para las industrias aeronáutica y aeroespacial. Combinadas con matrices *epoxies*, resultan materiales compuestos que se caracterizan por poseer una elevada resistencia y un elevado módulo de elasticidad, siendo, sin embargo, un material sumamente ligero.

- **Composición química**

Existe diversidad de materiales que pueden ser utilizados como precursores de las fibras de carbono, como el poliacrilonitrilo (PAN), el alquitrán y la celulosa. El más utilizado en la actualidad es el poliacrilonitrilo. Este material no es poliacrilonitrilo al 100%, sino un copolímero que contiene metil acrilato, metil metacrilato, vinil acetato, ácido itacónico o cloruro de vinilo.

- **Proceso de obtención**

Como hemos mencionado anteriormente, el material más utilizado como materia prima para la obtención de fibras de carbono es la fibra de poliacrilonitrilo (PAN). La fibra de carbono derivada de los hidrocarburos o de la hulla tiene un coste más moderado que las obtenidas del PAN.

En todos los procesos de obtención de la fibra de carbono se produce una oxidación controlada y carbonización (proceso de pirólisis controlada en varias fases) de las fibras precursoras a elevadas temperaturas. En función de la temperatura final alcanzada durante el proceso (desde 1.200° C hasta 3.000° C), se obtienen fibras de mayor resistencia y módulo elástico más elevado.

Las fases del proceso para la obtención de una fibra de carbono procedente de fibras de poliacrilonitrilo son las siguientes:

Estabilización y oxidación: las fibras son estiradas para alinear sus redes internamente; luego se produce un calentamiento en atmósfera oxidante desde temperaturas de 200° hasta 250° C, manteniendo la tensión sobre las fibras.

Carbonización: calentamiento en atmósfera inerte a temperaturas de hasta 1.500° C. Se eliminan fundamentalmente el H y N de la fibra original, transformándose en fibras de carbono.

Grafitación: calentamiento en una atmósfera no oxidante hasta 2.500° - 3.000° C, para obtener un módulo de elasticidad mayor, a expensas de una alta resistencia a la tracción.

Los productos primarios resultantes del proceso anterior son fibras de filamentos continuos con un contenido de carbono de entre el 92 y el 100%, según sean las propiedades que se persigan. Todos los demás productos, por ejemplo fibras de filamentos discontinuos, se obtienen de operaciones secundarias.

Las fibras de carbono deben ser sometidas a un proceso de preparación superficial para poder ser utilizadas y mejorar la adhesión con las diferentes matrices.

- **Tipos de fibra de carbono**

Según la temperatura del tratamiento, podemos distinguir diferentes tipos de fibra de carbono:

Fibras de alta tenacidad (HT): su resistencia y tenacidad es superior a las de las fibras de vidrio, pero inferior del resto de las fibras de carbono. Su coste es moderado, y son adecuadas en un campo de aplicación muy amplio.

Fibras de alto módulo (HM): derivadas de las demandas de alta rigidez de piezas aeroespaciales y aeronáuticas, estas fibras presentan un módulo de elasticidad muy alto. Coste elevado, bajo alargamiento a la rotura y, debido a las diferencias de potencial en contacto con los metales, pueden provocar corrosión del tipo galvánico.

Fibras de módulo intermedio (IM): solución de compromiso entre fibras HT y HM, son un tipo de fibra que mejora tanto su resistencia como su rigidez.

- **Propiedades mecánicas**

Las mejores propiedades mecánicas de las fibras de carbono se obtienen de asociarlas con matrices del tipo *epoxi*. Una característica interesante de las mismas es su coeficiente de expansión térmica negativo en la dirección de las fibras y positivo en el sentido transversal. Mediante

una adecuada combinación de matrices y refuerzos, es posible obtener un material resultante que no sufra deformaciones térmicas en un amplio rango de temperaturas (material con elevada estabilidad dimensional).

Además de ésta particular característica, podemos destacar otras importantes propiedades:

- a) Elevada resistencia y rigidez
- b) Alta resistencia a la vibración
- c) Buen comportamiento a la fatiga
- d) Buena conductividad térmica
- e) Buena conductividad eléctrica
- f) Bajo coeficiente de dilatación térmica
- g) Resistencia a altas temperaturas
- h) Elevada resistencia química a ácidos, disolventes y alcálisis
- i) No se ven afectadas por el contacto con agua de mar

Como desventaja principal podemos mencionar su elevado coste, por lo que se suelen combinar con otros materiales de refuerzo más económicos.

Tipo	Carbono HT	Carbono HM	Carbono IM
Resistencia a la tracción (GPa)	2,6-5	2,0-3,2	3,4-5,9
Módulo elástico (GPa)	228 - 238	350 - 490	280 - 400
Densidad (Kg/m ³)	1740-1830	1790-1910	1730-1800
Alargamiento a la rotura (%)	1,2-2	0,4-0,8	1,1-1,9
Resistencia específica (GPa x cm ³ /g)	1,5-2	1,1-1,7	2,0-3,1
Módulo E específico (GPa x cm /g)	127-134	190 - 260	160-200
Chef. Transmisión térmica (10 ⁻⁶ /K)	-0,1 a-0,7	-0,5 a-1,3	--
Diámetro del filamento (µm)	7-8	6,5-8	5-7

Principales propiedades de la fibra de vidrio

6.3.3. Fibras sintéticas

6.3.3.1. Fibras aramídicas

- **Introducción**

Se considera el *kevlar*, nombre comercial otorgado a las fibras aramídicas descubiertas por Du Pont en el año 1965 y comercializadas desde principios de los años setenta, como la fibra sintética más importante luego del nylon. Su uso se concentra en los campos en los que se requiere alta resistencia a la tracción con bajo peso y elevada resistencia al impacto del material. Se encuentra ampliamente difundido en la industria aeronáutica, espacial, balística, y en menor medida en la industria naval para la fabricación de cascos de embarcaciones.

- **Composición química**

Las fibras de aramida se clasifican químicamente como una poliamida aromática. Están constituidas por grupos amida y anillos aromáticos, que le confieren una elevada estabilidad térmica. La unidad que se repite es la poliamida aromática. Los enlaces por puentes de hidrógeno mantienen unidas a las cadenas en dirección transversal. Actuando en conjunto, las fibras de aramida tienen alta resistencia en la dirección longitudinal y baja en la dirección transversal. La existencia de los anillos aromáticos en su estructura molecular le confiere una alta rigidez a las cadenas poliméricas.

- **Proceso de obtención**

Las fibras de aramida se obtienen a partir de una solución de amida aromática disuelta en ácido sulfúrico, que se estira y luego se hila. Las cadenas moleculares se orientan en la dirección de las fibras durante el estirado.

- **Tipos de fibras aramídicas**

Existen dos tipos comerciales de *kevlar*.

Kevlar 29: alta resistencia y baja densidad. Su uso fundamental se orienta a protección balística, confección de cuerdas y cables.

Kevlar 49: alta resistencia, alto módulo y baja densidad. Es el tipo de fibra más apto para combinar con diferentes matrices en la confección de materiales compuestos. Esta variante comercial es la que se utiliza en la construcción naval.

- **Propiedades**

Entre las principales características de las fibras aramídicas podemos destacar:

- a) Alta resistencia específica a la tracción, comparada con el resto de materiales conocidos
- b) Excelente resistencia al impacto. Alta capacidad de absorción de energía
- c) Densidad menor que todas las fibras sintéticas utilizadas en laminados
- d) Excelente comportamiento ante la corrosión en cualquier ambiente (sólo atacada por ácidos muy fuertes)
- e) Buena resistencia a la fatiga
- f) Buenas características de amortiguamiento de las vibraciones
- g) Buenas características dieléctricas
- h) Resistencia a las llamas y autoextinguible
- i) Elevada resistencia térmica. Temperatura de descomposición superior a 420°C

- j) Coeficiente de dilatación negativo
- k) Su rotura se produce progresivamente

Como aspectos negativos podemos señalar fundamentalmente su reducida resistencia a la compresión y su sensibilidad a la humedad. Su coste es considerable, hecho éste que restringe su utilización.

Los rayos UV afectan las capas exteriores de fibras de *kevlar*, aunque la degradación no suele tener carácter progresivo. Su impregnación de resina puede presentar dificultades debido a que no se produce la decoloración típica de las fibras de vidrio al ser impregnadas.

Dado su elevado coste, se suele combinar con refuerzos de carbono o vidrio, en función de las características perseguidas. Por ejemplo, un laminado carbono-*kevlar* combina las buenas propiedades resistentes del primero con las buenas propiedades de resistencia al impacto del segundo.

Cuando se laminan con resinas de viniléster, se produce un aumento en la elongación del laminado, conjuntamente con un aumento de resistencia a la tracción en comparación con los laminados vidrio-poliésteres tradicionales.

Tipo	Normal (kevlar®29)	HM (kevlar®49)
Resistencia a la tracción (GPa)	2,8-3,0	2,8-3,4
Módulo elástico (GPa)	58-80	120-186
Densidad (Kg/m ³)	1390-1440	1450 -1470
Alargamiento a la rotura (%)	3,3-4,4	1,9-2,4
Resistencia específica (GPa x cm ³ /g)	1,9-2,2	1,9-2,3
Módulo E específico (GPa x cm /g)	40-56	83 -127
Chef. Transmisión térmica (10 ⁻⁶ /K)	-2,0 a-6,0	-2,0 a-6,0
Diámetro del filamento (µm)	12	12

Principales propiedades de las fibras aramídicas

* Valores aproximados

6.3.4. Las estructura textiles

6.3.4.1. Introducción

Las características finales del material compuesto dependerán, en gran medida, de la cantidad de material de refuerzo que contenga el mismo en su composición global y de su posicionamiento de acuerdo con criterios preestablecidos de carga.

Para facilitar el procesado de las fibras (impregnación, disposición geométrica y uniformidad de espesores), éstas se configuran en ordenamiento planos, que denominaremos estructuras textiles. Estas estructuras textiles se consideran como materiales intermedios y se presentan bajo diversas configuraciones:

- a) Feltros
- b) Sistemas no mallados (tejidos, ensamblados, trenzados)
- c) Sistemas mallados (mallas, encadenados)

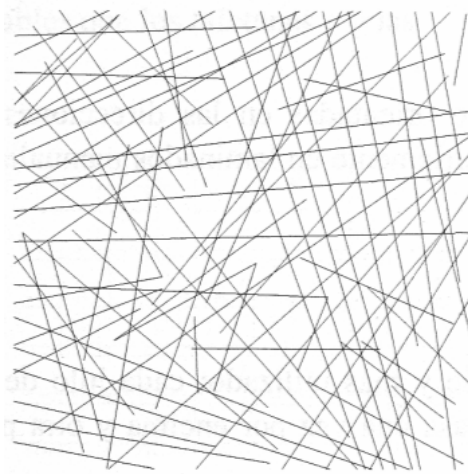
6.3.4.2. Feltros

Los feltros son estructuras textiles de fibras de refuerzo que no poseen una orientación preferente, con una distribución intercalada y aleatoria. Para mantenerlas unidas antes de impregnarlas, se les aplica algún tipo de ligante, que por lo general, se determina en función del tipo de matriz que se utilizará posteriormente (*epoxi*, poliéster-viniléster, etc.).

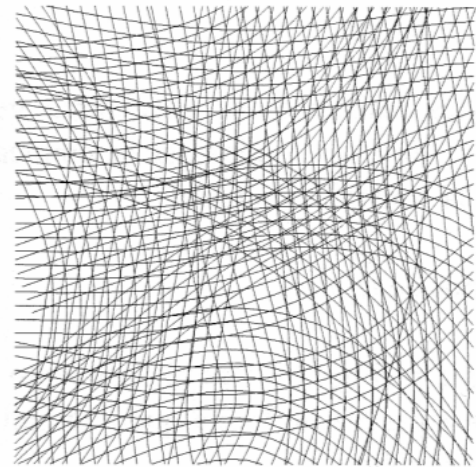
Los feltros pueden ser de fibras continuas, hilvanados o de fibras cortadas, por lo general entre 40 y 50 mm. Para la confección de feltros de fibra de vidrio se utilizan, por lo general, hilos de sillionne.

Se consideran estructuras textiles bidimensionalmente isotrópicas, con resistencias y rigideces no demasiado elevadas. Para laminados en diferentes fases, se utilizan para mejorar la adherencia interlaminar entre capas de laminado sucesivas.

A la mayoría de feltros se los denomina comercialmente *mats*.



Fieltro de fibras cortadas



Fieltro de fibras continuas

El *velo de superficie* es un fieltro de vidrio C de bajo gramaje (generalmente entre 30 y 80 gr/m²) que se coloca en contacto con el *gelcoat* exterior durante el proceso de laminación. Tiene dos funciones fundamentales: a) la de brindar resistencia a la débil película de *gelcoat*, sobre todo cuando se producen solicitaciones (recordemos que el *gelcoat* por sí solo es una película frágil); b) la de brindar una barrera química frente al ambiente exterior; ello se consigue gracias a la elevada absorción de resina que posee. Como funciones no menos importantes también podemos destacar su aumento de la resistencia al impacto y a la abrasión de la superficie, y que evita que se marquen exteriormente los tejidos utilizados en laminado.

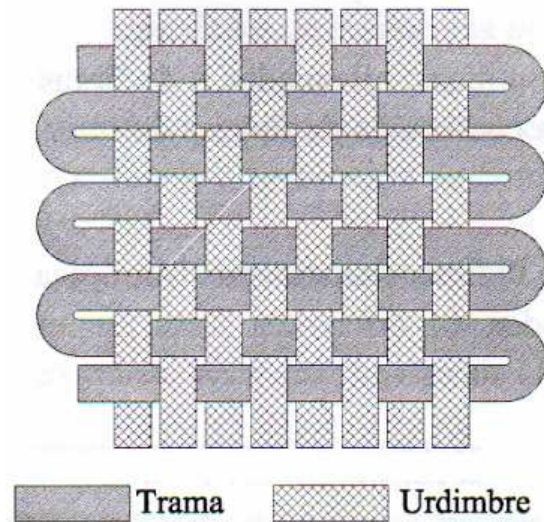
6.3.4.3. Sistemas no mallados

- **Tejidos**

Son estructuras textiles en las cuales durante su fabricación (tejido) se cruzan diferentes fibras perpendicularmente, denominadas trama y urdimbre.

Los hilos de urdimbre son aquellos que corren en el sentido longitudinal del rollo, y los de trama, los que atraviesan de forma perpendicular, dando lugar a puntos de entrecruzamiento denominados

ligamentos.

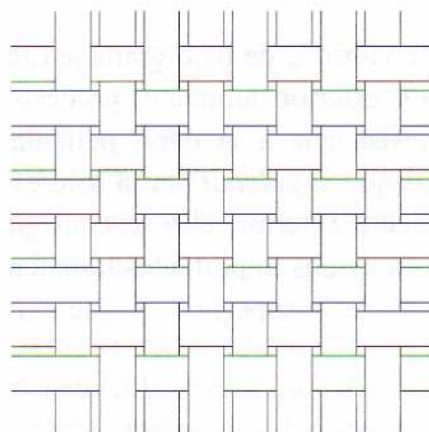


Esquema de un tejido

Las direcciones resistentes se encuentran generalmente orientadas en las direcciones de trama y urdimbre (0° y 90°).

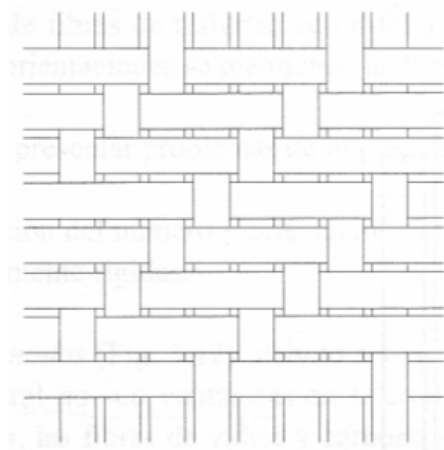
Diferentes tipos de tejidos:

- Tela o tafetán*: es el ligamento más simple y más utilizado; cada hilo de urdimbre se enlaza con una pasada de trama que alternativamente pasa una vez por encima y otra por debajo de cada hilo de urdimbre.

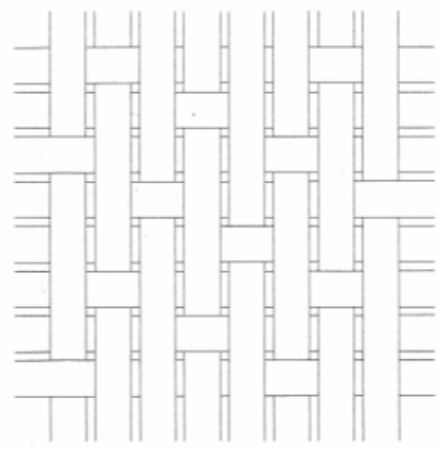


Tejido convencional

- b) *Sarga*: es un tipo de ligamento que se identifica rápidamente porque presenta unas líneas en diagonal. Cada hilo de urdimbre o de trama hace una basta de dos o más hilos de urdimbre o trama, con una progresión de entrecruzamiento de uno a la derecha o a la izquierda para formar una línea diagonal identificable. Así entonces, los puntos de ligadura se trasladan un espacio al costado a cada pasada de trama. La sarga tiene derecho y revés. En las sargas, el número de lizos (hilos de urdimbre en el telar) puede variar.
- c) *Satén*: en esta tipo de ligadura cada hilo de urdimbre hace una basta sobre cuatro pasadas de trama y se entrelaza con la quinta pasada de trama con una progresión de dos a la derecha o a la izquierda.



Sarga



Satén

- d) *Raso*: en el satén, las bastas (hilos sin ligar) van en sentido vertical, mientras que en el raso las bastas van en sentido horizontal. En el ligamento de raso cada pasada de trama hace una basta sobre cuatro hilos de urdimbre y se entrelaza con el quinto hilo de urdimbre con una progresión de dos a la derecha o a la izquierda.

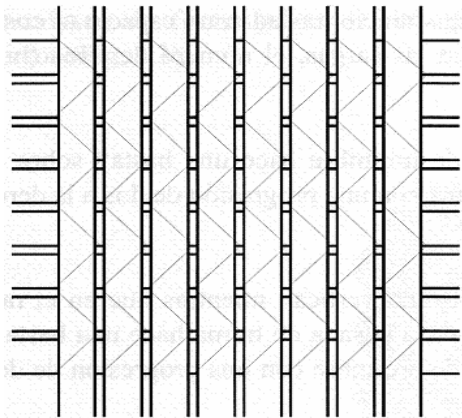
El satén y el raso presentan el mismo principio, con la diferencia de que el satén es por urdimbre y el raso es por trama. Ambos presentan derecho y revés.

Las sargas, los satenes y rasos, por poseer menor número de ligamentos, son materiales más deformables que los tafetanes o telas.

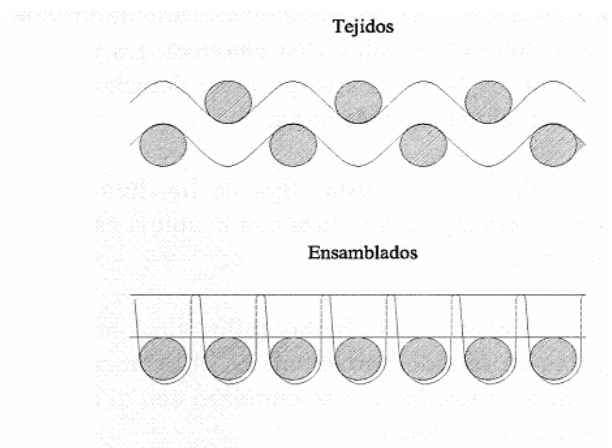
- **Ensamblados**

En este tipo de estructura textil, los hilos de trama y de urdimbre no se entrecruzan formando ligamentos. Las fibras paralelas se hallan superpuestas unas a otras con diferentes orientaciones. Para mantenerlas ligadas sin que se deformen, por lo general se encuentran cosidas mediante una fibra auxiliar ligera.

Desde el punto de vista mecánico, presentan mejores propiedades que los fieltros y que los tejidos, por encontrarse el hilo trabajando completamente alineado con el sentido del esfuerzo. Son los ensamblados el tipo de estructura textil más utilizado en piezas de altos requerimientos estructurales.

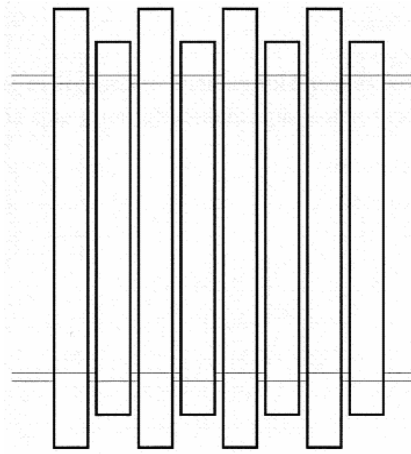


Ensamblado biaxial



Diferencias entre tejidos y ensamblados

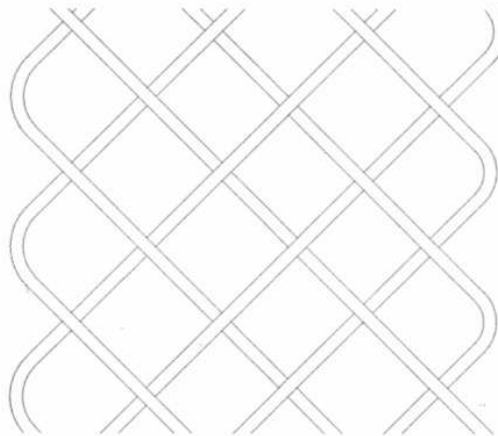
En función de las orientaciones de las fibras pueden existir ensamblados *unidireccionales*, *biaxiales*, *triaxiales*, *cuatriaxiales* y *multiaxiales*. Son un tipo de estructura textil de amplia utilización en la construcción naval.



Unidireccional

- **Trenzados**

A diferencia de los tejidos y los ensamblados, en los cuales existen fibras alineadas y perpendiculares respecto del esfuerzo, los trenzados presentan un cierto ángulo respecto del mismo. Se confeccionan en forma de calcetín o en forma de cintas, y el ángulo que forman puede ajustarse con las solicitaciones. Casi no se utilizan en la construcción naval, salvo en pequeñas piezas.



Trenzado

6.3.4.4. Mallados y encadenados

Ordenamientos textiles planos que se confeccionan mediante mallado o encadenado de una fibra o de un sistema con fibras a otra fibra o sistema de fibras. Para su confección son necesarias máquinas especiales, de las

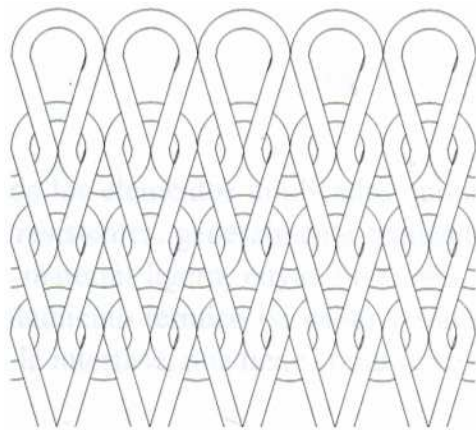
denominadas de *género de punto*.

Mallados: son los denominados *tejidos multiaxiales*. Son estructuras textiles confeccionadas a base de fibras de refuerzo con diferentes orientaciones; gracias a la acción de la máquina de tejer, dichas orientaciones se mantienen inalterables (la estructura textil no se deforma).

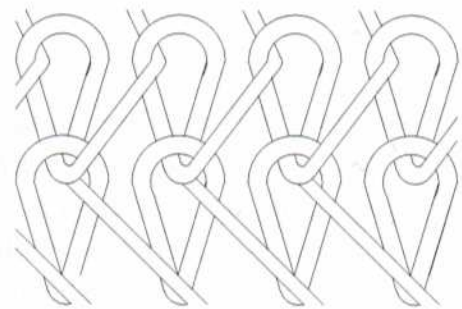
Pueden presentar problemas de impregnación dado el gran volumen de fibras por lo general presente.

En función del número y orientación de capas que los constituyen, las estructuras multiaxiales pueden ser realmente rígidas.

Encadenados: debido a su proceso de confección, las fibras poseen orientaciones que por lo general no son ventajosas en la confección de laminados, por ser direcciones muy poco usuales. Además, las fibras de vidrio y carbono poseen baja resistencia al entrelazamiento y baja resistencia a las flexiones a las cuales son sometidas durante la confección.



Mallado



Encadenado

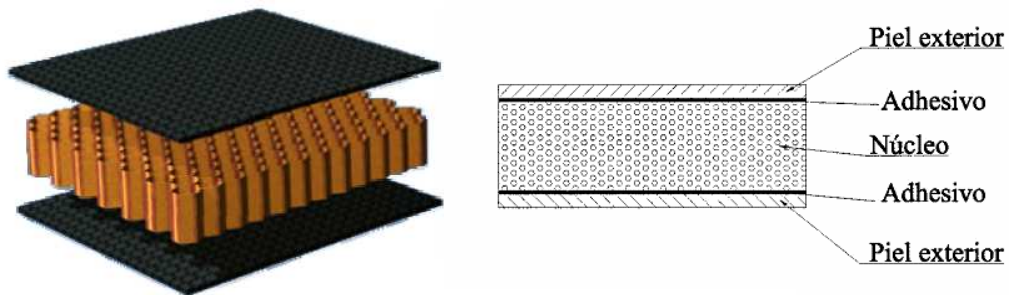
6.4. MATERIALES DE NÚCLEO

6.4.1. Introducción

Una *estructura sándwich* es una estructura constituida por dos pieles de material resistente entre las que se interpone un material ligero y, por lo general, de baja densidad. Este núcleo, si bien aumentará el espesor y en mínima medida el peso de la nueva estructura comparada con una estructura simple, reportará grandes beneficios desde el punto de vista de la rigidez del conjunto.

6.4.2. Concepto de estructura sándwich

Una estructura sándwich está compuesta por tres elementos fundamentales: a) las pieles exteriores; b) el núcleo del sándwich; y c) la interfase de unión entre el núcleo y las pieles (generalmente un adhesivo).

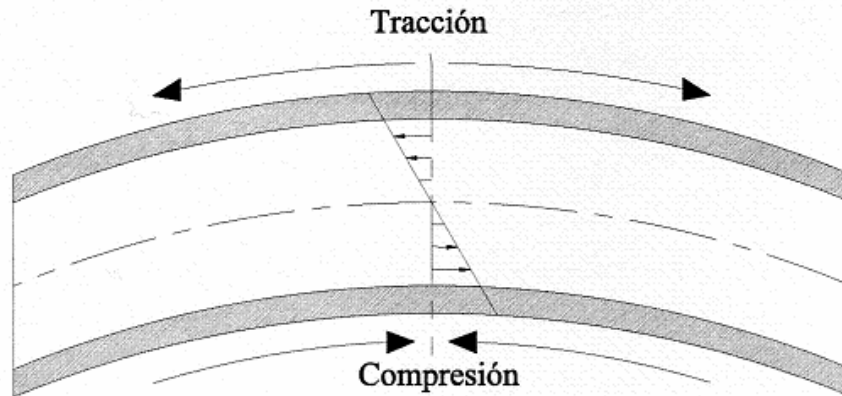


Elementos de estructura sándwich

Cada uno de los elementos implicados cumple una función determinada. Las pieles exteriores con los elementos resistentes, generalmente realizadas con materiales de mejores propiedades que el resto; el núcleo, de material ligero, cuyas funciones principales son mantener separadas las pieles exteriores, brindar aislamiento térmico (si cabe) y transmitir los esfuerzos cortantes de una cara a la opuesta; y por último la interfase, que tiene como función principal mantener unido todo el conjunto.

Si un panel sándwich es sometido a flexión como en la figura siguiente, las pieles exteriores experimentarán esfuerzos diferentes. Por

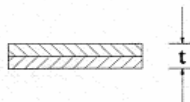
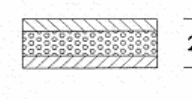
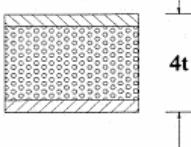
ejemplo, la piel superior está sometida a tracción, y la piel inferior estará sometida a compresión:



El núcleo debe mantener la distancia relativa entre las pieles y la distancia entre las pieles y la línea neutra. Debe el núcleo, por lo tanto, ser suficientemente resistente para poder soportar los esfuerzos de corte que se producen y evitar que se produzca un desplazamiento de las pieles en el sentido longitudinal. Debe también soportar los esfuerzos de compresión perpendicular a las pieles.

Las pieles deberán ser capaces de resistir el esfuerzo de flexión al cual están sometidas a través de los correspondientes esfuerzos de tracción y compresión.

De modo que la nueva estructura sándwich, comparada con la estructura simple, será mucho más resistente con sólo un mínimo aumento de peso.

	<i>Construcción monolítica</i>	<i>Construcción sandwich</i>	<i>Construcción sandwich</i>
			
Rigidez relativa	100	700	3700
Resistencia relativa	100	350	925
Peso relativo	100	103	106

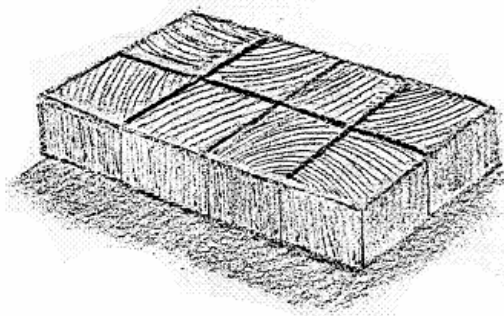
6.4.3. Tipos de núcleos

6.4.3.1. Maderas naturales

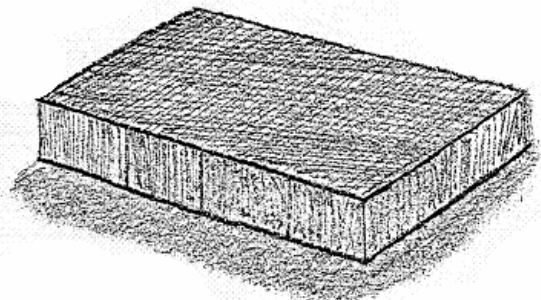
- **Madera balsa**

La madera balsa es originaria del centro y sur de América. Considerada como madera dura, es entre todas ellas la más blanda y ligera (densidad entre 100 y 250 Kg /m³). Dada su alta rigidez, es difícil adaptarla a formas curvas, por lo que se suele emplear en forma de bloques pequeños unidos entre sí por un material de soporte, generalmente un tejido de poco gramaje. También existen paneles planos rígidos en los cuales los bloques de madera son encolados con adhesivos de madera estructurales.

La disposición de las fibras de madera es siempre perpendicular al laminado, que es donde se obtienen las máximas propiedades mecánicas (esta configuración otorga excelente resistencia a la compresión). En las direcciones perpendiculares al grano, las propiedades mecánicas decrecen. La madera balsa posee módulo y resistencia a la compresión más elevados comparada con el resto de materiales utilizados como núcleo.



*Madera balsa en pequeños bloques.
Vista superior*



*Madera balsa en pequeños bloques.
Vista del tejido de soporte*

La madera balsa para estructuras sándwich debe ser tratada antes de procesarse, eliminando la materia orgánica presente y reduciendo la humedad hasta una cifra del 10%. Humedades superiores provocan hinchazón y podredumbre de la madera, y pueden ocasionar deslaminaciones de las pieles exteriores.

Es compatible con la mayoría de resinas empleadas en la construcción naval. Posee, sin embargo, una capacidad de absorción de resina muy elevada, producto de su elevada porosidad, por lo que se recomienda sellar las superficies antes de proceder a su laminado.

Por lo general, no se suele utilizar para superficies que estén en contacto permanente con el agua y la humedad, quedando relegado su uso a cubiertas, mamparos y divisiones interiores.

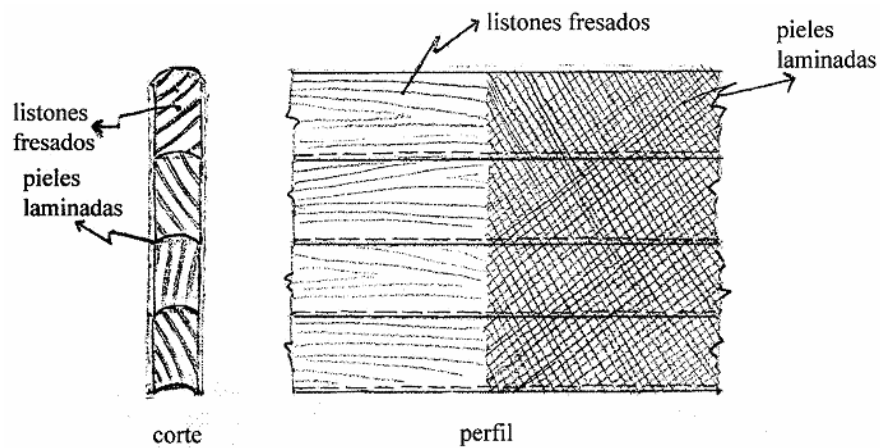
Densidad (Kg/rn ³)	90	155	220
Resistencia al corte (MPa)	1,6	3	4,5
Módulo cortante (MPa)	96	166	237
Resistencia a la tracción (MPa)	7	13,5	20,6
Resistencia a la compresión (MPa)	5,4	12,7	21,9
Módulo de compresión (MPa)	1850	4100	6840

Principales propiedades de la madera de balsa

Nota: Los valores expresados en la tabla son sólo orientativos. Los valores corresponden a planchas de madera balsa constituidas por pequeños bloques unidos por un tejido de soporte

- **Cedro rojo**

Originaria de América del norte, Reino Unido y Nueva Zelanda, es una madera blanda y aromática. De color pardo rojizo, se torna gris plateado tras una larga exposición a la intemperie. Tiene una densidad aproximada de 370 Kg/m³. Se utiliza como material sándwich en la construcción de embarcaciones unitarias sin molde (construcción *one-off*). Por lo general se presenta en forma de listones fresados que permiten ser montados de una manera rápida y sencilla.



Estructura sándwich de madera

Densidad (Kg./m ³)	320
Resistencia al corte (MPa)	6,83
Carga de rotura a la flexión (MPa)	53,8
Módulo de elasticidad (MPa)	8270
Resistencia a la compresión (MPa)	19,11

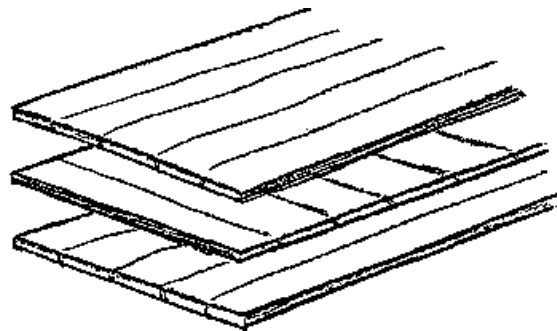
Principales propiedades del cedro rojo

- **Contrachapado marino**

Es un tablero realizado a partir de delgadas láminas de madera, denominadas *placas* o *chapas estructurales*, unidas para formar un tablero estable y resistente. El número de hojas siempre es impar y la dirección de cada chapa es perpendicular a aquellas con las cuales está en contacto.



Contrachapado marino. Vista en corte



Orientación de las chapas

En función de la cola utilizada existen diferentes grados, siendo el grado marino el que se confecciona con colas fenólicas que permiten soportar el ataque de los hongos y de la humedad en ambientes marinos.

Por lo general se utiliza en las estructuras sándwich como complemento de las espumas sintéticas, reemplazándolas en todas aquellas zonas donde ocurren esfuerzos de compresión o tracción excesivos, como por ejemplo la zona donde se instalan herrajes.

Existe una amplia variedad de contrachapados marinos derivados del uso, en su fabricación, de diferentes maderas. Las maderas más utilizadas son el okume, el iroko, la teca, la caoba, el sapelli, el cedro, la acacia, los pinos spruce y douglas, y en menor medida el moabi, el sipo y la balsa. Los tableros contrachapados pueden ser contruidos con una única madera o pueden combinar diferentes.

6.4.3.2. Espumas sintéticas

Todos aquellos plásticos en los cuales existe un gas incluido en forma de burbujas se denominan *espumas plásticas*. El volumen que ocupan estas burbujas puede alcanzar hasta el 95% dentro del total de la espuma.

Cuando las burbujas interiores de gas presentes en la espuma se comunican entre sí, se denominan *espumas de celda abierta*; cuando cada burbuja interior se encuentra aislada, tenemos espumas de celda cerrada. Entre unas y otras, existen espumas plásticas en estados mixtos.

La gran mayoría de plásticos se pueden espumar, pero por cuestiones técnicas, económicas y prácticas, sólo se espuman un grupo reducido.

A continuación expondremos una breve recopilación de las más utilizadas en la construcción naval.

- **Espumas de cloruro de polivinilo (PVC)**

Se fabrican combinando un copolímero de polivinilo con plastificadores, estabilizantes, compuestos de cruzamiento y agentes de

soplado. Son un espumado químico con activación térmica. La mezcla de sustancias es calentada en un molde bajo presión para que se produzca la reacción de entrecruzamiento. Una vez realizada esta fase del proceso, se sumergen en agua caliente para continuar su expansión hasta obtener la densidad perseguida. Los diámetros de celda pueden variar de 0,254 mm hasta 2,5 mm. Se clasifican en función de la densidad (alta, media y baja densidad, densidades entre 40 y 210 Kg /m³) y por su estabilidad térmica.

Las espumas de PVC presentan buena resistencia mecánica, buena resistencia térmica, poseen buenas características como aislante acústico y tienen una alta resistencia a la penetración de agua.

La gran mayoría de espumas de PVC de celda cerrada que se utilizan en la construcción naval mantienen sus propiedades mecánicas inalterables hasta 60° C. Si la temperatura de servicio o de proceso es mayor, deberán seleccionarse espumas estabilizadas a una temperatura mayor.

PVC lineales: los enlaces entre las diferentes moléculas son lineales, por lo que sus propiedades mecánicas son más bajas. Su característica más sobresaliente es su capacidad de absorción de impactos sin que se produzca una rotura catastrófica, siendo esta característica mayor que en espumas de PVC de celda cerrada.

Estructura/densidad (Kg/m)	Lineal 80	Entrelazado 75	Entrelazado 80	Entrelazado 96
Resistencia al corte (MPa)	1,17	-	1,00	1,5
Módulo de corte (MPa)	20	11	30	45
Resistencia a la tracción (MPa)	1,38	1,21	1,79	2,48
Resistencia a la compresión (MPa)	0,86	1,1	1,17	1,79

- **Espumas de poliuretano (PU)**

Nos referiremos al poliuretano con carácter termoestable. Los productos de partida para obtener espumas de poliuretano son un isocianato y un polioliol de tipo poliéter o poliéster. Como los componentes son líquidos, se suele realizar la reacción de polimerización en el mismo instante que se moldea.

Las espumas resultantes pueden ser de celda abierta o celda cerrada. Las de celda abierta tienden a ser estructuras flexibles y las de celda cerrada, estructuras rígidas. Las densidades resultantes pueden ser muy amplias (desde 10 hasta 900 Kg/m³), y vendrán gobernadas por la proporción y composición química.

Si bien tienen características menores que las espumas de PVC, presentan una buena resistencia mecánica y tenacidad, resisten la abrasión, poseen buena resistencia química, baja conductividad térmica y elevada resistencia eléctrica. A temperatura ambiente trabajan mejor que las espumas de PVC y son más resistentes a las altas temperaturas.

- **Espumas de poliestireno (PS)**

Como resultado de espumar el poliestireno se obtiene una espuma muy ligera, resistente a la absorción de agua y a los microorganismos. Sin embargo, debido a que dichas espumas son solubles al estireno, no se suelen utilizar con resinas de poliéster y viniléster. Poseen una reducida resistencia mecánica (no se utilizan como material estructural) y una baja conductividad térmica. Las densidades varían entre 10 y 45 Kg /m³. Sólo se utilizan en náutica como material aislante o de flotación.

Densidad (Kg/m ³)	28	30	45
Módulo a compresión (kN/m ²)	10000 -18000	12000 - 20000	25000 - 33000
Resistencia al corte (kN/m ²)	200	250	500
Módulo de corte (kN/m ²)	4000	4500	6000
Resistencia a la tracción (kN/m ²)	450	500	1000
Módulo a tensión (kN/m ²)	10000 -18000	12000 - 20000	25000 - 33000

Principales propiedades de las espumas de poliestireno (PS)

- **Espumas de estireno-acrilonitrilo (SAN)**

Este copolímero tiene mejor resistencia química y térmica, así como mayor rigidez que el poliestireno. Su comportamiento es similar al PVC; en capacidad de absorción de impactos se comporta de manera similar a la espuma de PVC lineal, y en capacidad estática como la espuma de PVC cruzada.

Densidad (Kg./m ³)	55	80	210
Resistencia al corte (MPa)	0,56	0,98	1,75
Módulo de corte (MPa)	12	20	35
Resistencia a la tracción (MPa)	0,81	1,39	2,27
Resistencia a la compresión (MPa)	0,40	0,79	1,45

Principales propiedades de las espumas SAN

- **Espuma de polimetacrilímda (PMI)**

Las espumas PMI se producen por expansión térmica de un ácido metacrílico y metacrilonitrilo. Durante el proceso de espumado, la hoja de copolímero es convertida en polmetacrilimida. Como resultado se obtiene un plástico celular rígido con estructura celular homogénea y cerrada.

Estas espumas poseen mejores propiedades mecánicas que el resto de las espumas sintéticas, entre las cuales destacan la alta resistencia térmica, excelente resistencia a la fluencia y un reducido peso. La elevada estabilidad térmica las convierte en las preferidas para utilizar en estructuras sándwich realizadas a partir de materiales preimpregnados. Existen diferentes grados en función de su densidad.

Densidad (Kg./m ³)	75	11
Resistencia al corte (MPa)	1,28	2,35
Módulo de corte (MPa)	30	49
Resistencia a la tracción (MPa)	2,74	3,40
Resistencia a la compresión (MPa)	1,47	2,94

Principales propiedades de las espumas PMI

- **Espumas sintácticas**

Menos conocidas que las espumas sintéticas, se diferencian de éstas porque las cavidades no se forman por generación de gas dentro del material, sino que se producen por la incorporación a su masa de microesferas huecas de diferentes materiales. Las espumas más comunes son las de microesferas de vidrio con resina fenólica o poliéster, pero existen también las metálicas y de carbono. Fruto de esta combinación, se obtiene una espuma con una elevadísima resistencia a la compresión, razón por la cual se utiliza ampliamente en la construcción de elementos destinados a la inmersión profunda como submarinos, boyas y aparatos de rescate submarino.

6.4.3.3. Nido de abeja

El concepto *nido* o *panal de abeja* se refiere a una forma de estructurar diferentes materiales que se emplean como núcleo en estructuras sándwich. Se reproduce la forma natural de los nidos de abejas con láminas delgadas de diferentes materiales.

La morfología del núcleo queda definida por parámetros como el tamaño de la celda, la densidad del material empleado, la zona de adhesión entre celdas, la altura del núcleo, el espesor de la hoja que se utiliza para confeccionarlo, y la dirección de las placas.

Los materiales que se emplean más frecuentemente son el aluminio, la fibra de vidrio o papel de aramida impregnados con resina fenólica, el papel y el polipropileno.

Los panales de abeja se pueden fabricar por procesos de expansión y por procesos de corrugado u ondulación. Las láminas obtenidas se unen mediante adhesivos o soldadura, dando lugar a estructuras regulares y repetitivas.

Con su empleo se consiguen estructuras sándwich extremadamente ligeras.

6.4.3.4. Fire Coremat®

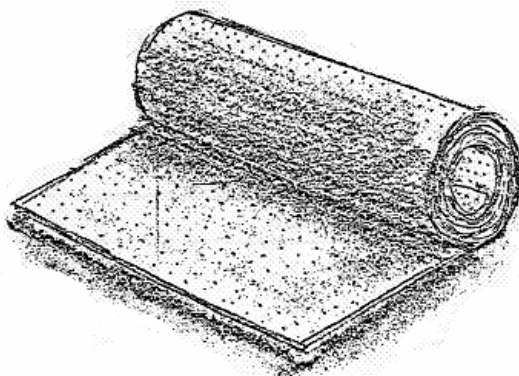
El Fire Coremat® es un material conformado de fibras sintéticas no tejidas de poliéster, de orientación completamente aleatoria, que incorpora como cargas microesferas cerradas de plástico a base de cloruro de polivinilideno (PVDC) junto con un ligante soluble en estireno. Se utiliza como material de núcleo para producir estructuras que requieran rigidez aunque con un coste inferior al de estructuras sándwich realizadas con espumas sintéticas (por ejemplo, en la construcción de moldes).

Su aplicación se realiza por estratificación, a diferencia del resto de materiales de núcleo, que son encolados. Por ello presenta una excelente conformabilidad con unos espesores reducidos (de 1 a 5 mm). Para mejorar su adhesión, debe ser laminado entre ordenamientos planos tipo fieltros.

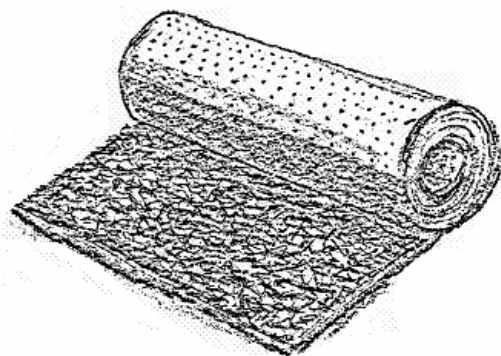
Existen dos tipos fundamentales:

Coremat® XM: con un contenido de 55% de microesferas. Para resinas poliésteres y vinilésteres. Para procesos de laminado manual por contacto y proyección simultánea.

Coremat® XX: con un contenido de 45% de microesferas. Para resinas poliésteres y vinilésteres. Para procesos de laminado manual por contacto y proyección simultánea. Existe una variante con *mat* añadido para reducir el tiempo de aplicación.



Coremat® XM



Coremat® XX

Su inconveniente principal es que su densidad final dependerá de la habilidad del operario, puesto que al ser un material poroso generalmente

absorbe gran cantidad de resina.

Material	Coremat® XM (2-4 mm)	Coremat® XX (1-5 mm)
Resistencia a la compresión (N/mm ²)	16,55	22,06
Módulo de compresión (N/mm ²)	1724	200
Resistencia a la tracción (N/mm ²)	3,31	2,31
Módulo de tracción (N/mm ²)	352	352
Resistencia al corte (N/mm ²)	4,31	4,00
Módulo de corte (N/mm ²)	50	68
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	7,52	8,48
Módulo deflexión (N/mm ²)	1103	900

Principales propiedades del Coremat®

Nota: Los valores expresados en la tabla corresponden a Coremat XM y XX impregnados con resina de poliéster

6.5. ELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Para que la embarcación una vez finalizada cumpla con las especificaciones del diseño, es necesario realizar una selección de aquellos materiales con las mejores propiedades y que proporcionen a la embarcación las mejores características y al menor coste posible.

A continuación se determinará cuáles van a ser las materias primas que se van a elegir de todas las que se han estudiado a lo largo de estas páginas, las materias primas que serán más adecuadas para cumplir con la función encomendada y de manera que la obtención del producto final genere la mayor cantidad de beneficios posible, sin que esto conlleve una reducción de la calidad del producto cuando sea utilizado en condiciones normales de uso, cumpliendo sobradamente las especificaciones y requisitos para los que ha sido diseñado.

6.5.1. Elección de la matriz del material compuesto

Arribados a este punto, creo necesario definir el alcance de los materiales compuestos en la industria naval, para su mejor comprensión. Por ello, después de las diferentes clasificaciones llevadas a cabo respecto de los tipos de materiales compuestos, y de los diferentes materiales que pueden intervenir en su composición como matrices, podemos afirmar que los materiales compuestos de matriz polimérica, y en especial los de matrices termoestables, son los más utilizados con tales propósitos, argumentando a continuación algunas de las razones más importantes que derivan de este hecho.

El voluminoso tamaño que por lo general poseen las embarcaciones, hace impensable económicamente, al menos de momento, la utilización de otros materiales compuestos diferentes de aquellos en que intervengan las matrices termoestables.

Los materiales compuestos de matriz metálica se basan en la incorporación de refuerzos con fibras continuas, fibras discontinuas, y en la adición de partículas. La fabricación de estos compuestos se hace bien por la acción de presión y temperatura sobre las capas del refuerzo entre

láminas del metal, de forma que las láminas se deforman en torno a las fibras y se enlazan unas y otras, o bien mediante complicados procesos metalúrgicos de polvos y procesos de infiltración por fusión. Los costes de tales procesos hacen difícil su aplicación en la construcción de embarcaciones, siendo su finalidad, casi exclusivamente, aeroespacial.

Los materiales compuestos de matriz cerámica tienen como objeto principal la de mejorar las características de los materiales cerámicos. Conocidas las propiedades de resistencia a las altas temperaturas de los materiales cerámicos, los compuestos cerámicos buscan solución a la fragilidad que tienen muchos de estos materiales a bajas temperaturas, evitando la fractura sin sacrificar la resistencia. Los tipos de refuerzo pueden ser a través de fibras continuas, fibras discontinuas y refuerzos con partículas. Los procesos de fabricación se basan en deposiciones químicas de vapor para la impregnación de los refuerzos, encapsulamiento de las fibras mediante un material vítreo-cerámico, o la compresión isostática en caliente. En todo caso, la complejidad de los procesos, así como la finalidad última de los materiales obtenidos, se alejan de la problemática presente en diseño y construcción de embarcaciones.

Por último, de los materiales compuestos de matriz polimérica, sólo tienen utilidad en el campo naval las matrices termoplásticas y las termoestables.

Los termoplásticos se utilizan únicamente en la construcción de piezas de tamaño reducido, debido a que su estructura molecular es lineal o ramificada; necesitan de calor y alta presión para moldearse, lo que eleva el coste de los moldes; la impregnación de las fibras de refuerzo se torna dificultosa dada la alta viscosidad de la matriz durante su elaboración, y éstas tienen tendencia a fluir a temperaturas medias.

En cambio, los materiales compuestos de matriz termoestable no necesitan de grandes inversiones en moldes ni controles de temperatura, ya que la mayoría de resinas se procesan a temperatura ambiente. Los procesos de fabricación requieren moldes sencillos, contruidos por lo general con los mismos compuestos u otros más sencillos, como la madera, y las propiedades físicas y mecánicas finales son más que aceptables. El coste de la materia prima es razonable y la mano de obra, a pesar de ser

numerosa y artesanal, no requiere de un alto grado de capacitación, es por ello que la matriz a utilizar para el proyecto en estudio será **polimérica termoestable**.

En función de los componentes que la forman, se puede hacer una clasificación de las resinas:

- Resinas de poliéster
- Resinas de viniléster
- Resinas de baja emisión de estireno
- Resinas *epoxi*
- Resinas fenólicas
- Otras resinas: Resinas bismaleimida, resinas poliimida, ésteres de cianato y polieteramida

De todas estas resinas, la utilizada en la fabricación de la embarcación debido a sus características y principalmente a su reducido coste entre todas las matrices termoestables es la **resina de poliéster de tipo isoftálica**.

Son resinas muy utilizadas en procesos de laminado de moldeo por contacto, con molde abierto, ya sea manual o de proyección simultánea, y en procesos de molde cerrado, como infusión, RTM, prensado, etc.



6.5.1.1. Elección de las cargas y aditivos

Seguidamente se indican cuales serán las cargas y aditivos elegidos para la fabricación del producto objeto de este proyecto.

A la hora de elegir el catalizador de la resina, hay que indicar lo siguiente, y es que los peróxidos se seleccionan en función de la temperatura de curado de la resina y de la exotermia de la reacción y, asociados al acelerador, determinan los tiempos de trabajo (tiempo de gel) y endurecimiento del sistema. Por otra parte, el acelerador se selecciona en función del catalizador.

Como este proyecto va a describir el proceso de fabricación que debe seguir una embarcación en el cual la etapa de curado se va a llevar a cabo a temperatura ambiente, generalmente lo que nos interesa es que se consigan tiempos de endurecimiento largos para facilitar el trabajo, y de todos estos los sistemas catalíticos expuestos, la combinación peróxido de metiletilcetona-cobalto será la utilizada, principalmente por permitir un buen curado en condiciones ambientales normales (sin necesidad de procesos de postcurado) y una fácil dosificación; aunque hay que tener en cuenta que como principal inconveniente presenta reducidos tiempos de gel. Entonces como catalizador, el ideal es el **peróxido de metiletilcetona (MEC)**, y como acelerador el **octoato de cobalto**.

También es importante el uso de **lubrificantes**, de forma que estos agentes de desmoldeo disminuyen la tendencia natural de adherirse la resina al molde.

Y además para la fabricación del catamarán también se hará uso de la **parafina**.

6.5.1.2. Elección del recubrimiento

Respecto al recubrimiento, como ya sabemos se encuentra el *gelcoat* y el *topcoat*, de los cuales únicamente usaremos el primero, el *gelcoat*, concretamente **gelcoat isoftálico de proyección**.

El *gelcoat* utilizado debe reunir las siguientes características:

- Tixotropicidad
- Resistencia al agua de mar
- Resistencia al ataque químico
- Dureza al rayado
- Flexibilidad
- Resistencia al impacto
- Mantener el color y el brillo

Y la capa aplicada debe cumplir las siguientes funciones:

- Proteger la fibra de los ataques
- Dar a la superficie buenas características de resistencia al impacto, abrasión, ataque químico, etc.
- Dar un aspecto suave y atractivo a la última capa
- Dar una coloración uniforme a la capa exterior

Para la realización de la embarcación no vamos a utilizar el *topcoat*, que como se comentó anteriormente se suele utilizar para aplicar como última capa, para conseguir un curado al 100%.

En nuestro caso, como recubrimientos, únicamente se usa el *gelcoat*, y en caso de necesitar añadirse una última capa a las piezas, se realizará la adición de parafina al *gelcoat*, consiguiendo obtener las mismas propiedades y funciones que tiene el *topcoat*.

Hay que tener en cuenta que la capa que queda desprovista de este recubrimiento siempre es la última, es decir, aquella que no queda a la vista del usuario de la embarcación, sino la que hace de unión con el resto de los componentes del barco, por lo que estéticamente no es apreciable. Estructuralmente tampoco produce prácticamente ningún efecto apreciable, pues la única capa que no conseguiría curar al 100% es la última, llegando a conseguir aproximadamente un curado al 90%, y además el espesor de la capa de *topcoat* que podría aplicársele tendría un espesor prácticamente

despreciable frente al espesor del laminado, no consiguiendo variar las características del producto hasta el punto en el que prácticamente su utilización puede ser considerada despreciable, tras no producir grandes cambios en el producto final, ni estética, ni estructuralmente.

6.5.2. Elección del material de refuerzo

Como refuerzo del material compuesto tal y como se comentó anteriormente se pueden utilizar tanto fibras inorgánicas (fibra de vidrio y fibra de carbono), como fibras sintéticas (fibra de aramida). A la hora de determinar cual es el tipo de fibra que se utilizará para la fabricación del material compuesto, es necesario que se tengan en cuenta cuatro aspectos de las propiedades de las fibras particularmente relevantes:

- Propiedades específicas:

Probablemente, el factor más importante que ha conducido al rápido desarrollo de los materiales compuestos es la reducción de peso que puede conseguirse a partir del uso de fibras de baja densidad con alto módulo elástico y resistencia. El módulo de Young específico y la resistencia a la tracción específica se definen como el módulo y resistencia medidos divididos por la densidad, respectivamente, y según esto se puede decir que las fibras de carbono son muy superiores a las fibras de vidrio E en términos de módulo elástico específico. Las fibras *Kevlar* 49 son significativamente mejores que las fibras de vidrio E pero inferiores a las de carbono. El *Kevlar* 49 tiene una resistencia a la tracción específica un 40-50% mayor que las fibras de vidrio E y de carbono.

- Estabilidad térmica:

En ausencia de aire y de otras atmósferas oxidantes las fibras de carbono poseen unas propiedades excepcionalmente buenas a altas temperaturas. Las fibras de carbono mantienen sus propiedades superiores bien por encima de los 2000 °C. Para aplicaciones que incluyan matrices de polímeros, esta propiedad no puede ser aprovechada porque la mayoría de las matrices pierden sus propiedades por encima de los 200 °C.

El vidrio bruto tiene una temperatura de ablandamiento de

aproximadamente 850 °C pero la resistencia y el módulo de elástico de las fibras de vidrio E disminuyen rápidamente por encima de los 250 °C. Aunque la estabilidad térmica del *Kevlar* 49 es inferior a la de ambas fibras.

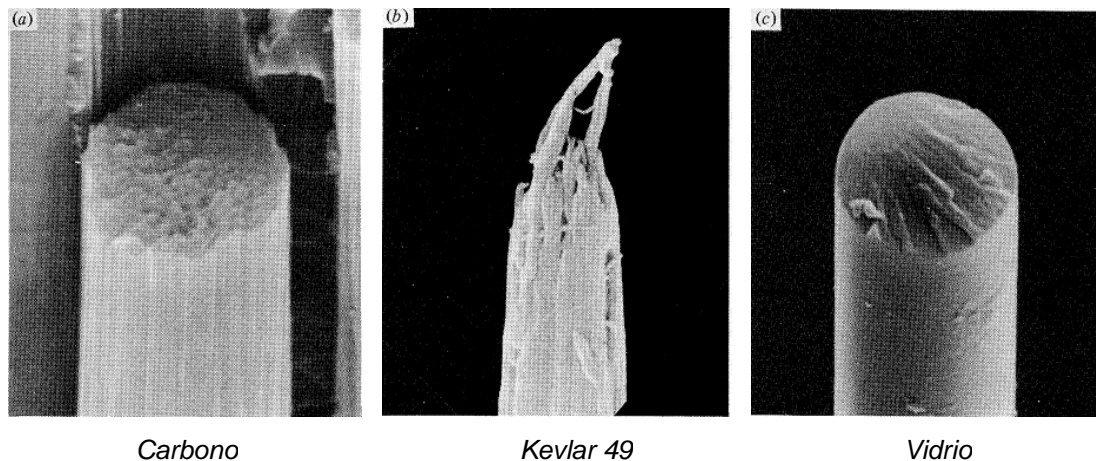
Además de la conservación de propiedades durante el uso en servicio a altas temperaturas, es esencial que no produzca deterioro de las propiedades durante las operaciones de fabricación. Los cambios en las propiedades del vidrio parecen ser casi reversibles con la temperatura, pero el *Kevlar* 49 puede sufrir un deterioro irreversible debido a cambios en la estructura interna. Además, las fibras de *Kevlar* experimentan una grave fotodegradación bajo la exposición a la luz solar. Ambas luces, la visible y la ultravioleta causan efectos, conduciendo a la decoloración y la reducción de las propiedades mecánicas.

- Propiedades en compresión:

Se ha encontrado que la rigidez axial en compresión es aproximadamente la misma que en tracción para todas las fibras. Sin embargo, la resistencia a la compresión longitudinal de láminas unidireccionales orientadas fabricadas con *Kevlar* es solo un 20% de su resistencia a tracción. La baja resistencia a compresión del *Kevlar* es debida a las propiedades anisótropas de la fibra y a la baja rigidez a cortadura. A tracción las cargas son soportadas por los enlaces covalentes, pero en compresión los débiles enlaces de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waal hacen que se produzca esta relajación local y deshilachamiento.

- Flexibilidad y rotura de las fibras:

Todas las fibras rompen de manera frágil a tracción sin ninguna deformación o fluencia. Las fibras de carbono y vidrio son casi completamente frágiles y se rompen sin ninguna reducción de área de la sección recta. En contraste las fibras *Kevlar* rompen de forma dúctil. La fractura a menudo implica el deshilachado de las fibras. Algunas de las características de la estructura fibrilar se ponen en evidencia en la superficie de las fibras que se observan en la siguiente imagen:



Micrografías electrónicas de barrido de fibras rotas a tracción.

Para nuestro caso en particular, la fabricación de una embarcación, las fibras que más se adaptan a nuestras necesidades son las de carbono y las de vidrio, ya que combinan muchas propiedades que las hacen capaces de cumplir con el objetivo de este proyecto, como son la baja densidad de la fibra, así como una elevada estabilidad térmica que no poseen las fibras sintéticas. Pero existe un factor predominante que no ha sido tenido en cuenta en el estudio de las propiedades a la hora de resolver la elección, y es el coste.

Es la fibra de carbono un refuerzo excelente para la obtención de una embarcación, pues entre sus principales características se encuentran una elevada resistencia y rigidez, alta resistencia a la vibración, buena conductividad térmica, y es resistente a elevadas temperaturas, entre otras muchas propiedades, pero presenta una gran desventaja que la hace inviable para el proceso productivo en estudio, y es su elevado coste.

Es por ello que el refuerzo que se utilizará para la obtención del composite será la **fibra de vidrio**, que posee características similares a las de la fibra de carbono, y cumple con creces las necesidades y requerimientos del producto que se atiende en este proyecto, pero con la gran ventaja, de ser económicamente mucho más rentable, factor que en este caso prevalece sobre el resto de características y propiedades de las fibras.

De los tipos de fibra de vidrio que podrían utilizarse para la fabricación del barco, la elegida será la fibra de vidrio de tipo E, vidrio de borosilicato de

calcio y aluminio con un contenido bajo o nulo de potasio y sodio, debido a que posee una buena resistencia a la humedad.

6.5.2.1. Elección de las estructuras textiles

De los diferentes tipos de estructuras textiles que puede presentar la fibra, las elegidas para la fabricación serán **los fieltros de mechas cortadas**, denominados también ***Chopped Strand Mat (CSM)***, o **comercialmente *mats***. También se hará uso de los **tejidos de tela o tafetán**, así como del **velo de superficie**.

Antes de comenzar a describir los diferentes motivos que he tenido en cuenta para realizar la elección de las estructuras textiles, es conveniente aclarar unas definiciones.

- Título. También llamado densidad lineal, es la relación entre el peso, de un filamento, y su longitud. La unidad de medida, del título, es el tex, de forma que $1 \text{ tex} = 1 \text{ g/Km}$.
- Gramaje. Es la cantidad de peso, de un tejido, que hay por unidad de superficie. La unidad de medida, del gramaje, es el g/m^2 .

El CSM de refuerzo, está formado por hebras de un título sobre 400 dtex y con unos gramajes comprendidos entre 100 y 900 g/m^2 , siendo los más comúnmente empleados para nuestro caso los de 300, 450 y 600 g/m^2 .



Mat 300



Mat 450

El CSM de superficie, es decir, el velo de superficie, es el mismo que el de refuerzo pero las hebras tienen un título comprendido entre 100 y 200 dtex y un gramaje entre 25 y 80 g/m².

La forma de presentarse comercialmente suele ser en rollos de cartón con unos anchos que suelen estar entre 92 y 240 cm.



Velo de superficie de 30 g/m²

El CSM tiene gran facilidad para impregnarse bien de resina. Pero hay que tener en cuenta que no todos requieren, en su utilización, de una misma proporción de resina; así, los de gramajes pequeños (hasta unos 300 g/m²) requieren de unas 4 veces de peso de resina, del peso de CSM. Sin embargo, los de superiores gramajes, necesitan menos resina.

El CSM superficial se utilizará para dar una primera capa rica en resina, la cual va a proporcionar resistencia frente al ataque ambiental.

El uso de CSM de superficie mejora las propiedades del *gelcoat* frente a las grietas, la abrasión y el impacto, consiguiendo aislar el grueso del laminado de las agresiones exteriores.

Dada la distribución y orientación de las hebras en todas direcciones, se obtiene un reparto omnidireccional de las propiedades mecánicas propias del laminado.

Los principales motivos que han hecho que elija esta textura en la disposición de la fibra, son que el CSM presenta grandes ventajas, como son la buena impregnación, la isotropía, la facilidad de manejo manual, así como la adaptación a superficies difíciles.

Respecto a los tejidos, el elegido es un *woven roving* de tela o tafetán, hay que tener en cuenta que la forma en que se entrelazan los hilos de trama y urdimbre hacen que se obtenga un tejido con una superficie muy rizada, y esta distorsión en los hilos produce una merma en las propiedades mecánicas de los mismos. Además, el excesivo entrelazado entre hilos dificulta la penetración de la resina. Pero como aspecto positivo y decisivo, he de indicar que da unas buenas características de espesor en el laminado, y otro aspecto significativo es que se consigue un tejido fácil de trabajar con la mano. Utilizaremos *woven roving* con dos gramajes diferentes, de 300 y de 500 gr/m²



Woven Roving 300 g/m²

6.5.3. Elección de los materiales de núcleo

Como ya ha sido expuesto, los núcleos se pueden clasificar en cuatro grandes bloques:

- Maderas naturales
- Espumas sintéticas
- Nido de abeja
- Fire Coremat®

Los elementos que mejor se adaptan a las necesidades del proyecto en estudio son las **espumas sintéticas** y el **Fire Coremat®**, es por ello que son éstos los únicos que se usarán en la fabricación de la embarcación.

La maderas naturales, en general, a pesar de algunas tener muy buenas propiedades, como es el caso de la madera balsa, presentan una gran desventaja que las hacen inviables para nuestro producto, y es que poseen, una capacidad de absorción de resina muy elevada, producto de su elevada porosidad, y además no se suele utilizar para superficies que estén en contacto permanente con el agua y la humedad, lo que las hacen inapropiadas para el uso de gran cantidad de elementos que lleva la embarcación, quedando totalmente descartadas.

El nido de abeja sin embargo presenta muy buenas propiedades que la hacen apta para nuestro objetivo, pero generalmente solo se utilizan en la construcción de embarcaciones de alto rendimiento, especialmente en cubiertas y mamparos, dado que en zonas sumergidas existe un riesgo potencial de absorción de agua. Son su elevado coste y una compleja técnica de encolado las razones fundamentales de su limitada utilización.

Como material de núcleo estructural me he decantado por las espumas sintéticas, concretamente por las **espumas de cloruro de polivinilo (PVC)**, y por las **espumas de poliuretano (PU)**, y también por el **Fire Coremat®**.

Para aumentar el espesor y en mínima medida el peso de la estructura a fabricar, así como para aumentar la rigidez de la misma, se

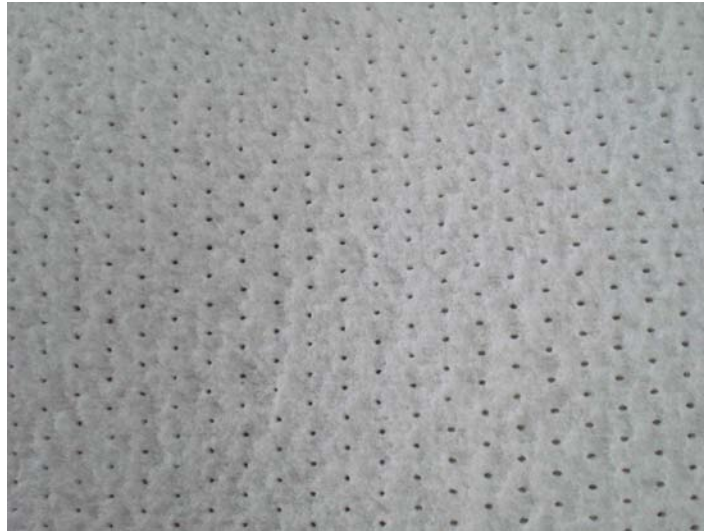
utiliza la espuma de PVC, debido a que ésta presenta buena resistencia mecánica, buena resistencia térmica, posee buenas características como aislante acústico y tiene una alta resistencia a la penetración de agua, y comparada con el resto de espumas sintéticas, posee las mejores propiedades, lo que, sumado a su adaptabilidad a superficies con doble curvatura, la convierte en la más idónea para este proyecto. Además la espuma de PVC mantiene sus propiedades mecánicas inalterables hasta 60 °C, temperatura que generalmente no alcanzará la embarcación en condiciones normales de utilización. El PVC que se usará concretamente será PVC lineal 80, que presenta una buena capacidad de absorción de impactos.

También se usarán las espumas de poliuretano, en este caso no con la misma finalidad que la espuma de PVC, es decir, no para aumentar el espesor de la estructura, sino para la fabricación de los refuerzos, tanto de los moldes, como de las piezas que sean necesarias según las especificaciones del diseño de la embarcación, de manera que estos refuerzos harán que las estructuras sean más fuertes y resistentes, evitándose problemas de pandeo y deformaciones en las piezas de grandes dimensiones. Generalmente se suelen utilizar como material aislante, como reserva de flotabilidad, y como núcleo de estructuras sándwich en embarcaciones de esloras muy reducidas, pero para nuestro objetivo, su principal función será la de actuar como material de soporte en la confección de estructuras internas.



Placa de poliuretano

También se usará para la producción el Fire Coremat®, como material de núcleo para producir las estructuras y componentes de la embarcación que requieran rigidez, pero con la ventaja de poseer un coste menor al de las estructuras sándwich realizadas con espumas sintéticas. Se usará el Coremat® XX, que posee un contenido de microesferas del 45%.



Coremat® XX

Con esto quedan definidos los materiales que se necesitan para la construcción del barco y que formarán parte de la estructura del mismo. Haremos uso de otros materiales y compuestos que no han sido nombrados en este estudio, debido a que no formarán parte estructural de la embarcación, son aquellos materiales necesarios para la elaboración de determinadas actividades, imprescindibles para la producción, tales como compuestos para la limpieza de los moldes, masillas, ceras desmoldeantes, adhesivos, etc.

6.6. INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

6.6.1. Introducción

En la construcción con materiales tradicionales, las piezas se confeccionan a partir de un material ya constituido al que se le da otra forma. Su calidad puede ser controlada en una etapa previa a la fabricación, y es posible determinar posibles fallos así como estimar la conveniencia de su uso. En la construcción con materiales compuestos, las piezas y el material surgen simultáneamente del propio proceso de fabricación. Por esta razón, el proceso de manufactura adquiere una importancia mayor que en el resto de procesos de manufactura para materiales comunes.

Existen, a nivel industrial, una gran cantidad de técnicas de fabricación con materiales compuestos, pero en el caso de la construcción de embarcaciones, dicho número se ve sensiblemente reducido dado el gran tamaño de las piezas a construir.

Los procesos aptos deben, por tanto, ser flexibles y permitir ciertos márgenes, para poder compensar la fabricación en condiciones que, en la mayoría de las veces, distan mucho de las ideales.

Se deduce entonces la importancia que tiene la elección del método de fabricación y su posterior desarrollo, como condicionantes de las características físicas y mecánicas finales de la pieza.

6.6.2. Clasificación de los procesos

Dirigiremos nuestro estudio fundamentalmente a los procesos más utilizados en la construcción naval, ya sean éstos procesos para embarcaciones completas o bien para componentes de las mismas.

Entre los procesos más idóneos en la construcción de embarcaciones podemos señalar:

Moldeo por contacto	Moldeo asistido Por vacío	Moldeo por vía líquida
a) Laminación por Contacto	a) Laminación por contacto asistido por vacío	a) RTM
b) Proyección simultánea	b) Preimpregnados	b) VARTM
c) Impregnadores	c) Preimpregnados parciales	c) Infusión

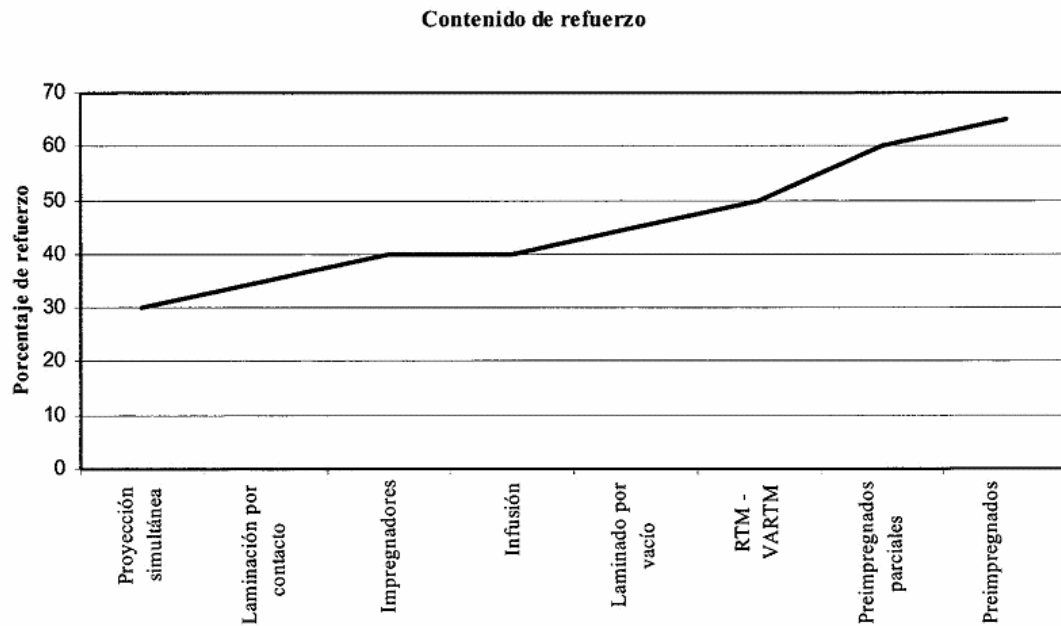
Cada proceso de fabricación fue desarrollado con una finalidad específica, para luego derivar hacia otras áreas industriales en las cuales se le encontró una nueva utilidad. Todos los métodos presentan ventajas e inconvenientes, y realizar un estudio comparativo entre ellos resulta tarea casi imposible, dada la gran cantidad de variables que entran en juego.

He creído, sin embargo, que una aproximación comparativa resultaría beneficiosa para una mejor comprensión del tema. Para poder realizarla he hecho múltiples simplificaciones, puesto que algunos procesos no son perfectamente comparables entre sí; dicha comparación se ha orientado exclusivamente a la construcción de embarcaciones de recreo o alguno de sus componentes. En muchos casos se han omitido en las gráficas valores simplemente para evitar que tales datos sean utilizados erróneamente. Los resultados ofrecidos pueden ser considerados como valores normales en la construcción de embarcaciones, aunque puede que no lo sean en otra disciplina industrial. Reiteramos que la problemática de la construcción naval es muy específica, y que la actividad de un astillero casi nunca se orienta exclusivamente a los procesos de fabricación con materiales compuestos, sino que dichas técnicas son un eslabón más en una larga cadena que tiene como finalidad conseguir un producto equilibrado.

6.6.3. Contenido de refuerzo

Una de las propiedades más significativas de un material compuesto desde el punto de vista ingenieril es la proporción de material de refuerzo en el global del laminado. Con ella se establecen las principales propiedades mecánicas del laminado resultante, obteniendo mayores propiedades cuanto

mayor sea el porcentaje de refuerzo en su constitución. Es evidente que existen límites superiores e inferiores al contenido de refuerzo, dado que fibras resacas dejarían de comportarse como un material compuesto, y que fibras excesivamente impregnadas sólo aportarían más peso a la estructura sin proporcionarle más resistencia a cambio.



El contenido de refuerzo se determina mediante un ensayo de calcinación, en el cual se introduce una probeta del laminado previamente pesada en una mufla de laboratorio; se eleva entonces la temperatura hasta que se calcina la resina (por encima de 600° C), y luego se tornan a pesar los residuos restantes. Así queda entonces establecido el porcentaje de refuerzo presente en el laminado.

Se deduce aquí que los laminados con menor cantidad de resina, o si se prefiere, con mayor porcentaje de fibra, serán aquellos que son obtenidos por procesos que se sirven de una presión externa para compactar el laminado antes de que se arribe al punto de gel de la resina.

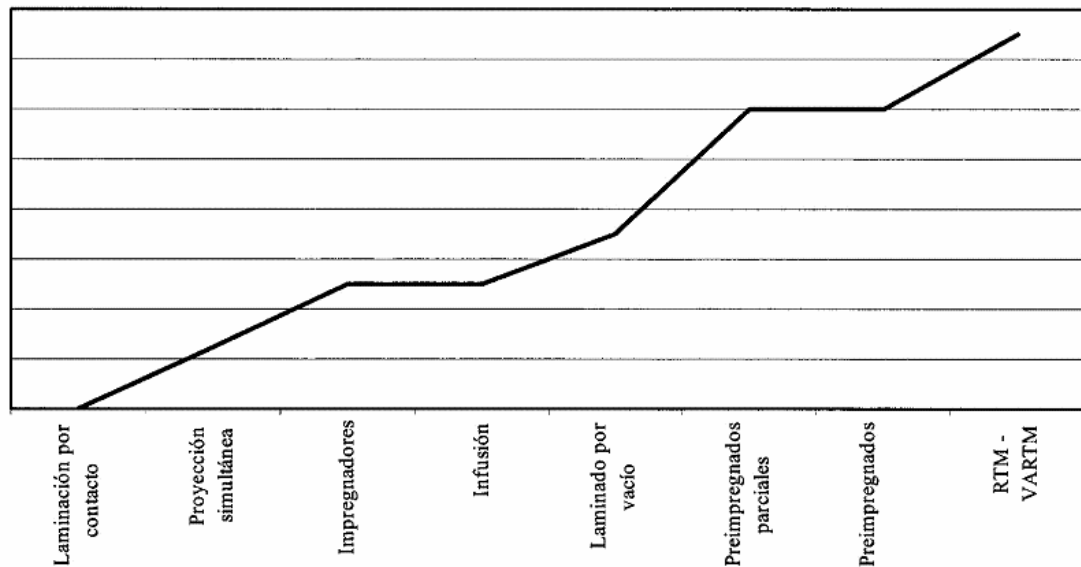
6.6.4. Coste de utillajes y equipos

Cada método requiere de útiles de trabajo y equipos específicos. El mayor coste de estos materiales de trabajo, asociados a cada uno de los

métodos, suele estar ligado a una mayor calidad del laminado. Así por ejemplo, serán muy diferentes los requerimientos de un molde para realizar piezas mediante laminado por contacto manual que uno que se utilice para fabricar piezas de preimpregnados, en el cual los criterios de estabilidad térmica y resistencia a la presión de trabajo son determinantes del alto coste final.

Además de los moldes, se analizan aquí todas las herramientas manuales necesarias para realizar el trabajo de laminado, las instalaciones con sus equipos auxiliares, los sistemas de adquisición y control de datos, así como los equipos y elementos de protección sanitaria y medioambiental.

Coste de utillajes y equipos

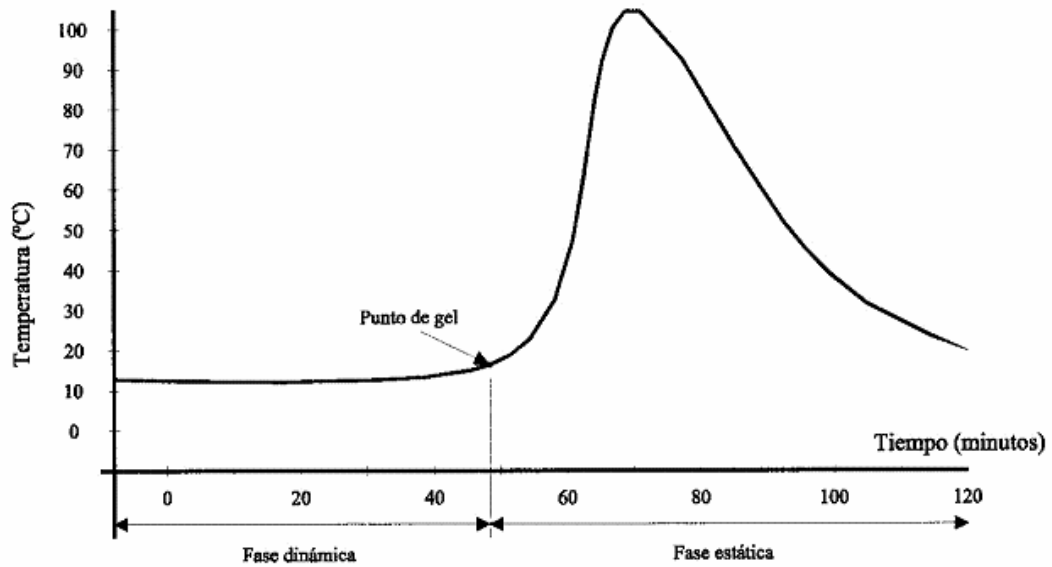


6.6.5. Emissiones de compuestos orgánicos volátiles (COV)

La mayoría de resinas poseen en su composición compuestos orgánicos volátiles, como por ejemplo el monómero de estireno en las resinas de poliéster y viniléster. Estos compuestos orgánicos, una vez realizado el laminado, tienden en gran medida a evaporarse, contaminando el ambiente de trabajo y ocasionando problemas de salud a los trabajadores.

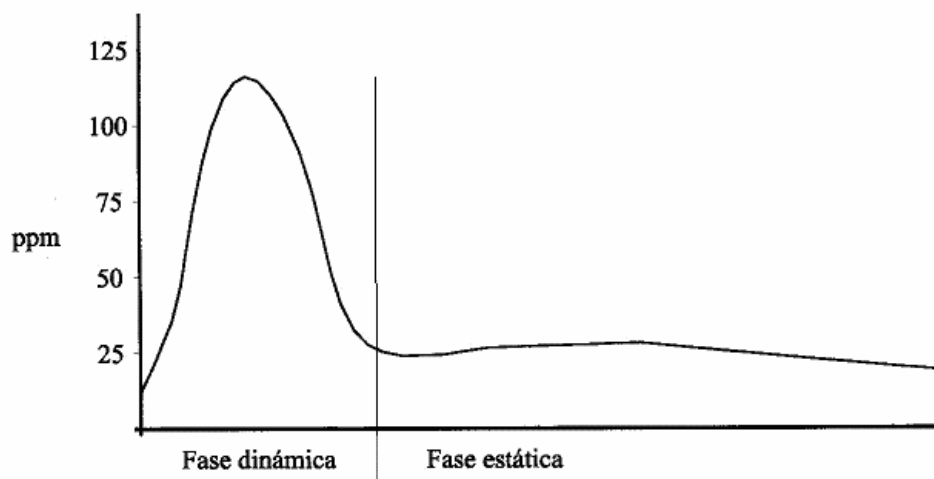
Esta contaminación del ambiente de trabajo se produce en dos fases: la primera, denominada *fase dinámica*, se produce desde que la resina se

encuentra en estado líquido hasta que alcanza el punto de gel; la segunda, denominada *fase estática*, es consecutiva de la primera, y se produce cuando la resina se encuentra en forma de sólido.



La primera fase de contaminación es la más agresiva, ya que el estado líquido de la resina facilita la evaporación de los compuestos orgánicos; la superficie de la resina está continuamente perturbada y las emisiones son difíciles de controlar.

La fase estática se produce una vez se ha concluido el laminado y la resina se encuentra en estado gel/sólido; la elevación de la temperatura fruto de la reacción exotérmica acelera la evaporación del disolvente, y a medida que avanza el grado de curado de la pieza disminuyen las emisiones.



El nivel permisible de emanaciones se encuentra regulado para cada país, y dicho número se encuentra relacionado con el volumen del local, la superficie del laminado, el proceso de fabricación empleado, el tipo de resina y el tratamiento al que se somete el aire del local de trabajo.

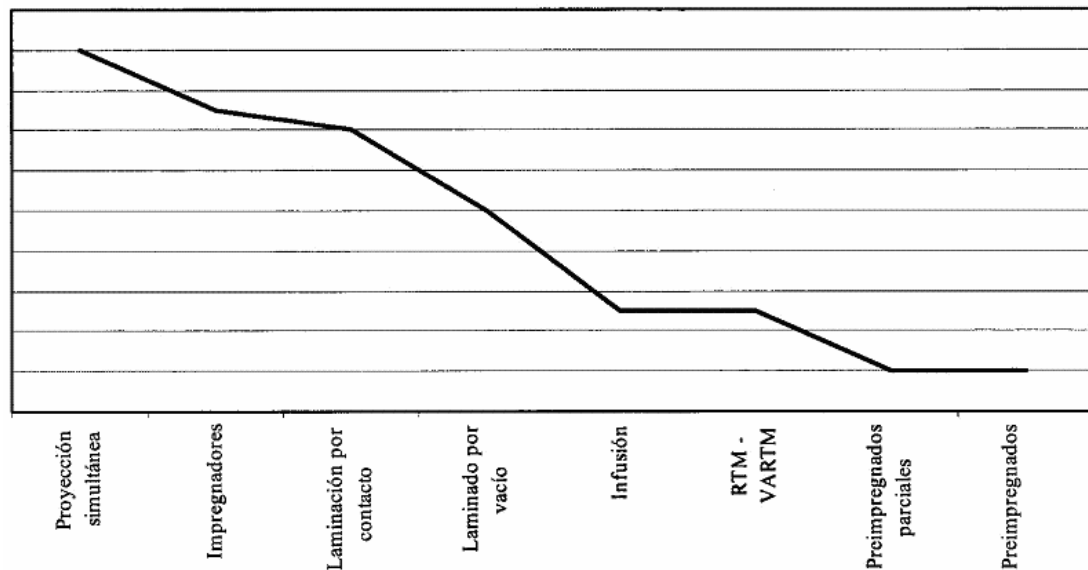
País	TLV-TWA,ppm	TLV-STEL, ppm
Alemania	20	40 (30min)
Austria	50	100 (15min)
Bélgica	50	100 (15min)
Dinamarca	25	25'
España	50 (20) ²	100 (40 ²)(15min)
Finlandia	20	100 (15min)
Francia	50	—
Holanda	25	50 (15min)
Italia	50	100 (15min)
Luxemburgo	20	40 (30min)
Noruega	25	37.5 (15min)
Reino Unido	100 ⁴	250 (10min)
Suecia	20 ³	50 (15min)
Suiza	50	100 (4x10min)
¹ Límite máximo ² R.D. 374/01 ³ 10 ppm para nuevas instalaciones ⁴ Obligación de reducir lo máximo posible		

Límite de exposición al estireno para países europeos

TLV-TWA (*Threshold limit valúes - time weighted average*): Representa la concentración media de un contaminante en el aire ponderada en el tiempo, por 8 horas diarias o 40 semanales, por debajo de la cual se puede estar expuesto repetidamente.

TLV-STEL (*Threshold limit valúes - short term exposure limit*): Representa la concentración a la que los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un corto período de tiempo (15 minutos).

Emisiones COV



Con el fin de reducir o eliminar las emanaciones de compuestos orgánicos volátiles en el ambiente se han desarrollado nuevas tendencias en materiales y procesos de fabricación.

Las tendencias relacionadas con los materiales se basan en modificar la composición de las resinas, disminuyendo o sustituyendo tales componentes por otros menos contaminantes.

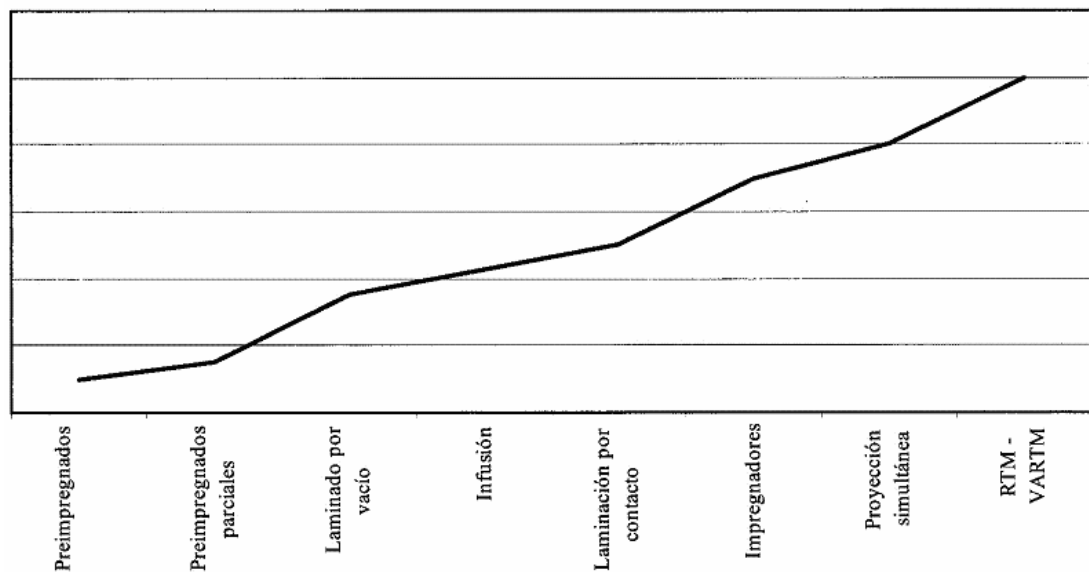
Las tendencias relacionadas con los métodos de producción se fundamentan en utilizar técnicas de moldeo conocidas como *de molde cerrado*, en las cuales, mediante la utilización de membranas o contra-moldes, se evita la evaporación del compuesto contaminante. Es el caso, por ejemplo, de los métodos de infusión, de laminado por vacío, el RTM y los preimpregnados.

6.6.6. Número de unidades que deben producirse

El número de unidades que deben producirse determina en gran medida la elección del proceso de fabricación. Si bien en la industria en general suele considerarse una alta producción la construcción de más de

10.000 unidades anuales de una pieza, en la construcción naval se considera como elevada producción la fabricación de más de 20 unidades durante el mismo período. De este hecho deriva que muchos procesos desarrollados para fabricar piezas en materiales compuestos no tengan aplicación en el campo naval, dado que su puesta en marcha y posterior amortización resultaría irrealizable con niveles tan escasos de productividad.

Así, quedan entonces al abasto del constructor, por un lado, métodos cuasiartesanales como el laminado por contacto manual, laminados por vacío y preimpregnados; procesos que serán utilizados por la gran mayoría de astilleros y pequeños talleres en la fabricación de un reducido número de unidades. Por otro, métodos derivados de conceptos automotrices de producción, como el RTM y el VARTM, que serán utilizados por las grandes empresas multinacionales del sector y que producen un elevado número de embarcaciones.



6.7. TÉCNICAS DE MOLDEO POR CONTACTO

6.7.1. Introducción a las técnicas

Las técnicas de moldeo por contacto son aquellas en las cuales la mano del hombre juega un papel muy importante en la constitución del material compuesto. Las características físicas y mecánicas del laminado dependerán en mayor medida de lo cuidadoso que sea el operario durante su elaboración. Las técnicas de moldeo por contacto utilizan, por lo general, sistemas de resinas que curan a temperatura ambiente. Son las técnicas más sencillas, más económicas y las más artesanales.

Dentro de este grupo identificamos las técnicas de laminado manual, proyección simultánea y moldeo con impregnadores.

6.7.2. Laminado manual

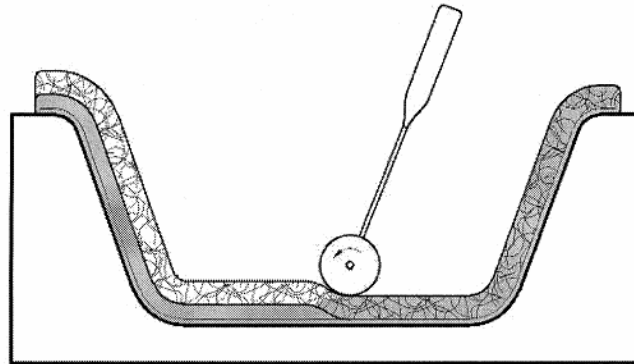
La técnica del laminado manual, encuadrada en el grupo de técnicas de moldeo por contacto, es una de las más antiguas entre todas las técnicas conocidas en la fabricación de piezas con materiales compuestos.

Las técnicas de laminado por contacto aprovechan las ventajas de los sistemas de matrices poliéster y viniléster en su procedimiento de curado; que no necesitan la aportación de calor externo para su completa polimerización ni de alta presión de moldeo para su estratificación.

A pesar de ser una técnica sencilla y artesanal, con mucha dependencia de la habilidad del operario, continúa siendo a lo largo de los años la más difundida, tanto por su bajo coste como por su adecuación a piezas de diferentes geometrías y tamaños, y porque además no presenta excesivos problemas.

- **Concepto fundamental**

El proceso de laminado manual consiste en la aplicación de sucesivas capas de material de refuerzo sobre un molde, para impregnarlas gradualmente con resina mediante la acción de un rodillo o brocha.



Laminado manual

La acción de pasar el rodillo sobre la superficie obedece a dos razones fundamentales: a) ayudar a la impregnación del refuerzo; b) intentar evitar que queden burbujas de aire atrapadas entre las sucesivas capas del estratificado.

La presión de compactación del laminado tiene valores que varían entre 0 y 0,1 Kg/m². Dicha presión ocurre exclusivamente cuando se aplica la acción del rodillo, y presenta variaciones en diversos aspectos como geometría de la pieza, posición de laminado, viscosidad de la resina, así como también en aspectos humanos relacionados con el operario, como su motivación, cansancio, etc.

6.7.3. Proyección simultánea

El método de proyección simultánea fue desarrollado en Estados Unidos en la década de los cincuenta como consecuencia del auge vivido por la industria del plástico reforzado con fibras de vidrio.

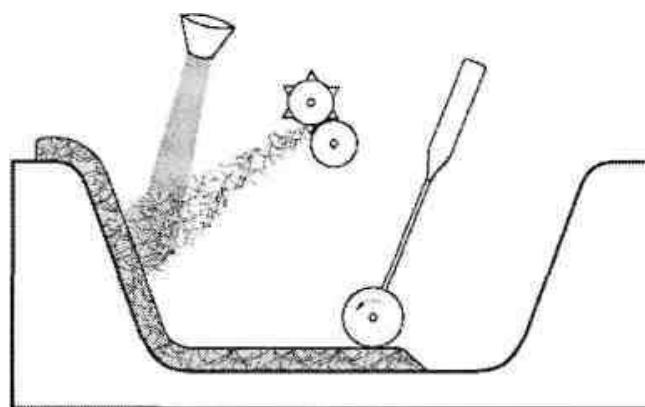
Si bien todavía posee una fuerte componente artesanal, se puede decir que es una evolución del método de laminado manual en pos de una mayor productividad. Se encuentra fuertemente arraigado en los astilleros que realizan piezas de grandes dimensiones, como pesqueros y embarcaciones de pasaje de cabotaje.

- **Concepto fundamental**

El proceso de proyección simultánea consiste en proyectar fibra cortada (generalmente hilos de *roving*) entre chorros de resina catalizada mediante un equipo especial de proyección, de manera que la matriz y el refuerzo se depositen simultáneamente sobre el molde. Una vez depositados, se procede a realizar un compactado mediante rodillos o espátulas para mejorar la impregnación de los refuerzos y eliminar el aire que queda atrapado entre las diferentes capas del estratificado.

A diferencia del laminado manual, aquí la impregnación la hace un equipo de proyección de resina; sin embargo, la etapa de consolidación todavía se realiza manualmente mediante rodillos. Esta etapa adquiere mayor relevancia que en el laminado manual, dado que el laminado obtenido inicialmente fruto de la proyección contiene en su interior una considerable cantidad de aire, que debe evacuarse mediante la presión de un rodillo o espátula.

La presión de compactación del laminado será entonces similar al laminado manual, con valores comprendidos entre 0 y 0,1 Kg/m². Dicha presión se verá afectada por variables como viscosidad de la resina, geometría de la pieza, posición del laminado, y por aspectos humanos relacionados con el operario, como su motivación, cansancio, etc.



Proyección simultanea

6.7.4. Moldeo con impregnadores

El proceso de moldeo con impregnadores es una técnica que ha sido desarrollada originariamente para satisfacer las necesidades de los constructores de grandes embarcaciones en materiales compuestos, pues requerían transformar elevados volúmenes de material con una alta velocidad de proceso.

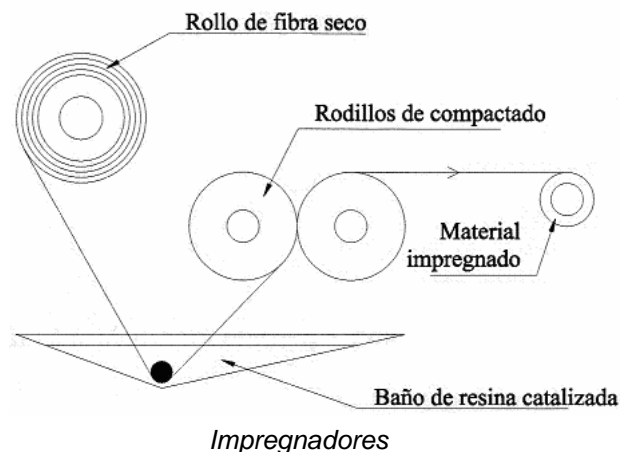
La técnica se encuentra a mitad de camino entre los laminados manuales y los preimpregnados: los laminados son de mejor calidad, uniformidad y contenido de matriz, sin las limitaciones de utilización de estructuras textiles que presenta el método de proyección simultánea.

- **Concepto fundamental**

El proceso es considerado como una evolución del laminado manual y consiste básicamente en sumergir la estructura textil en un baño de resina catalizada, para luego extraer el exceso de la misma mediante la compresión del material a través de diversos rodillos de compactación.

El control del porcentaje de resina presente en el laminado se realiza regulando la separación de los rodillos, y puede arrojar laminados con porcentajes de fibra comprendidos entre un 35% y hasta un 55%.

Una vez realizado el proceso de impregnación, se transporta el material y se deposita sobre el molde, para luego realizarle el compactado y desburbujeo mediante la acción de rodillos o espátulas.



Con este proceso se consigue mecanizar una parte importante del proceso de laminado manual, con las consabidas ventajas del caso.

6.8. TÉCNICAS DE MOLDEO ASISTIDAS POR VACÍO

6.8.1. Introducción a las técnicas

Las técnicas de moldeo asistidas por vacío permiten conseguir materiales compuestos con mejores propiedades físicas y mecánicas que los obtenidos por las técnicas de moldeo por contacto, aunque sus costes operativos suelen ser ligeramente superiores.

Estas técnicas aprovechan una presión externa para prensar el laminado y optimizar el contenido de matriz en el material compuesto, mejorando la adhesión interlaminar entre capas y obteniendo un laminado con una densidad mayor.

Los procesos de laminado asistidos por vacío suelen ser procesos más extensos y las resinas requieren, por lo general, de curados o postcurados a altas temperaturas.

Dentro de este grupo de procesos podemos distinguir el laminado manual asistido por vacío, el laminado con preimpregnados y el laminado con preimpregnados parciales.

6.8.2. Moldeo por vacío - laminado manual

La técnica de laminado manual asistido por vacío consiste en crear una presión adicional sobre el laminado durante su ciclo de curado. La función principal de la técnica consiste en optimizar las relaciones refuerzo-matriz del material.

La presurización del laminado cumple además otras importantes funciones: remueve el aire atrapado entre capas; compacta las capas de refuerzo por transmisión de fuerzas, proporcionando laminados más uniformes; evita que la orientación del laminado se modifique durante el curado; y reduce la humedad.

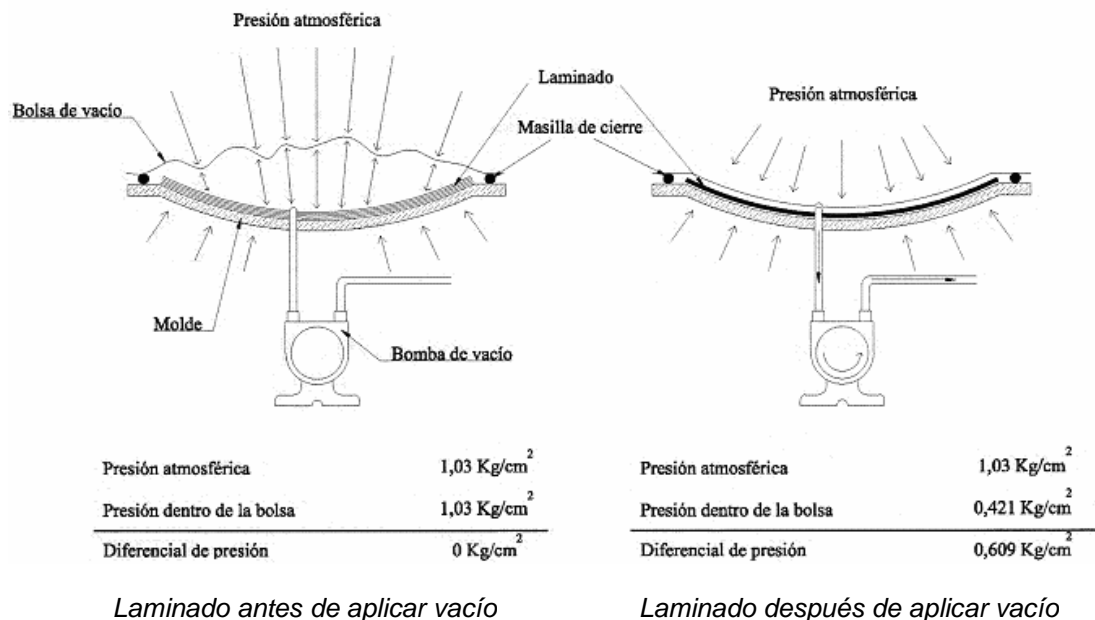
Todas estas ventajas han sido utilizadas durante años para maximizar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales compuestos, tanto en campos aeronáuticos, aeroespaciales como en las industrias de

componentes para competición.

- **Concepto fundamental**

Este método es básicamente una extensión del método de moldeo por contacto-laminado manual, donde la presión es aplicada al laminado una vez éste se ha realizado al completo pero encontrándose la resina aún en un estado previo al de gel.

La presión actuante se obtiene a través de un diferencial de presiones. Se coloca sobre el laminado una membrana estanca y se procede a extraer el aire que existe en su interior, a través de un sistema de vacío. Al disminuir la presión en el interior de la bolsa, la presión atmosférica exterior actúa sobre el laminado presionándolo. En función de la capacidad del equipo de vacío y del grado de estanquidad alcanzado, obtendremos mayor presión de compactado.



El moldeo por contacto asistido por vacío surgió como una evolución del método de laminado manual, buscando solucionar los problemas de bajos contenidos de refuerzo en su composición.

Esta antigua y sencilla técnica es hoy en día la preferida para los

constructores navales que buscan estructuras sumamente livianas y con requerimientos estructurales elevados.

6.8.3. Laminado de preimpregnados

Los materiales compuestos preimpregnados (conocidos también como *prepegs*) fueron desarrollados originariamente para aplicaciones aeronáuticas y aeroespaciales que requerían un material con un elevado contenido de refuerzo y una buena uniformidad del contenido de resina en su composición.

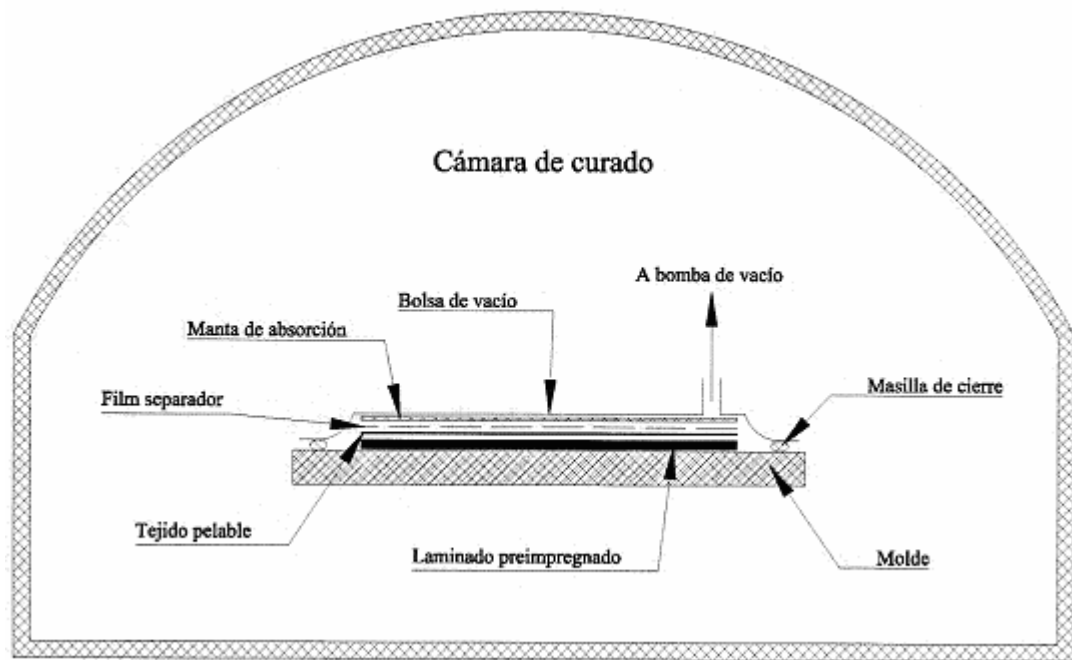
Aunque en el sector naval actualmente sólo se construyen embarcaciones de altas prestaciones, debido al elevado coste del material, se cree que en los próximos años su utilización será mas frecuente en embarcaciones de producción, a medida que se descubran otras aplicaciones industriales para dichos materiales que permitan reducir sus elevados costes de elaboración.

- **Concepto fundamental**

La técnica del moldeo con preimpregnados permite separar los procesos de preparación de los de moldeo. De esta manera, con las piezas cortadas previamente, la colocación de las capas de material sobre el molde es más sencilla, lo que permite disponerlas en su correcta orientación y con la posibilidad de rectificar si procede.

El laminado de preimpregnados se realiza disponiendo sobre un molde las diferentes capas de estructuras textiles preimpregnadas, previamente descongeladas. Cuando la cantidad de capas o los espesores de las mismas sean importantes (más de 1000 g/m²), se debe proceder a realizar compactados intermedios mediante vacío, a efectos de eliminar el aire que puede quedar atrapado entre capas.

Una vez finalizado el laminado, la pieza alojada en su molde debe ser sometida a un aumento programado de presión y temperatura para que se produzca el curado final de la misma.



Laminado de preimpregnados

La temperatura de curado final y la presión de compactado estarán en función del tipo de preimpregnado seleccionado. Si las presiones son bajas (hasta $-0,98$ bar), se recurre generalmente a la técnica de vacío; si las presiones necesarias son elevadas, se recurre al uso de prensas o autoclaves.

En piezas de geometría compleja, el uso de autoclaves garantiza elevadas presiones hidrostáticas de compactación sobre la totalidad de su superficie.

En el caso de la industria naval, dadas las grandes dimensiones y especial geometría de las piezas, se suelen procesar casi exclusivamente con la ayuda de sistemas de vacío.

Como resultado del proceso se obtienen materiales compuestos de una calidad muy superior a la técnica de laminado por contacto asistida por vacío y a las técnicas de moldeo por contacto.

6.8.4. Preimpregnados parciales

Considerados también como preimpregnados de segunda generación, la ventaja principal de los preimpregnados parciales respecto de los preimpregnados clásicos radica en que no es necesario realizar las compactaciones intermedias cada determinado número de capas de material.

Sin duda, esta interesante peculiaridad se traduce en una importante reducción del tiempo de proceso, sin renunciar por ello a características físicas y mecánicas similares a los preimpregnados tradicionales.

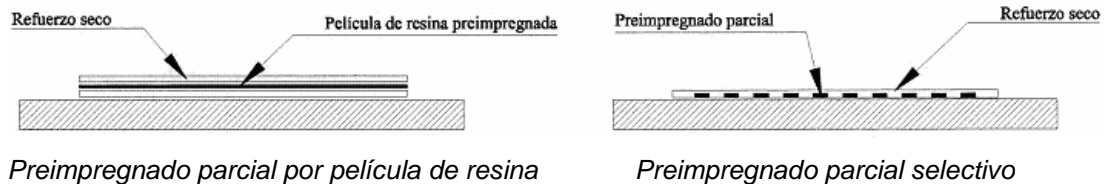
- **Concepto fundamental**

En esencia, los preimpregnados parciales son muy similares a los preimpregnados clásicos. Las resinas y las estructuras textiles que se utilizan en su confección sólo tienen pequeñas modificaciones respecto de las utilizadas en los preimpregnados tradicionales.

La diferencia fundamental respecto aquéllos se basa en que las fibras son impregnadas sólo parcialmente, mediante un impregnado selectivo o películas de resina preimpregnada. Esta característica permite a las fibras secas actuar como una gran membrana porosa, facilitando la salida del aire que pudiese quedar atrapado entre capas del laminado antes del curado.

Cuando se somete al material al proceso de curado, la resina impregna las zonas secas del refuerzo. De esta manera, no se hacen necesarios los costosos compactados intermedios que caracterizan a los preimpregnados tradicionales, lo que reduce sustancialmente los tiempos de proceso.

Esta particular característica de los preimpregnados parciales permite, pues, realizar estructuras laminadas de diferentes espesores de una sola vez (*one-shot*), sin necesidad de plantear el laminado como etapas parciales de un laminado global.



Si bien se puede disponer de casi todo tipo de estructuras textiles, en lo referente a matrices solamente se encuentran disponibles en resinas *epoxi*. Respecto a los materiales de núcleo, éstos deben ser capaces de soportar las temperaturas a las que serán expuestos durante el proceso de curado.

Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, no existe emisión ni en la fase de laminado ni en la fase de curado, ya que el laminado se encuentra confinado en una bolsa cerrada.

Las condiciones ambientales para el proceso son similares a las necesarias para los materiales preimpregnados. La temperatura del local debe situarse próxima a los 18 °C para manipular fácilmente los materiales; a menor temperatura se produce un exceso de rigidez del material, y a temperaturas mayores de 25 °C, la adhesividad del mismo convierte al proceso en inviable.

6.9. TÉCNICAS DE MOLDEO POR VÍA LÍQUIDA

6.9.1. Introducción a las técnicas

Las técnicas de moldeo de materiales compuestos por vía líquida se fundamentan en que la resina y las fibras de refuerzo entran en contacto entre sí por primera vez en el interior de un molde cerrado; se colocan las fibras secas, y una vez cerrado el molde, por medio de diferentes mecanismos, se introduce resina catalizada en su interior. La presión de compactación se consigue mediante la utilización de contramoldes rígidos o la utilización de la técnica auxiliar de vacío.

Dentro de este grupo de técnicas podemos distinguir las técnicas de transferencia de resina (RTM) y la técnica de infusión.

6.9.2. RTM

- **Concepto fundamental**

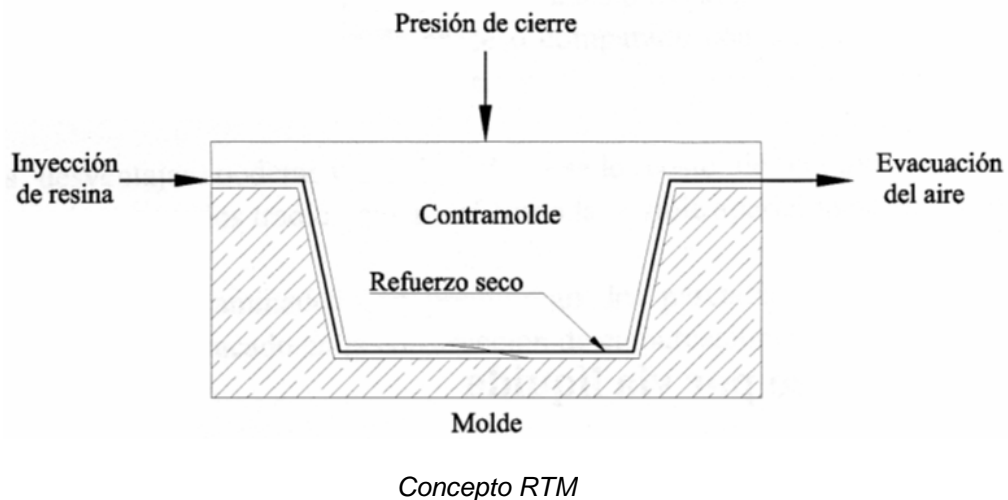
Las siglas RTM significan moldeo por transferencia de resina (*Resin Transfer Molding*). La técnica nace en la década de los cuarenta, pero no es hasta los años setenta que alcanza su madurez, impulsada por las industrias automovilísticas y aeronáuticas.

El proceso RTM es considerado como un proceso de molde cerrado de baja presión. En dicho proceso, se colocan los refuerzos de fibra secos en el interior de un molde, y una vez cerrado y bajo presión, se inyecta o transfiere resina catalizada al interior del mismo. Para reducir el tiempo de curado de las piezas se puede someter al conjunto a una elevación programada de la temperatura.

El rango de presiones hidrostáticas de cierre se encuentra entre 2 y 10 bar, y las presiones de inyección de resina oscilan entre 1,5 y 10 bar. Esto obliga a que los moldes sean muy robustos, así que se construyen en la mayoría de casos con metales como acero, aluminio o cobre, o bien materiales moldeados en masa, como la resina *epoxi*.

La evacuación del aire interior se realiza mediante drenajes colocados

estratégicamente o mediante la ayuda auxiliar de la técnica de vacío.



6.9.3. Técnicas de moldeo por infusión

El problema de las emisiones de estireno es un tema de máxima actualidad para todos los transformadores de materiales compuestos. La vigente normativa europea obliga a reducir drásticamente los niveles de emisiones al ambiente, por lo que los empresarios buscan soluciones constantemente a esta problemática.

Las líneas de trabajo discurren básicamente por dos caminos diferentes: uno consiste en modificar los valores de estireno en las resinas (disminuirlo o sustituirlo por otros monómeros); el otro consiste en modificar los procesos de fabricación, migrando de los métodos de molde abierto a los métodos de molde cerrado.

La industria naval, dadas las características de los productos que fabrica, restringe las alternativas de métodos de molde cerrado idóneos. La infusión es una alternativa perfectamente válida a los métodos tradicionales de molde abierto, que permite construir piezas de grandes dimensiones con bajo coste, y en la cual se pueden aprovechar la mayoría de los moldes ya existentes, con una reducción sustancial de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles al ambiente.

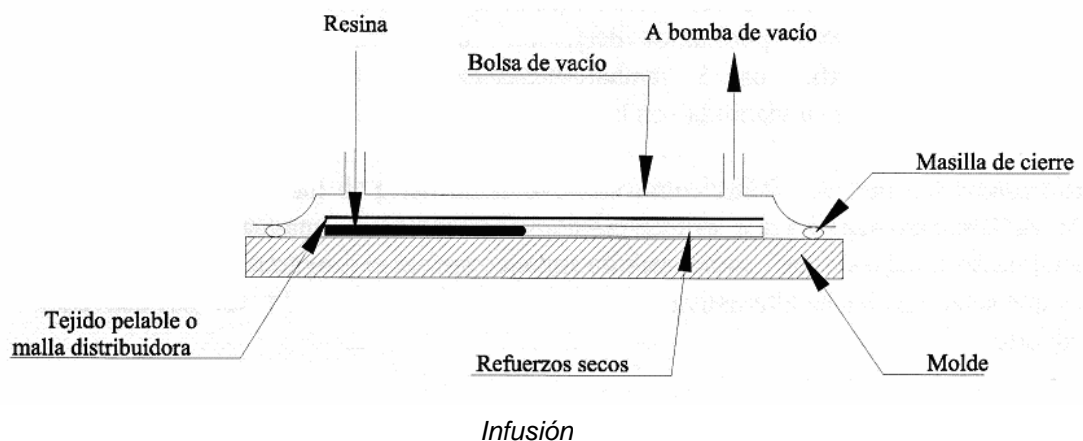
- **Concepto fundamental**

El proceso de infusión consiste de varias etapas: primero se disponen las fibras de refuerzo secas sobre el molde; si la pieza lo requiere, se puede pintar el molde con *gelcoat* previamente.

A continuación todo el conjunto es compactado mediante presión de vacío por medio de una bolsa, para extraer el aire atrapado entre capas de laminado.

Una vez compactado el laminado seco, se permite el paso de resina catalizada a través de mangueras estratégicamente distribuidas sobre todo el molde. La distribución de la resina sobre el laminado es ayudada por medio de las estructuras textiles que actúan como una gran membrana porosa.

Una vez lleno de resina todo el conjunto, se mantiene bajo depresión hasta que se efectúe la polimerización de la resina. Dicha polimerización se realiza a temperatura ambiente, aunque pueden reducirse los tiempos de curado mediante la aportación de calor externo.



6.10. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE FABRICACIÓN

Una vez que ya son conocidos todos los materiales y compuestos que se van a utilizar para la obtención de la embarcación, y tras el estudio de cada uno de los métodos de fabricación de materiales compuestos que pueden utilizarse para la obtención del producto, he decidido que debido a sus principales ventajas, y principalmente debido a sus requerimientos económicos y su simplicidad de ejecución, el método utilizado por el Astillero para la fabricación del producto será el **laminado manual**.

Este proceso tal y como ya ha sido comentado, consiste en la aplicación de sucesivas capas de material de refuerzo sobre un molde, para impregnarlas gradualmente con resina mediante la acción de un rodillo o brocha.

Seguidamente se indicarán algunas de las ventajas, y en contrapartida, los inconvenientes, que presenta esta técnica de fabricación:

6.10.1. Ventajas

- a) Los equipos necesarios son de extrema sencillez y su coste es relativamente bajo
- b) El coste de la materia prima es reducido
- c) Dada su simplicidad no requiere mano de obra excesivamente cualificada
- d) No existen límites respecto del tamaño de pieza a producir
- e) El coste de los moldes es el más bajo entre todos los procesos de producción
- f) Es un método ideal para producciones cortas y para piezas de gran tamaño
- g) Se pueden emplear todo tipo de refuerzos y resinas
- h) Se pueden construir tanto estructuras sándwich como monolíticas

- i) En general no requiere de procesos térmicos posteriores

6.10.2. Desventajas

- a) Los laminados son de calidades irregulares (uniformidad, homogeneidad y tasa de porosidad).
- b) El contenido de refuerzo es bajo, entre 25 y 35%.
- c) Existe una fuerte dependencia de la habilidad y motivación del operario.
- d) Requiere, en general, de numerosa mano de obra.
- e) La productividad es baja debido a lo artesanal del proceso.
- f) Los factores ambientales como temperatura y humedad pueden condicionar el proceso.
- g) Provoca elevadas emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV).
- h) Se producen gran cantidad de desperdicios.
- i) El acabado superficial sólo es bueno en la superficie que está en contacto con el molde.

6.10.3. Conclusiones

No existe un método que se pueda considerar “perfecto” para este tipo de trabajos, todos tienen unas ventajas y unos inconvenientes, que los hacen más o menos adecuados para cada tipo de elemento a fabricar. La elección de la técnica a usar por el constructor depende de múltiples factores, que ya han sido tratados anteriormente. En mi caso este método ha sido el elegido entre los demás expuestos por las siguientes razones:

- Es uno de los métodos que introducen menor porcentaje de refuerzo en la composición del material compuesto, del orden del 30 al 40%. Pero es el suficiente para el proyecto en estudio y no necesita de cantidades mayores, siendo estos porcentajes los recomendados por el proyecto de diseño de la embarcación.
- Es el método que presenta menores costes de utillaje y equipos de todos los estudiados, siendo éste uno de los puntos fuertes que lo hacen el elegido para la consecución de nuestro objetivo.
- No es el método que produce la menor cantidad de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, pero tampoco es el que más produce, encontrándose en una situación intermedia. Mediante esta técnica se generan emisiones que se encuentran por debajo del límite de exposición al estireno para cualquier país europeo, lo que lo hace apto para el objetivo que se pretende conseguir, cumpliéndose las normas legales de emisión de gases tóxicos y contaminantes.
- Además ha de indicarse la sencillez de proceso; que se pueden utilizar todo tipo de resinas y estructuras textiles; que no existen límites de tamaño de pieza a fabricar; y que no requiere de costosos procesos térmicos posteriores para alcanzar sus máximas propiedades.
- Si añadimos a todo esto nombrado anteriormente, que el proceso es ideal para producciones bajas o unitarias, obtendremos un método que se adapta perfectamente a nuestros requerimientos. En el caso de querer realizar una gran producción, del orden de 20 unidades anuales, el método elegido debería ser el RTM, o el VARTM, pero la capacidad de producción de la que se dotará al Astillero que se encargue de la fabricación de la embarcación será de un máximo de 12 barcos anuales siempre que las condiciones sea favorables, lo que implica que la producción no es excesivamente elevada. Es esta otra de las razones por las que el laminado por contacto manual es el elegido como método de fabricación, no necesitándose ningún otro método más complejo o costoso.

Estas son las principales razones que han hecho que me decante por esta técnica, ya que este método es sencillo de llevar a cabo, y además me permite obtener resultados satisfactorios al coste más bajo, pudiéndose conseguir de esta manera la mayor cantidad de beneficios posible.

CAPÍTULO 7:

PROCESOS OPERATIVOS

Para llevar a cabo la construcción del catamarán de forma efectiva y satisfactoria, es necesario que se sigan de forma ordenada una serie de procesos.

Los procesos que se estudiarán a continuación, engloban los procedimientos que se siguen después de que un cliente contacta con la empresa constructora, en este caso el Astillero que lleva a cabo este proyecto, donde el cliente elegirá el equipamiento opcional que posibilita el diseño del barco y firmará posteriormente un contrato para que se realice la construcción.

A partir de entonces, y para llevar a cabo la producción del barco, se deben realizar los procesos que a continuación se citan:

1. Planificación de la producción
2. Fabricación
3. Verificación de funcionamiento

Con la consecución de estos procesos, el catamarán quedará listo para ser entregado al cliente solicitante.

7.1. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

El presente proceso describe cómo se realiza la planificación de la producción en el Astillero constructor, desde que el cliente ha firmado el contrato con la empresa solicitando un catamarán, hasta que se planifica el orden de las actividades que se deben ir siguiendo para la fabricación del mismo.

7.1.1. Realización de la planificación

Una vez que ya se conoce el equipamiento que llevará la embarcación a fabricar, según las peticiones del cliente, se realiza una planificación de la producción.

Dicha planificación estará dividida en cuatro grandes sectores, y cada uno de estos sectores está desglosado en las actividades que tienen que llevarse a cabo. Los sectores en los que se divide la planificación son los siguientes:

- Laminación
- Carpintería e Interiores
- Electricidad y Mecánica
- Fontanería, Herrajes y Accesorios

Cada uno de estos sectores engloba una serie de tareas que deben llevar a cabo los operarios para ir avanzando en la producción del catamarán. Todas estas actividades estarán recogidas en unos partes de horas, los cuales servirán para controlar la producción y de esta manera ir modificando la planificación en caso necesario, así como también servirán para ir contabilizando las horas que echan los operarios.

Existirá un parte diferente para cada sector, cada uno de ellos será de diferente color para facilitar su comprensión. Existirá un jefe de producción para cada uno de estos cuatro sectores.

Los colores característicos de los sectores serán los siguientes:

- Color AZUL: Laminación
- Color VERDE: Carpintería e Interiores
- Color AMARILLO: Electricidad y Mecánica
- Color GRIS: Fontanería, Herrajes y Accesorios

7.1.2. Distribución del trabajo diario

El Responsable de Producción del Astillero se reunirá diariamente con los responsables de las distintas áreas de trabajo (Laminación, Carpintería e Interiores, Fontanería, Herrajes y accesorios, y Electricidad y Mecánica) para acordar la planificación de los trabajos a realizar. Cada uno de estos responsables comunicará a los operarios que están a su cargo el trabajo diario que deben llevar a cabo.

Al final de la jornada, cada uno de los operarios deberá entregar relleno a su jefe los partes de horas. Éstos, remitirán los partes al Responsable de Producción, para que pueda comprobar el estado de la planificación, verificando que se están cumpliendo los objetivos previstos, y modificándola en el caso que sea necesario.

Se identificarán en la planificación con color ROJO aquellas tareas que son urgentes llevar a cabo, cuando haya surgido algún imprevisto y sea necesaria rectificar la planificación previa.

De acuerdo con lo contratado por el cliente, se añadirán o eliminarán actividades en la planificación de la producción, según el equipamiento opcional elegido, indicándose también en los partes de horas como actividades adicionales a realizar.

7.1.3. Rellenar los partes de horas

Cada uno de los operarios deberá rellenar el parte de horas que le corresponde, en función del sector de trabajo en el que se encuentra. Es

necesario que se rellene un parte de horas por cada embarcación en la que se haya trabajado.

Los colores de los partes de horas coinciden con los colores usados para la planificación:

- Parte de horas de color AZUL: Laminación
- Parte de horas de color VERDE: Carpintería e Interiores
- Parte de horas de color AMARILLO: Electricidad y mecánica
- Parte de horas de color GRIS: Fontanería, Herrajes y Accesorios

En dichos partes de trabajo cada operario deberá indicar su código identificativo, así como la hora de inicio y fin de cada una de las actividades que ha llevado a cabo durante la jornada laboral.

Para la construcción de un catamarán se realiza una planificación. En ella se establece que todo el proceso productivo necesita de un trabajo estimado de 4319 horas para la fabricación de un catamarán estándar sin equipamiento opcional, lo que implica que la duración de la fabricación será de 62 días aproximadamente, teniendo en cuenta los días festivos. Esta estimación ha sido calculada para un trabajo realizado por 17 operarios cualificados, y alternando tareas para la producción simultánea de dos catamaranes en el Astillero. La planificación detallada podrá observarse en los anexos en forma de diagrama de Gantt.

7.2. FABRICACIÓN

El proceso de fabricación puede considerarse como el más importante en la producción del catamarán, pues es el que incluye los procedimientos que son necesarios realizar para conseguir el objetivo de nuestro proyecto, y por ello será el más extenso.

Este proceso estará compuesto por cuatro procedimientos, que se han denominado de la siguiente manera:

1. Construcción del modelo
2. Fabricación de moldes
3. Fabricación de piezas
4. Montaje

Cada uno de estos procedimientos será descrito y detallado en las siguientes páginas, de manera que pueda considerarse un manual o guía para la fabricación del catamarán, aunque tal y como se ha dicho anteriormente, podría ser extrapolable a la fabricación de otro modelo de embarcación con características y especificaciones similares.

7.2.1. Construcción de modelos

No existe un camino fácil y rápido para producir un trabajo de calidad en poliéster. Un buen trabajo es un arte cuidadoso y preciso. Debe comenzarse con una cuidadosa preparación del modelo para poder fabricar el molde.

El elemento primario para la realización de una pieza de plástico reforzado es el modelo. Este útil básico puede realizarse en madera, metal, barro, escayola, cemento, cera, vidrio, piezas de poliéster ensambladas, etc.

Cuando el diseño de la pieza corresponde a un diseño original es necesario proceder al estudio de un modelo.

En algunos casos el modelo se utiliza directamente para la obtención de la pieza o piezas en plástico reforzado, pero lo más normal es que sea usado para la realización del molde, como va a ser nuestro caso.

Para distinguir, consideraremos molde, como el elemento en que se conforma la pieza de plástico reforzado, siendo el modelo el elemento del cual se obtiene el molde. A veces se llama *molde patrón* al modelo y *molde de producción* al otro tipo de molde.

Muchos copiados de trabajos originales son hechos en yeso, resina de poliéster, resina *epoxi* o madera recubierta con poliéster o *epoxi*.

Previamente a la manufactura del modelo deberá tenerse en cuenta el modelo de matrices que se pretende sacar del mismo. De los modelos de yeso difícilmente podrá sacarse más de un molde, mientras que cuando son de poliéster se pueden sacar varios, es por ello que el modelo será fabricado con poliéster reforzado.

El presente procedimiento trata de describir cómo se realiza la fabricación del modelo necesario para la obtención de los moldes que se necesitarán para la fabricación de las piezas de las embarcaciones en el Astillero constructor.

7.2.1.1. Etapas de construcción de modelos

- **Construcción del modelo en madera**

El Responsable de Carpintería e Interiores será quien se encargue de la construcción de los modelos en madera, según las especificaciones de los planos de construcción de modelos diseñados por la Oficina Técnica, y ante cualquier duda, el Responsable de Carpintería e Interiores se pondrá en contacto con el ingeniero de Oficina Técnica.

Hay que indicar que para la obtención de cada uno de los moldes es necesario la construcción de un modelo, por ello hay que tener en cuenta que se realizará un modelo por cada una de las piezas que se necesitarán fabricar en poliéster reforzado con fibra de vidrio para la obtención del catamarán en estudio.

Debido a que cada componente de la embarcación es diferente, y que cada modelo llevará unas especificaciones particulares, en este apartado se redactará el procedimiento de construcción de los modelos de forma genérica, pero ilustrándolo con imágenes de uno de los cascos del catamarán, para de esta forma facilitar su comprensión.

Para la realización de los modelos se parte de unos planos de construcción de modelos. Estos planos deberán sacarse a escala 1:1 para la fabricación de cada uno de los modelos. Se sacan en papel, y servirán como plantilla para la construcción de los elementos en el material que llevemos a cabo el modelo. Para la construcción de los modelos del catamarán se utilizará la madera previamente, pues es un material fácil de mecanizar, barato, y nos permitirá conseguir una buena reproducción.

Los planos de construcción de los modelos generalmente llevarán una serie de líneas que serán necesarias tener en cuenta a la hora de construir el modelo. Son la **línea base**, que será aquella que marcará la base, que es una línea recta horizontal y extendida longitudinalmente que normalmente coincide con la quilla, y que sirve para referir las distancias verticales; la **línea de referencia**, que se utiliza como referencia en la construcción, tal y como su nombre indica; y la **línea de flotación**, que es la que separa la parte sumergida de una nave de la que no lo está, y es, evidentemente,

indicada por la superficie del agua. Estas tres líneas irán marcadas en los planos de construcción del modelo.

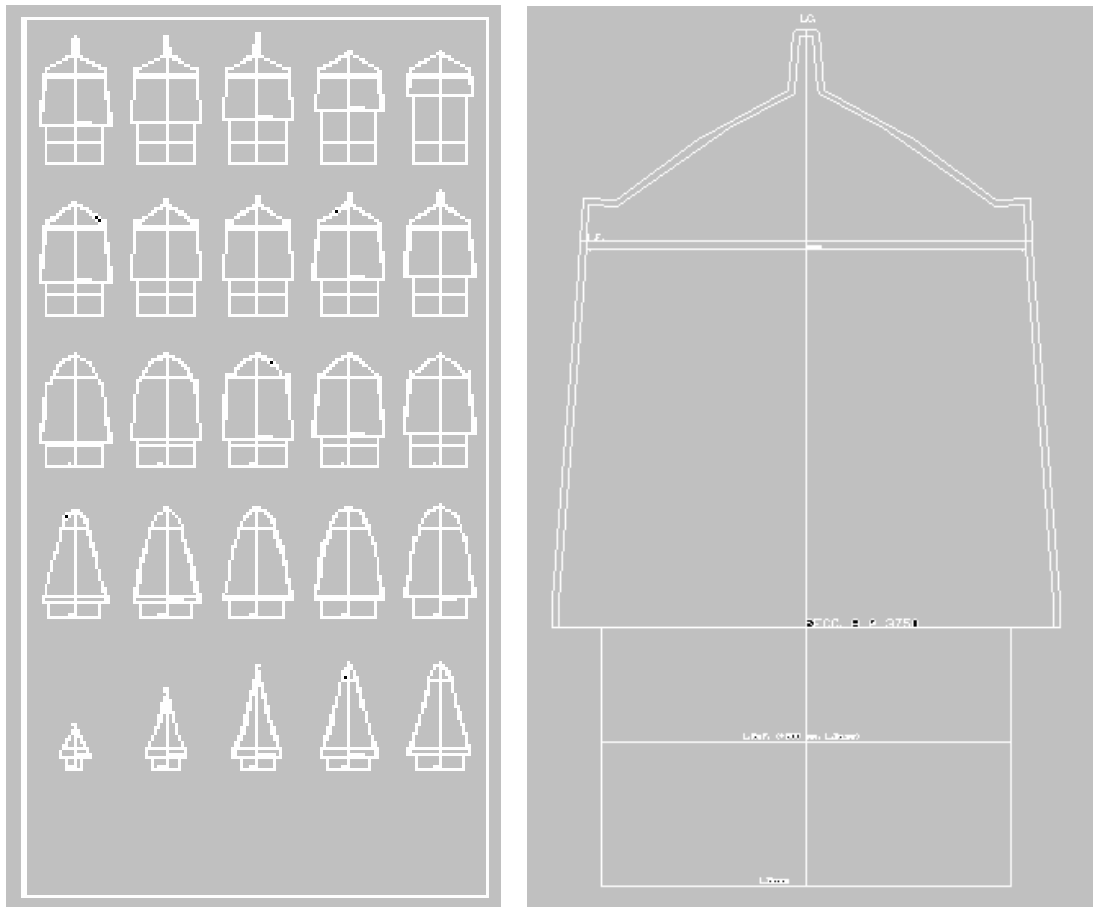
El modelo se sustentará sobre una estructura de madera, a partir de la cual se comenzará la construcción, y será dicha estructura la que marque la línea base del modelo. A esta estructura se le denominará comúnmente la *cama*, estará constituida por una serie de vigas de madera, las cuales se fijan al suelo atornilladas o clavadas, para de esta forma conseguir la estabilidad necesaria cuando se comience a montar el modelo.



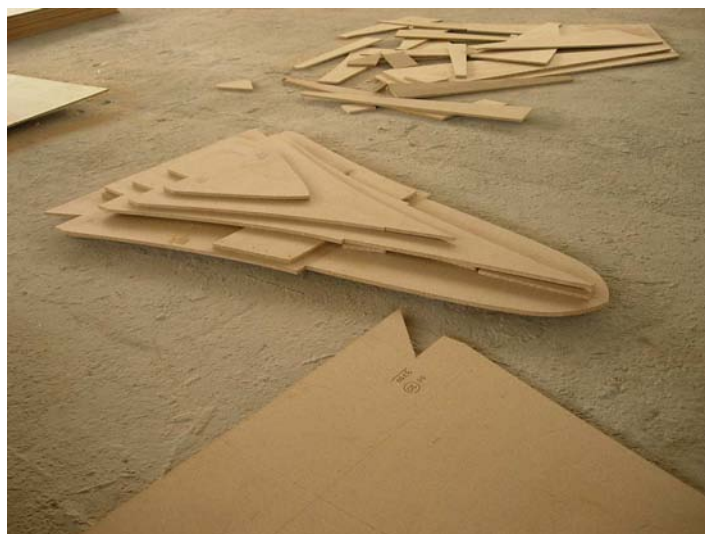
Tras la fijación de las vigas de madera en el suelo, se añadirán unos listones transversalmente, que serán el sustento del resto del modelo. Estos, deben estar perfectamente nivelados para conseguir la buena construcción final del modelo.

Para ir levantando el modelo, la estructura ira constituida de una serie de secciones. Estas secciones serán construidas con planchas de madera, las cuales se cortan utilizando como patrón los planos de construcción del modelo, donde se indicarán las tres líneas anteriormente mencionadas.

En las siguientes imágenes se pueden observar las secciones en las que irá dividido uno de los cascos de catamarán. Cada una de ellas indica la posición en la que se deberá colocar sobre la *cama*. También lleva registradas las líneas de base, de referencia y de flotación.



Usando las secciones en papel como patrones a escala natural, se sacan las secciones en madera.



Cada una de las secciones se va montando sobre la *cama* tal y como indican los planos de construcción del modelo creados por la Oficina Técnica del Astillero. La unión se realizará generalmente con puntillas y tornillos.

Cada una de las secciones debe estar perfectamente alineada y nivelada respecto a la línea base creada por la *cama*. Para ello, cada vez que se coloca una de las secciones del modelo, ésta debe nivelarse, haciendo uso de la línea de referencia. Para llevar a cabo esta acción se hará uso de un láser, que manteniéndose fijo en una misma posición nos indicará cual es la línea que hay que tomar como referencia para la construcción del modelo.



Entre sección y sección se van añadiendo perpendiculares a estas, unos apoyos de madera, a modo de escuadra, de esta forma la sección se mantendrá vertical durante la construcción. Estas escuadras de madera se irán retirando a medida que se van añadiendo nuevas secciones secuencialmente, de forma que entre dos secciones se introducen tableros que serán atornillados a través de las secciones, de esta forma se irá construyendo el armazón del modelo, dándole así consistencia y rigidez a la estructura. Todo esto siempre tiene que realizarse manteniendo el nivel de la línea de referencia que indica el láser.



Una vez que se coloquen todas las secciones que formarán el modelo, se comenzará a listonar la estructura. Se irán añadiendo listones alrededor de la misma, de esta manera se le comenzará a dar la forma externa al modelo. Los listones se irán añadiendo atornillándolos a las secciones colocadas. Una vez se hayan dispuesto todos los listones, ya comenzará a divisarse la estructura externa que tendrá el modelo. Se dejará un descuento de entre 22 y 25 milímetros entre dos listones consecutivos.



Cuando ya el modelo ha sido completamente listonado, se procede con la realización del forrado. El forrado consiste en ir agregando sobre los listones que se hayan colocado, planchas de madera, cerrando completamente todos los huecos, y quedando así la estructura más compacta. Se irán pegando planchas de madera cortadas en las dimensiones adecuadas, y se irán pegando sobre los listones. Todos los espesores de las maderas que se vayan agregando desde la colocación de las secciones, han de ser tenidos en cuenta en los planos constructivos del modelo, para que de esta manera el futuro molde que salga de la fabricación del modelo, guarde las dimensiones exactas que se necesitan para la producción de las futuras piezas que compondrán el catamarán en proyecto.



Tras la realización del forrado completo de la pieza a modelar, quedarán huecos y espacios entre las planchas de maderas. Éstos no nos interesan, pues si se dejasen, provocarían la presencia de defectos en el futuro molde, así que es necesario que estos orificios sean eliminados. Para ello, todas las rendijas y huecos que hayan podido quedar, se tapanán usando una masilla adhesiva, la cual se aplica con la ayuda de una espátula. Generalmente estos huecos suelen quedar en las intersecciones o uniones de los tableros de madera cuando cambian de dirección, normalmente en los cantos y terminaciones afiladas del modelo a construir.



Aquí se puede decir que concluye la etapa de fabricación del modelo en madera, pero aun el modelo no está apto para la fabricación de los moldes, debe adquirir consistencia, rigidez, y un buen acabado, propiedades que irá adquiriendo conforme avancemos en el procedimiento.

- **Laminado del modelo**

Una vez construido el modelo en madera, se debe dar consistencia y rigidez al mismo, para ello es necesario aumentar el espesor de la estructura, y usaremos para conseguirlo la fibra de vidrio. El método que se llevará a cabo para darle espesor y rigidez a la estructura es mediante el método de contacto manual, al igual que se llevará a cabo tanto en la fabricación de los moldes, como en la fabricación de las piezas. Este método será explicado con detalle en el apartado de fabricación de las piezas, mientras que ahora únicamente se darán unas pequeñas pinceladas, para de esta manera poder comprender cómo se lleva a cabo la fabricación del modelo.

Para darle consistencia al modelo se utilizará entonces el método de contacto manual, en el cual se utilizará resina de poliéster, que irá reforzada con telas de fibra de vidrio, para dar así consistencia y compactación a la madera. Para ello se irán aplicando capas de resina de poliéster isoftálica, con un rodillo de hilo sobre el modelo construido hasta el momento, y se irán añadiendo telas de fibra de vidrio que previamente habrán sido cortadas con las dimensiones adecuadas. Este es un método de laminación, que insisto será explicado con detalle en la etapa de fabricación de las piezas, el cual se puede extrapolar para este procedimiento, teniendo en cuenta las mismas consideraciones, con la única diferencia de que el número de telas que se aplique aquí será diferente, pero el procedimiento será válido también para este caso.



Toda la estructura se cubre con poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Tras la terminación de esta actividad se procede a cortar los sobrantes de tela. Una vez que el conjunto ha curado, se prosigue con la siguiente etapa, que es la adición de masilla.

- **Adición de masilla**

Para conseguir una reproducción fiel al diseño, es necesario que se eliminen todas las imperfecciones que se irán creando durante el proceso de construcción. La fibra de vidrio que ha cubierto el modelo deja una superficie rugosa al mismo, de forma que esta no puede ser la superficie que suponga nuestro “espejo” a la hora de reproducir el molde. Para ello es necesario que se consiga por tanto un buen acabado, y se eliminen todos los desperfectos provocados durante la laminación.

Para hacer esto se cubre todo el modelo seguidamente con una capa de pasta o masilla, la cual también le dará espesor a la construcción. Esta pasta agregada dará un acabado basto al modelo. Es necesario que se espere a que el mismo seque. Una vez que el modelo está seco, se deben realizar lijados de la superficie.

Para la realización del lijado, se utilizará un taco de lija, de forma que con este taco se irá dando por toda la superficie del modelo, desbastando. Este instrumento se utilizará para que de esta forma se evite el hecho de poder aportar mayor o menor presión en la realización de la actividad de lijado, consiguiéndose de esta manera que la superficie lijada sea homogénea y continua.



A continuación se añade más masilla y se vuelve a lijar, y así sucesivamente, para de esta forma irle dando al modelo la forma exacta que indica el diseño inicial, y obteniendo así una superficie lisa, y sin imperfecciones, es decir un acabado fino del modelo que sea fiel al diseño.

- **Pintado del modelo**

Una vez el modelo ha sido perfectamente lijado y ya presenta la forma que adquirirá el molde, es necesario que se pinte. El pintado del modelo se lleva a cabo con una pintura, denominada *aparejo*. Esta pintura se aplicará mediante el uso de pistola de proyección. La función de esta pintura es facilitar la visualización de las zonas en las que existen desniveles o “escalones” en el modelo, por la aplicación excesiva, o bien por la falta de masilla del paso anterior. Tras la aplicación de esta pintura se lija el modelo con el taco, y de esta forma van apareciendo zonas de diferente color, aparecen parches, de manera que el contraste de colores nos indica que existe un defecto de homogeneidad de espesor en la zona tras la adición de la masilla en el paso anteriormente comentado.

El aparejo tiene una fórmula específica para el sellado de superficies con o sin terminación, y garantiza que la pintura final se adhiera a esa superficie para la creación de un acabado de mejor apariencia y mayor durabilidad. El aparejo sella la superficie, garantizando una base pulida para la capa definitiva de pintura. Como esta sustancia posee la fórmula para sellar la superficie, su uso facilita la aplicación de la pintura. El aparejo sella la base, evitando una absorción irregular que conduce a las diferencias de color en la pintura, y además promueve un brillo consistente y un acabado uniforme.

Una vez seco el aparejo, se vuelve a dar otra mano, se procede con el mismo procedimiento de lijado, y así sucesivamente, de forma que se irán corrigiendo así los desperfectos de espesor que hayan podido quedar en la superficie, dando tantas capas como sean necesarias.



Por último se aplica otra capa de la pintura definitiva, mediante la utilización de una pistola de proyección. Esta capa de pintura, una vez seca, es necesario que se pulimente, y se elimine la “piel de naranja”, es decir la rugosidad que haya podido quedar al pulverizarse. Ya que esta es la última capa que se le dará al modelo finalmente, de forma que el acabado que adquiera esta superficie, será el que tendrá el molde fabricado a partir de él, pues este modelo será ya el que haga de “espejo” para la obtención del molde. Es por ello que hay que conseguir un acabado lo más perfecto posible del modelo, para que el molde obtenido presente una superficie completamente fina para la realización de las piezas que conformarán el catamarán. El pulido será realizado con una pulidora, y con cera, que eliminará cualquier arañazo, rasguño o grano que deje la pintura tras su aplicación.

Es necesario prestar cuidadosa atención en esta operación final, ya que un pulimento pobre (por recalentamiento) puede dar como resultado la creación de “piel de naranja” o una superficie de aspecto fibroso.

La superficie del modelo debe ser tersa y sin defectos visibles, tanto como sea posible.



La superficie del modelo debe reflejar el acabado “espejo” deseado para el molde. La construcción del modelo debe ser lo más exacta posible, a fin de eliminar fallas que podrían restarle calidad al molde.

Una vez el modelo ha sido pulido y abrigantado, quedará únicamente a expensas de ser aprobado para poder utilizarse en la producción para obtener los moldes.

- **Verificación del modelo**

Cuando han sido acabadas todas las actividades, el modelo debe ser verificado, para ello el Responsable de Carpintería e Interiores, así como el Responsable de Laminación, harán una inspección del modelo acabado, indicando y dejando constancia en un registro la fecha de cuándo el modelo ha sido aprobado. Si al inspeccionar el modelo encontrasen alguna

anomalía, se anotaría en el registro, así como las instrucciones de las actividades posteriores que deban llevarse a cabo para conseguir la aprobación del mismo, y se anotaría posteriormente la fecha de aprobación cuando las anomalías encontradas sean subsanadas.

7.2.2. Fabricación de moldes

El siguiente procedimiento que es necesario realizar, es la fabricación de los moldes de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), los cuales se fabricarán a partir de los modelos que han sido construidos siguiendo las indicaciones del procedimiento anterior.

Hay que tener en cuenta que existe la posibilidad de realizar dos clases de moldes:

- *Molde Macho*: Es aquel que adopta la forma del interior de la pieza. Una vez realizado el laminado y finalizado el proceso de fraguado, al separar la pieza del molde, el exterior presenta una superficie áspera e irregular. Requiere mas trabajo de pulido y terminación de la superficie.
- *Molde Hembra*: Es aquel que adopta la forma exterior de la embarcación. Una vez desmoldado, la superficie exterior de la pieza está prácticamente lisa y terminada, solo faltaría corregir las pequeñas imperfecciones. El riesgo que sí presenta es la posible aparición de bolsas de aire entre el molde y la superficie de la pieza, que puede producir graves deformaciones en la misma.

Por otro lado, hay que distinguir también entre los moldes válidos para varias laminaciones o moldes de usar y tirar, la elección de uno u otro dependerá de los recursos económicos y de la inversión de tiempo.

Si lo que se desea es construir una serie de piezas iguales, pues se utilizará un molde multiuso, sin embargo para lo construcción de una solo pieza, conviene realizar un molde de usar y tirar.

Para la realización del catamarán, debido a que su finalidad será comercializarse, se realizará en serie, por lo que queda descartada la fabricación de moldes de usar y tirar, y se fabricarán multiusos, de forma que con un único molde se puedan producir un cierto número de piezas. Y debido a la gran cantidad de piezas que constituirán la embarcación, habrá que realizar tanto moldes macho, como moldes hembra, en función de si interesa que la cara acabada sea la exterior o la interior.

A continuación se irán indicando cada una de las etapas a seguir para

la obtención de los moldes a partir de los modelos. Al igual que se ha realizado en el apartado de la construcción del modelo, la redacción de este procedimiento se realiza también de forma genérica, de forma que será aplicable para la fabricación de todos los moldes, pero para facilitar la comprensión, se ilustrará con imágenes el proceso de producción del molde del casco al igual que en el anterior procedimiento.

7.2.2.1. Etapas de fabricación de moldes

- **Aplicación de cera**

Cuando el modelo ha sido preparado como hemos descrito anteriormente, deberá ser encerado con una cera en pasta de buena calidad, aplicando cuanto menos cuatro capas, y con un buen lustrado entre capa y capa, utilizando una estopilla de algodón limpia.

Es importante que el modelo sea cuidadosamente encerado para evitar cualquier adherencia cuando sea separado del molde.

Primero se aplicará una capa de cera en forma circular, teniendo especial cuidado que ésta no sea demasiado gruesa. Lustrar a continuación de forma manual, siguiendo las recomendaciones del fabricante de la cera, acerca del tiempo que se debe esperar antes de hacerlo.

Para que la cera cure lo suficiente, es necesario dejar transcurrir dicho tiempo. La cera adquiere un color blanquecino cuando esto ocurre, lo que nos indicará que está lista, entonces se retirará con la utilización de un trapo de hilo.

A continuación se aplicará una nueva capa y se pulirá nuevamente. Siempre esperar el tiempo indicado entre capa y capa.

Después de que el encerado se haya asentado suficientemente sobre la superficie, se limpia manualmente con una estopilla de algodón o trapo de hilo, para eliminar cualquier mancha o partícula de polvo.

No se debe usar una pulidora mecánica para el pulido final, ya que con ella se puede quemar parcialmente la cera, creando áreas

desprotegidas que causarían adherencias en los pasos siguientes, se realizará por tanto siempre a mano.

Después de completado el encerado del modelo, éste queda listo para comenzar la fabricación del molde o matriz.



- **Pintado con *gelcoat***

La clave para una buena fabricación es el *gelcoat*. Si este material no es el apropiado para ese uso o si no es aplicado correctamente, se empleará mucho trabajo y tiempo de más y se obtendrá un molde defectuoso.

Antes de comenzar a trabajar en el molde será recomendable leer cuidadosamente las instrucciones para el uso del *gelcoat*, las cuales por norma general adjunta el fabricante.

Tras la aplicación de la cera desmoldeante, se añadirá la capa de pintura, de *gelcoat*, la cual se proyecta directamente sobre el modelo mediante la utilización de una pistola de pulverización conectada a un compresor. Únicamente se añade una capa.

El *gelcoat* para su aplicación debe ser catalizado en un recipiente adecuado y luego trasvasado a la taza de la pistola, a fin de asegurar una correcta catalización.

El *gelcoat* debe ser aplicado en una capa lisa, generalmente con dos pasadas, y con un espesor de 0,3 a 0,4 mm cada una. De forma que el espesor total en fresco no exceda las 8 micras.

Se utiliza para llevar a cabo esta operación *gelcoat para moldes*, que posee baja contracción y elevada flexibilidad, y además es resistente a la abrasión y al rayado superficial en proporción mayor que los *gelcoats* utilizados para piezas.

El *gelcoat* será de color negro para la fabricación de todos los moldes, para de esta manera evitar confusiones y sea más fácil la distinción entre una pieza y su molde.



A modo de recomendación, he de indicar que no debe permitirse que el *gelcoat* cure completamente a fin de evitar contracciones. Por ese motivo nunca debe dejarse un molde durante la noche o el fin de semana, sin comenzar a laminar.

La catalización del *gelcoat* de la matriz es crítica. Se usará generalmente un mínimo del 2% y un máximo del 3% de catalizador de peróxido de metiletilcetona (MEC), para compensar las fluctuaciones de temperatura ambiente. Los porcentajes de catalizador vendrán definidos por los propios fabricantes.

Es necesario antes de seguir con el procedimiento, que se lleve a cabo un buen secado de la pintura. El tiempo de secado depende de varios factores, como el tamaño del modelo a tratar, así como también de la

temperatura y humedad del ambiente, cambiando por tanto los tiempos en función de la estación del año en la que se lleva a cabo la acción. Pudiendo llegarse a producir el secado prácticamente de forma instantánea en épocas estivales, y siendo mucho mayor el tiempo de secado en invierno. De forma general el tiempo de secado suele variar, siendo de 4 horas aproximadamente en condiciones óptimas de entre 18 y 20 °C, y pudiendo llegar a tardar hasta 24 horas en las condiciones más adversas.



- **Laminación**

En esta actividad se van añadiendo capas de resina reforzadas con tela de fibra de vidrio, para dar mayor consistencia y dureza a la pieza. Estas telas son impregnadas con resina y aplicadas con rodillo de lana. Como ya se ha comentado, el procedimiento que se debe llevar a cabo para la laminación será descrito con detalle cuando lleguemos al apartado siguiente, la fabricación de las piezas.

Una laminación cuidadosa del molde es tan importante para obtener un buen trabajo como la aplicación previa ya descrita para el *gelcoat*.

El paso más importante es la aplicación de la primera capa, en contacto con la película del *gelcoat*, ya que muchas veces, en un principio puede que no aparezcan imperfecciones, y no se notarán inmediatamente en un molde nuevo, pero puede que aparezcan con el tiempo, a medida que

el molde sea utilizado en la producción. Para la laminación se usará directamente para la primera capa fieltro de vidrio 300.

Se continuará con la confección del molde utilizando el procedimiento de sándwich, alternando capas de fieltro grueso entre capas de fieltro fino.

También se usará para la laminación de los moldes tejidos de vidrio tipo *roving*, este debe ser aplicado por el sistema de sándwich indicado, y debe quedar a un mínimo de 4 a 6 milímetros de profundidad, respecto del *gelcoat*, con el objeto de evitar el marcado del mismo.



He de insistir en que todo este procedimiento de laminación por contacto manual será explicado mucho más en detalle en el apartado de fabricación de las piezas, no llevándose a cabo en este momento para evitar repetir el método, que como estamos viendo, se utiliza tanto para la fabricación del modelo, como de los moldes, como de las piezas.

Se dejará curar cada capa de laminado y se repetirá el procedimiento hasta obtener un espesor de 10 a 20 mm, dependiendo del tamaño y forma del molde.

- **Adición de refuerzos**

Para aumentar la rigidez y la consistencia del molde, se deben añadir una serie de refuerzos al mismo. Estos refuerzos harán que el molde no se

deforme, ni sufra roturas en el proceso de desmoldeo de las piezas que serán fabricadas en un futuro, haciendo que el molde sea resistente y capaz de soportar la producción de una gran cantidad de piezas. Los refuerzos son tubos de acero, los cuales se agregarán al modelo en las regiones que vayan a sufrir mayores tensiones. Estos tubos de acero se laminan para conseguir la fijación al molde, dándole así solidez y consistencia a la estructura.



Después de completar estas operaciones, el molde deberá curar durante por lo menos cinco días antes de separarlo del modelo, y durante otros cinco días después de desmoldarlo.

- **Adición de estructuras**

A los moldes, generalmente a los de mayor tamaño, se les añadirán unas estructuras de hierro o acero con ruedas, para que puedan soportar el peso del molde propiamente dicho, de esta forma éste no se abrirá ni deformará en su futura utilización, y permanecerá en todo momento inmóvil, facilitando además su movilidad por la planta en caso de necesitar transportarlo.

- **Desmoldeo**

Una vez que se han realizado todas estas actividades anteriormente descritas, el molde está listo para separarse del modelo. Para ello, y haciendo uso de una grúa, se lleva a cabo la actividad de desmoldeo.



Una vez que se ha llevado a cabo la separación del molde y del modelo, éste último no tiene utilidad, por lo que se desecha.

Tras el desmoldeo, en ocasiones, el molde resultante puede presentar algunas imperfecciones en la capa exterior de *gelcoat*, principalmente arañazos y rayones tras la realización de la maniobra de desmoldeo. Es precisamente esa cara del molde la que debe encontrarse en perfecto estado, ya que cualquier desperfecto que presente la superficie, será proyectada en la pieza a fabricar. Es por ello que tras la operación de desmoldeo, es importante conseguir un buen acabado final del molde. Para ello, se realizan pulidos de la superficie tal y como se realizó para el modelo, y por último se abrillanta toda la superficie.



Descontando que se han seguido todos los pasos indicados, el molde una vez retirado del modelo, debe presentar una superficie extremadamente brillante.

Ahora el secreto es preparar y mantener este molde en condiciones óptimas para que conserve su aspecto actual. Es necesario un curado apropiado para obtener una larga vida útil, retención del brillo y un mínimo marcado de la fibra de vidrio.



- **Verificación del molde**

Una vez acabadas todas las actividades, el Responsable de Laminación hará una inspección visual de los moldes, dejando constancia en un registro, de cualquier defecto de producción o imperfección que tengan los moldes fabricados. Indicará así mismo si el molde está apto para poder producir, así como si es necesario repararlo para conseguir que se encuentre en las condiciones necesarias para su utilización.

7.2.2.2. Mantenimiento del molde

Si se ha construido correctamente y se cuida de mantenerlo en buenas condiciones, un molde para laminado de poliéster por contacto debe poder utilizarse para laminar muchas piezas.

En el taller será esencial un programa de mantenimiento preventivo de los moldes, a fin de procurar una larga vida útil de los mismos.

Aunque a veces es suficiente con volver a encerar el molde cuando comienza a ofrecer puntos de agarre de las piezas moldeadas, se ha encontrado que pueden aparecer problemas tales como el pegado de las piezas y la formación de poliestireno.

Creo por tanto que será necesario preparar un esquema de mantenimiento de rutinas.

Para evitar que en los desmoldeos aparezcan puntos de adherencia, es necesario que después de sacar una pieza de la matriz, ésta se prepare y se encere, de esta manera tal y como sacamos la pieza del molde, se encera y se protege, y nos bastará únicamente con aplicar una sola capa tras su utilización, pues en caso de dejarlo sin encerar mientras el molde no se va a usar, éste comenzará a deteriorarse y a afectarle las condiciones ambientales, de forma que además de necesitar más capas de cera la próxima vez que se utilice, podrá presentar ciertos puntos de adherencia, perdiendo también brillo y haciendo dificultosa la operación de desmoldeo. Es por ello que para evitar esto, tal y como se desmolda una pieza, se encerará el molde.

De este modo los moldes durarán más y se obtendrán piezas con mejor aspecto y menos retoques.

El molde debe ser lavado y enjuagado con acetona para eliminar restos de laminados y otros elementos de su superficie.

Algunos compuestos, si se dejan demasiado tiempo sobre el molde, pueden producir adherencias.

Si el molde presenta mucha acumulación de cera y restos de *gelcoat* y resina (por no haber seguido el programa de mantenimiento), debe ser limpiado frotando con acetona.

Si después de la limpieza indicada aun se notaran rugosidades, debe procederse al lijado del molde, y luego al consabido pulido y lustrado. Ya que si se deja la superficie con rugosidades, lo único que se consigue es que al poner en uso nuevamente el molde, la cera se acumule más rápidamente.

Si sólo se pule el molde, es recomendable aplicarle al menos dos capas de cera antes de ponerlo nuevamente en producción. En cambio, si ha habido necesidad de frotarlo y/o lijarlo y pulirlo, es preferible encerarlo al menos tres veces.

Como se puede apreciar, es mucho más práctico aplicar un mantenimiento preventivo que dejar que el molde se deteriore.

La cera no se acumula sola sino que es dejada acumular por un mal encerado, ya que se encera en exceso y no se quita bien dicho exceso. Otra acumulación que puede producirse es de poliestireno, producido por el estireno del *gelcoat* que se polimeriza y que se adhiere al molde debido a un desmolde demasiado rápido. Para evitar esto conviene dejar que la pieza comience a curar lo suficiente en el molde.

7.2.2.3. Precauciones especiales

Una de las principales razones por las que se utilizan los moldes de poliéster fabricados con resinas y *gelcoat*, es la calidad y durabilidad del molde, y que las piezas, al ser desmoldadas, requieren pocos o ningún retoque o terminación.

Es una ventaja para la persona que fabrique el molde aplicar métodos para un estricto control de calidad del laminado. Una correcta aplicación es doblemente importante, dado que los mismos defectos que pueden aparecer en el laminado de una pieza son mucho más importantes si se notan en el molde, ya que este es mucho más costoso y requieren una inversión mucho mayor. Muchos de los defectos que aparecen en el *gelcoat* y en el laminado posterior son fácilmente evitables. Algunos son mencionados a continuación:

No usar más del 3% de catalizador en el *gelcoat*, ya que un exceso puede causar arrugamiento y "autodesmolde" del mismo.

No usar menos del 1% de catalizador, para poder obtener un curado adecuado.

Mezclar el catalizador cuidadosamente, ya que una mala distribución del mismo en el *gelcoat* es causa de un desigual curado, manchado y desmoldes parciales prematuros.

Es recomendable que la temperatura ambiente y la del molde y materiales utilizados se encuentren por encima de los 20 °C. Intentar no trabajar nunca por debajo de los 15 °C.

Se debe Instalar en la línea de aire de la pistola, trampas para agua y aceite, para eliminar los contaminantes que puedan proceder del compresor.

Es muy importante una técnica apropiada de aplicación del *gelcoat* para evitar en lo posible la porosidad en la película.

Es recomendable no utilizar pistolas con inyección de aire en el líquido, o que dosifiquen el catalizador (inyección catalítica) o del tipo "air-less", ya que con esos equipos a menudo producen películas gruesas y/o porosas.

No son recomendables tampoco las bombas utilizadas para la aplicación de los *gelcoats*, ya que pueden presentar problemas de pérdida de calibración y variaciones en la mezcla del catalizador.

Una baja presión en la proyección con pistola, puede dejar aire atrapado en el *gelcoat*, produciendo poros.

Al aplicar el *gelcoat*, proyectarlo en capas finas, e interrumpir el sopleteo al terminar cada recorrido, a fin de evitar demasiada superposición.

Aplicar un mínimo de dos capas de 0,3 mm cada una de *gelcoat* para reducir lo más posible el marcado de la fibra y la distorsión en la superficie.

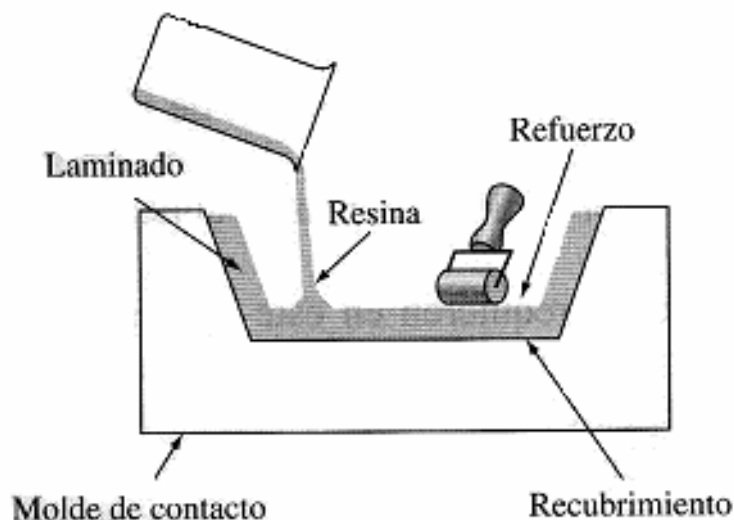
Los moldes pueden presentar resquebrajaduras debidas a diferencias térmicas. Estas resquebrajaduras ("patas de araña") pueden también aparecer si alguna pieza se pega al molde y resulta muy dificultoso desmoldarla.

7.2.3. Fabricación de piezas de poliéster reforzado con fibra de vidrio

El método por el que se realizará la fabricación de las piezas que componen la embarcación será mediante laminado manual, tal y como fue comentado anteriormente.

7.2.3.1. Concepto fundamental

Éste es el método más sencillo para producir una pieza reforzada con fibra. La producción de una pieza con el proceso de colocación manual de capas usando fibra de vidrio y un poliéster comienza con la aplicación de una capa de gel en el molde abierto. El refuerzo de fibra de vidrio que normalmente viene en forma de tela se coloca en forma manual en el molde. A continuación se aplica la resina básica mezclada con catalizadores y aceleradores. Se usan rodillos para empapar perfectamente la resina con el refuerzo y expulsar el aire atrapado. Se agregan capas de fibra de vidrio o *roving* tejido y resina para aumentar el grosor de las paredes de la pieza que se fabrica.



7.2.3.2. Herramientas

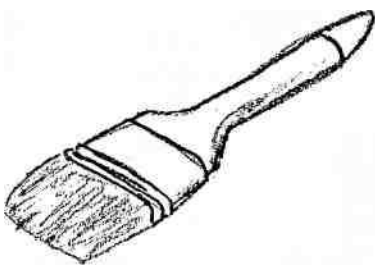
Las herramientas necesarias para desarrollar correctamente esta técnica se dividen en dos grupos:

- a) Herramientas de laminado
- b) Herramientas de corte

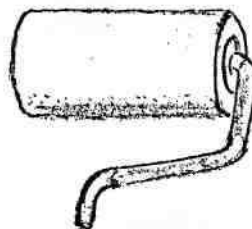
Las herramientas que consideramos para el laminado son aquellas que permiten impregnar el material de refuerzo con la matriz, compactar las capas de material así como eliminar las burbujas de aire que quedan atrapadas dentro del laminado. Dentro de este grupo podemos distinguir los rodillos, las espátulas y las brochas.

Los rodillos de laminación son las herramientas ideales para extender la matriz polimérica en grandes superficies con mayor agilidad, permitiendo una distribución más uniforme de la misma. Para dicha tarea el rodillo más acorde es del denominado de lana, ya que no se ve afectado por el ataque químico de la resina y evita la degradación del mismo (lo que daría lugar a laminados de baja calidad). Existen también rodillos de cerdas y rodillos de nylon, aunque son menos utilizados ya que al ser considerados "blandos" no ejercen una buena presión de consolidación sobre el estratificado.

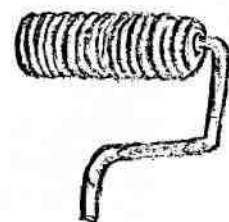
Dentro de este grupo tenemos también los rodillos metálicos de consolidación, cuya función principal es ayudar a la extracción del aire atrapado entre capas de material. Consisten en un buen número de ruedas dentadas de diferentes diámetros que, al actuar sobre el laminado, lo "pinchan" para que el aire atrapado salga hacia el exterior.



Brocha



Rodillo de lana



Rodillo metálico

Existe en el mercado una variedad bastante amplia de rodillos, tanto sean de laminado como de compactado, lo que permiten la selección del más idóneo en función del tipo de trabajo y de las dimensiones de la pieza que se quiera laminar.

La limpieza de los rodillos, tanto de laminación como de consolidación, suele realizarse con disolventes como la acetona o el estireno.

Las brochas para laminados deben cumplir dos premisas básicas: coste reducido e integridad. La primera se debe a que la duración de las brochas suele ser breve, fruto del desgaste que sufren y de la incorrecta higiene a la cual se someten. La segunda premisa se refiere a que las brochas no deben desprender cerdas, puesto que esto repercute en la calidad del laminado. Para ello, deben poseer un adhesivo aglutinante de las cerdas compatible con los sistemas de matrices que se utilicen para laminar.

Existen diferentes tipos de brochas, pero las dos más utilizadas son las redondas, para trabajar lugares estrechos y reducidos, y las brochas planas o paletinas, que se utiliza para laminados de superficies planas.

El uso de las espátulas es ideal cuando la viscosidad del material dificulte la impregnación del refuerzo (por ejemplo con resinas *epoxi*), siendo las más utilizadas las de plástico dada su mayor flexibilidad. Las rasquetas se utilizan para realizar mezclas de productos que posean una viscosidad elevada (masillas, pinturas, etc.).

Las herramientas de corte son necesarias para fraccionar el material de refuerzo. Dentro de este grupo destacan las tijeras y los cúteres.

Las tijeras son ideales para el corte de tejidos de mayor gramaje; no deshilachan pero suelen tener el problema de su constante desafilado, debido a la abrasión de los materiales como la fibra de vidrio. Existen tijeras que incorporan mecanismos especiales para disminuir el esfuerzo de corte, y otras que son confeccionadas para el corte de materiales específicos, como las tijeras para corte de *kevlar*.

Los cúteres son idóneos para el corte de materiales de refuerzo tipo fieltro. Su utilización en el corte de tejidos y ensamblados puede provocar deshilachado. La hoja intercambiable les proporciona más versatilidad que la tijera.

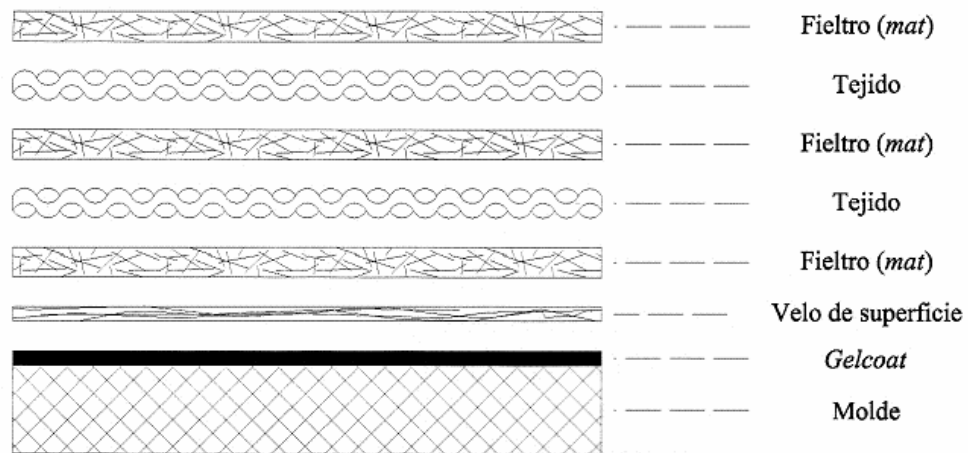
7.2.3.3. Materiales

Matrices

Con el método de laminado manual se pueden emplear la mayoría de matrices poliéster, viniléster y *epoxi*. Su viscosidad debe estar comprendida entre 300 y 600 cPs para que facilite la tarea de impregnación. Se utilizan en mayor medida resinas que no requieran procesos de curado o postcurado, aunque es posible utilizar matrices más complejas. Se pueden incorporar cargas y aditivos en las resinas para buscar modificar alguna propiedad. Como ya se indicó con anterioridad, la resina utilizada será la de poliéster.

Refuerzos

La totalidad de los tejidos, ensamblados y fieltros pueden ser aplicados mediante la técnica del laminado manual. No obstante, existen una serie de recomendaciones acerca de las secuencias de laminado para mejorar la calidad de la pieza:



Secuencia de laminado recomendada

Siempre que sea posible, la primera capa o piel de contacto con el *gelcoat* o el molde deberá ser un velo de superficie o, en su defecto, un fieltro de bajo gramaje; su presencia permitirá mejorar el aspecto superficial de la pieza, evitará problemas de marcado de la misma y minimizará el riesgo de aparición de osmosis en piezas que se encuentren en contacto con el agua.

Cuando los espesores de la pieza sean grandes, es recomendable realizar el estratificado por partes, para evitar calentamientos en la misma, producto de la reacción exotérmica de la matriz. Cuando el laminado se realice de esta manera, la buena adhesión interlaminar entre las sucesivas secuencias de laminado debe ser garantizada por medio de una superficie lo más lisa posible, conseguida mediante la utilización de fieltros. Conviene, antes de iniciar la siguiente secuencia de laminación, comprobar que la superficie esté exenta de polvo e imperfecciones.

Por último, la piel de acabado deberá presentar un aspecto uniforme y agradable, objetivo que se consigue disponiendo de fieltros o tejidos de bajo gramaje sobre las capas finales de laminado.

7.2.3.4. Ambiente de trabajo

El lugar de realización de la labor de laminado debe cumplir un mínimo de condiciones ambientales para obtener unos resultados satisfactorios.

La primera condición será la temperatura del local. La temperatura ambiente incide directamente en el grado de curado de la pieza y en la procesabilidad de la matriz. A bajas temperaturas, aumenta la viscosidad de la resina, lo que dificulta la impregnación de los refuerzos; esto produce que los laminados realizados en estas condiciones suelen poseer un porcentaje mayor de resina en su composición.

Por otra parte, a bajas temperaturas el grado de reticulación de las resinas no se produce completamente, lo que da lugar a materiales compuestos con propiedades mecánicas más bajas que las estimadas.

En caso que la temperatura sea muy elevada, se puede producir la evaporación de una parte del disolvente que contienen las resinas, hecho que afecta también a sus propiedades finales. La laminación también se torna dificultosa por los cortos tiempos de gel de que se disponen, y las reacciones exotérmicas en las piezas generan temperaturas más elevadas, hecho que puede provocar marcas y distorsiones sobre la misma.

Por todo ello, el rango de temperaturas más acorde es el comprendido

entre 15° C y 30° C, siendo el óptimo entre 17° C y 22° C. En ninguna circunstancia es recomendable laminar con temperaturas inferiores a 10° C. Cuando las condiciones no lo permitan, deberá postergarse el proceso hasta que se garanticen las condiciones mínimas de trabajo.

La segunda premisa será el control de la humedad relativa ambiente: si bien la mayoría de materiales de refuerzo no se ven afectados por la humedad, ya que son resistentes a la misma e incluso al agua (excepción de las fibras aramídicas), la humedad presente en el ambiente de trabajo, especialmente sobre los refuerzos secos, afecta la unión de éstos con resina, disminuyendo la adhesión en la interfase, y, por ende, disminuyendo la calidad del estratificado.

Deberá respetarse, como valor límite de humedad, un máximo del 75%. Si las condiciones no lo permiten, será mejor postergar el proceso hasta que dichas condiciones se cumplan. Debe también prestarse especial atención al lugar de almacenaje de los refuerzos, que deben mantenerse en lugares secos y en envoltorios cerrados.

La limpieza del sector de trabajo es fundamental ya que cualquier partícula de polvo que esté presente en el ambiente propiciará un laminado de baja calidad, con impurezas en su constitución. Debe mantenerse siempre el ambiente lo más limpio y ordenado posible, con una buena ventilación y una buena iluminación.

7.2.3.5. Preparación del molde

El molde es la herramienta imprescindible para la consecución de cada una de las piezas de la embarcación en estudio.

Ya se ha indicado anteriormente el mecanismo de fabricación de cada uno de los moldes que se necesitan. Ahora se van a dar las recomendaciones básicas para su preparación y mantenimiento.

Todo molde debe de construirse suficientemente reforzado para evitar distorsiones dimensionales, roturas en su manejo y tener suficiente consistencia para aguantar el peso de todos los elementos que se van a ir añadiendo.

El molde debe de estar limpio de polvo, residuos y libre de humedades y condensaciones.

Previamente a comenzar la laminación, deben de realizarse una serie de operaciones sobre la superficie interna del molde tales como:

- Reparación de defectos
- Comprobación de características dimensionales
- Lijado
- Pulido
- Abrillantado
- Aplicación de desmoldeante

Al finalizar una pieza de PRFV es necesario proceder al desmoldeo de la misma, operación que puede producir desperfectos en la cara interior del molde tales como agarres del laminado al molde, golpes, ralladuras, etc.

Antes de comenzar una nueva operación de moldeo, es necesario reparar los defectos anteriores, bien por aplicación de capas de laminado, de ceras, etc.

Una vez el molde reparado, debe comprobarse que al operar sobre él no se han variado las características dimensionales que se han definido en la fase de proyecto.

Las operaciones más costosas, en tiempo, comienzan con el lijado del molde, el cual se realiza con la finalidad de eliminar excesos de cera o bien pegaduras del moldeo anterior.

Antes de lijar, se debe de limpiar el molde con agua y un detergente suave. Una vez la superficie limpia, se comienza a lijar utilizando primero los papeles de lija con grano más grueso, bajando progresivamente de tamaño de grano.

Posteriormente se procede al pulido del molde. Esta operación pretende eliminar las rayas del lijado y pequeñas imperfecciones.

Para realizar el pulido se utilizan piezas de lana (boinas) acopladas a herramientas giratorias de entre 1500 a 3000 rpm, e impregnadas con un compuesto específico.

Una vez pasada la boina por todo el molde y se han conseguido quitar las imperfecciones y rayas, se limpia toda la superficie a mano, con un paño de algodón para limpiar la película de compuesto del pulido y los residuos que queden.

Una vez pulido el molde, se procede al abrillantado para conseguir una superficie final de buena calidad.

La operación de abrillantado es muy similar a la de pulido, solamente cambia el producto específico a utilizar.

Cuando se ha conseguido la superficie que se pretendía, se procede a la aplicación de la cera desmoldeante.

La cera tiene como finalidad que el producto laminado no se quede pegado a la cara interior del molde y se consiga separar ambas, de una forma fácil y sin arrastres de uno respecto al otro.

La aplicación de la cera se realiza a mano y capa a capa hasta conseguir la cantidad recomendada por el fabricante.

Es importante una aplicación homogénea y eliminar la porosidad.

Se aplicará de una a cinco manos aproximadamente de esta cera, la cual se aplica con una esponja directamente sobre el molde. El número de capas de cera a aplicar varía en función del estado del molde, debiendo aplicarse más manos de cera, cuanto más nuevo es el molde, de forma que un molde recién fabricado necesitará que se le añadan al menos cinco capas de cera, mientras que aquellas que están en continuo uso únicamente necesitan una capa de cera por regla general.

Normalmente lo que se hace es no dejar el molde sin usar durante mucho tiempo, de forma que en el momento en que se desmoldea una pieza, lo que se hace es empezar a laminar otra con el mismo molde, para de esta manera darle nada más que una capa de cera. Esto hace que el molde esté más protegido que si se deja demasiado tiempo sin usar,

además también ahorraremos en cera, al tener que darle tan solo una mano cuando se acaba de usar, y sobretodo supone una gran disminución del trabajo del operario al tener que dar menos capas de cera.

Una vez que ha sido aplicada la cera es necesario dejar que ésta se seque. Sabremos que la cera está seca cuando adquiera un color blanquecino, y entonces ya se puede eliminar mediante la utilización de trapos de hilo. En el caso en el que se necesite la aplicación de más de una capa de cera se procede de la misma forma, untando con la esponja, y una vez seca eliminando con el trapo de hilo, cuantas veces sea necesario. El tiempo de secado de la cera depende en gran medida de la temperatura. Secando a temperatura ambiente, aproximadamente a unos 22°C, tarda en secarse un intervalo de tiempo entre 10 y 15 minutos, esto sería un tiempo de secado óptimo, por norma general en condiciones ambientales dicho periodo de tiempo suele ser algo más largo.

7.2.3.6. Etapas para la constitución del laminado

Una vez efectuada una correcta preparación del molde están puestas las bases para paso a paso ir constituyendo el laminado, que va a dar lugar a las diferentes partes de la embarcación. Las principales fases en el proceso de laminado son:

- Aplicación del *gelcoat*
- Cortado de las telas
- Dosificación de la resina
- Impregnación de las telas
- Consolidación del laminado
- Desmoldeo y reparación

- **Aplicación del *gelcoat***

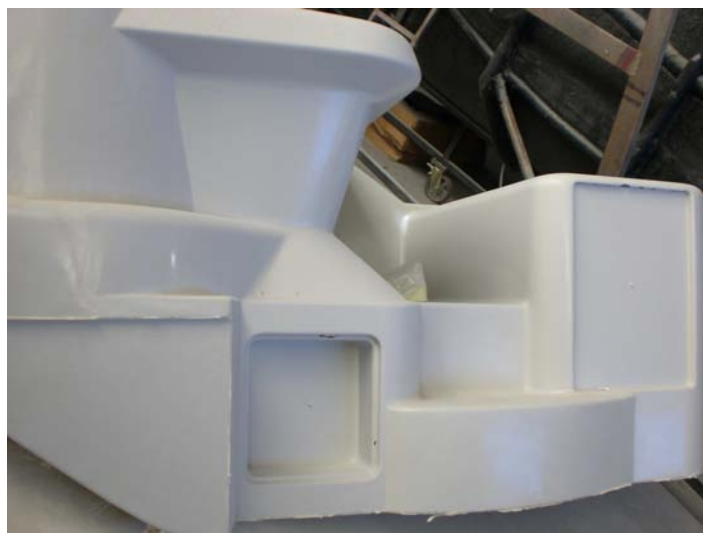
Los moldes llevan en la superficie algunas perforaciones de pequeño diámetro, las cuales nos van a facilitar el trabajo de desmoldar las piezas una vez estén acabadas. Este orificio se tapa con masilla antes de pintar.

Como se ha indicado anteriormente, el *gelcoat* viene preparado para su aplicación con rodillo o con brocha. No obstante para la fabricación del barco en estudio se realizará la aplicación con pistola, concretamente usando pistola de pulverización de mezcla externa.

Normalmente se utilizan dos tipos de pistolas de aplicación.

- Aquéllas que utilizan aire como vehículo para impulsar el *gelcoat* y el catalizador.
- Y aquellas (*airless*) cuyo vehículo de proyección es la propia presión de la bomba de la máquina.

Es aconsejable la utilización de las máquinas del primer tipo, de hecho serán las utilizadas en el Astillero para la producción, ya que con ellas se evita la inclusión de burbujas de aire, las cuales son altamente perniciosas en el laminado y su eliminación es un proceso meticuloso y necesario.



Apariencia final del Gelcoat

Para poder utilizar convenientemente un *gelcoat* proyectándolo con pistola, debido a su presentación para uso industrial, es conveniente diluirlo con estireno (15% máximo) o bien con una mezcla de estireno y acetona (10%-5% respectivamente).

Como se ha visto, el *gelcoat* utilizado para este tipo de aplicaciones es una resina isoftálica. Por lo tanto, para conseguir la reacción de polimerización necesaria será preciso contar con un acelerador (octoato de cobalto) y de un catalizador (peróxido de metiletilcetona).

El tiempo de polimerización disminuye con el aumento de la temperatura ambiente. Si se habla en términos de humedad relativa, se tiene que considerar, que ésta debe mantenerse en los índices indicados por el fabricante.

Se puede actuar sobre los diferentes componentes para ajustar el tiempo de polimerización, es decir, se puede variar la temperatura, humedad relativa, cantidad de acelerador y catalizador. No obstante, cuando se actúa sobre los dos últimos factores, es preferible mantener el catalizador constante y actuar sobre el acelerador, pero teniendo siempre en cuenta los límites mínimo y máximo recomendados.

Una vez contemplados los parámetros que intervienen en la composición de la mezcla, deben considerarse otros aspectos importantes en lo que constituye en sí la aplicación del *gelcoat*:

- Debe de aplicarse en una sola capa que adquiera un espesor comprendido entre 0,4 y 0,6 mm.
- Los colorantes y cargas empleadas deben ser de tales características que no se disgreguen al proyectarlas con la pistola.
- Debe de proyectarse a una distancia de 50 a 60 cm del molde con la finalidad de que la acetona aportada como diluyente se evapore en su totalidad. La presencia de acetona variará, notablemente, las condiciones de gelificación.
- La zona de trabajo debe de estar bien ventilada, ya que la ausencia de ventilación, en la cantidad necesaria, retarda la polimerización.

Una vez proyectado el *gelcoat*, debe de tenerse la precaución de que no transcurra un tiempo demasiado largo para evitar que esta capa endurezca demasiado y perjudique la continuación del laminado.

El *gelcoat* debe de permanecer en estado de gel para proseguir con el estratificado.

Seguidamente, y en aquellos moldes que presentan zonas que son más problemáticas de desmoldear, generalmente cantos vivos y aristas, se aplica un velo, es decir una tela fina de fibra de vidrio de 30 u 80 g/m². Se recorta con cúter o tijeras el trozo de velo que se necesite, se impregna con la resina, se aplica sobre la capa de *gelcoat* y se deja secar. Generalmente suele utilizarse en el proceso el velo de 30 g/m², pues es bastante fino, haciendo que sea más fácil de aplicar, y quedando estéticamente mejor acabado, principalmente utilizado para que los vértices queden bien marcados y sin burbujas de aire. Si no se aplicase este velo, y la primera tela que se añadiera a la pieza fuese *mat 300*, debido a que esta tela es más gruesa, una vez la pieza se desmoldase, podríamos observar, que ciertas partes, las que deben ser mejor definidas, como son las aristas de las piezas, tendrían imperfecciones y malos acabados, es por ello que se añade el velo en estas zonas tan críticas, para conseguir así una terminación fina.

Una vez aplicado el velo en las zonas críticas, o en caso de que el molde no necesite la aplicación de velo, y antes de poner las capas correspondientes a la parte resistente del laminado, debe de colocarse una capa de CSM de no más de 300 g/m² impregnada con resina, dando en total una proporción fibra/resina de 2,5/1. Esta capa no debe ser considerada como elemento resistente del laminado.

- **Cortado de las telas**

Para la realización de los cascos, cubierta y resto de elementos, se utilizan el CSM y los tejidos de *roving*. Estos constituyentes del laminado suelen presentarse en rollos de unos anchos prefijados y unas longitudes dadas.

Previo a la realización del laminado se debe proceder al estudio, sobre el

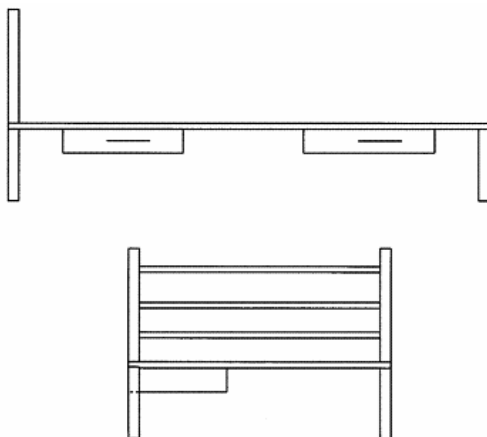
molde y planos, del posicionamiento relativo de las diferentes capas que van a conformar el laminado.

La disposición de las telas no es aleatoria sino que responde a un plan y a unas necesidades de unión preestablecidas.

Por ello, antes de comenzar, como si se tratara de un puzle, es preciso hacerse el replanteo de las diferentes capas. Este estudio de disposición de las telas vendrá detallado en el proyecto de diseño de la embarcación.

No es aconsejable la utilización de grandes extensiones de fibras, por lo que se hace necesario recurrir a los cortes de los rollos de fibra.

Para la realización de los cortes, se acude a un tipo de mesa característica, la cual tiene unas dimensiones que vienen, en cierto modo, influenciadas por el tipo de rollo que se utilice con más frecuencia.



Está constituida por una superficie de trabajo plana (la mesa) unos cajones para almacenamiento de herramientas de corte y elementos auxiliares (metros, niveles, reglas, etc.) y a la cabecera de la mesa se disponen unos porta rollos para la colocación de diferentes fibras.

Por la naturaleza del tejido a utilizar, el elemento de corte más común es o bien unas tijeras o bien un cúter.

Atención especial a tomar es en la operación que sigue al corte en sí. Se ha comentado que la operación de corte responde a un plan prefijado de

colocación, horizontal y en el sentido del espesor, de las diferentes telas. Como consecuencia inmediata de esta planificación resulta la identificación de los diferentes cortes.

- **Dosificación de la resina**

La cantidad de resina a utilizar no es una cifra aleatoria. Al mismo tiempo que se va estudiando la colocación de las telas, de acuerdo con el estudio del escantillonado y los test de resistencia, la proporción fibra/resina debe de responder a unas cantidades estudiadas.

Se realizarán unas plantillas adecuadas en las que, al mismo tiempo que se indica el tramo de fibra que corresponde a cada zona, debe de indicarse la cantidad de resina a emplear.

Según el proyecto de diseño de la embarcación, la cantidad de resina a aplicar para los *mats*, es de 2,5 veces su gramaje, y para los tejidos *rovings* de 1,5.

- **Impregnación de las telas con la resina**

Una vez echada la capa de *gelcoat* y antes de que se endurezca totalmente, es decir, cuando todavía está en estado gel, se debe proceder a comenzar la estratificación de las diferentes capas.

Debe de comenzarse impregnando con resina la capa de *gelcoat*, posteriormente se procederá a colocar una tela de CSM de 300g/m², la cual una vez colocada sobre la resina se impregnará con otra capa de resina, de forma que el total utilizado sea el que corresponde de acuerdo al gramaje de la tela.

Una vez colocados convenientemente los elementos de fibra y resina se procederá a consolidar el laminado mediante un rodillo metálico. Con ello se pretende, por una parte que la fibra quede bien saturada de resina y por otra parte, y muy importante, sacar todas las burbujas y oclusiones de aire que han penetrado durante la proyección de la resina con el rodillo de lana.



Colocación de la primera capa de laminado sobre el Gelcoat

Es muy importante eliminar en todo lo posible el aire, ya que merma la unión fibra-resina y se producen puntos de discontinuidad en la estructura final.

En el caso en el que quedase poros o bolsas de aire, se produciría un mal acabado superficial de la pieza, y en el caso de que la burbuja quedase en la primera o segunda capa implicaría además una zona de mayor fragilidad al no estar perfectamente compacta la superficie, haciendo que dicho área sea más frágil y tenga mayor riesgo de rotura. También se suele utilizar una brocha plana, para poder aplicar la resina perfectamente por las aristas del molde, pudiendo impregnar resina sin problemas, y pudiendo ejercer presión para que la tela de vidrio coja perfectamente la forma del molde, ya que el tamaño y la forma del rodillo imposibilitan la llegada del mismo a estas zonas de tan difícil acceso, como son aristas y esquinas comentadas anteriormente. Si no se hiciese esta aplicación con la brocha podrían quedar burbujas de aire, consiguiéndose un mal acabado en tales zonas.

Posteriormente a la capa de CSM de superficie se aplica una segunda capa de CSM del gramaje correspondiente con el estudio de escantillonado.

El motivo de que abunde el CSM en la primera parte del estratificado es por razones de aislamiento de las capas interiores que proporciona la abundante resina, del ambiente hostil en el que se va a desenvolver el laminado, y hay que dotar de una porción lo más isótropa posible para la

transmisión de esfuerzos, tanto debido a sollicitaciones como a posibles impactos.

Otra razón importante de comenzar con CSM el laminado, es para evitar la prolongación de las averías por efecto de la destrucción del ensimaje por causas de la humedad. Así, en caso de producirse una avería que pase la capa de *gelcoat*, la humedad se encontrará primero con una capa abundante de resina, la cual se saturará en la proporción máxima admisible y preservará al resto de la acción de esta humedad.

No obstante al entrar la humedad en contacto con la fibra, el primer efecto será la destrucción del ensimaje, el cual propicia la unión de la fibra y la resina, por lo que se producirá una discontinuidad en el laminado. Debido a la pequeña extensión de las fibras del CSM, no progresará la penetración de la humedad, por lo que los daños no serán catastróficos.

Sin embargo, si la primera capa fuera de tejido, la humedad iría destruyendo el ensimaje mientras no encontrara discontinuidad en las fibras, por lo que las extensiones de las averías serían mayores.

Una vez consolidada la segunda capa de CSM, se prosigue aportando una capa de tejido del gramaje y forma correspondiente con el estudio de escantillonado.

Se utilizará un laminado compuesto por capas alternas de CSM y tejido, hasta conseguir el peso por metro cuadrado o el espesor necesario.



Aplicación de las capas de fibra de vidrio

Se debe de consolidar una sola capa cada vez, es decir, ir capa a capa con el consiguiente proceso de consolidación a rodillo y una vez colocada, impregnada y consolidada una capa pasar a la siguiente.

La cantidad de capas de fibra de vidrio, así como el tipo de fibra que hay que aplicar, varía en función de la pieza, e incluso varía según las distintas zonas de una misma pieza, siendo por ejemplo mayor el espesor en las capas de obra viva, región que se encuentra en contacto con el agua, o la obra muerta, que necesitará un espesor menor, al encontrarse fuera del agua, y no sufrir tanto ataque. O también llevan un mayor espesor, más capas de fibra, aquellas zonas donde se pisa, como son principalmente ciertas zonas de la cubierta. El número de capas de poliéster reforzado con fibra de vidrio que hay que aplicar viene determinado en el proyecto de diseño de la embarcación.

Para conseguir un mayor refuerzo en estas zonas anteriormente nombradas, en la laminación se añaden algunas capas de tela que aportan mayor dureza, resistencia y espesor a la estructura, la tela utilizada se llama Coremat®, tal y como se indicó en el estudio de los materiales llevado a cabo en páginas anteriores del presente proyecto.

El endurecimiento de la resina se consigue por polimerización, la cual es una reacción exotérmica. Debido a ello y a la baja conductividad térmica, la operación de ir componiendo capas de laminado debe realizarse de forma que la generación de calor no pueda perjudicar la formación de las capas.

La resina tiene un tiempo característico de curado el cual no siempre es el mismo, sino que dependiendo del tipo de resina y de las proporciones de catalizador y acelerador y de la temperatura de moldeo se consigue alargar o acortar. No obstante, existen otros factores que intervienen sobre ese tiempo tales como temperatura ambiente, humedad relativa, etc.

Cuando se está laminando, en las zonas donde ya se ha efectuado la consolidación comienza el proceso de endurecimiento, factor que debe tenerse en cuenta con el fin de laminar sobre una capa húmeda la siguiente.

Cuando una zona ha curado y se tiene que proseguir el laminado sobre ella, debe de procederse con un lijado con lija gruesa para conseguir que la capa siguiente "ligue" sobre la zona curada. Ésta debe de ser una capa de CSM y

también la de reinicio de la laminación.

Con el fin de darle una apariencia vistosa al final del laminado, éste debe de finalizarse con una capa de CSM.

Una vez finalizado el laminado, la pieza tratada debe de permanecer en el interior del molde por lo menos 12 horas. Antes de comenzar a operar con la pieza debe de dejarse en las condiciones ambientales del local del laminado por lo menos 24 horas. No obstante el tiempo total de curado es de unas dos semanas.

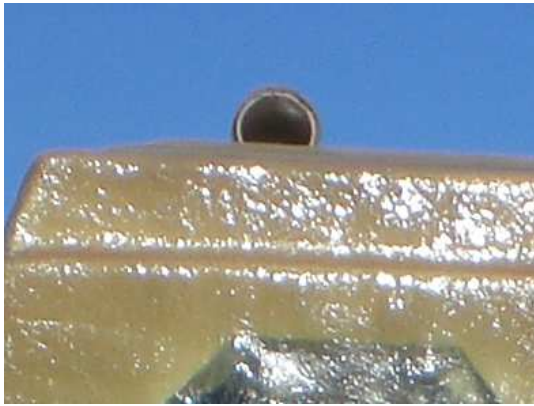
- **Desmoldeo y reparación**

En el desmoldeo tiene especial importancia el diseño del molde, en el cual tienen que estar las uniones y los recovecos proyectados de forma que no interfieran en la salida de la pieza.

Para facilitar el desmoldeo, se aplica sobre las piezas lo que se denominan *grapas*. El material usado como grapa será un tubo de cartón duro. Este tubo es cortado y se adhiere a la pieza a desmoldar por las zonas convenientes. Se realiza el pegado de las grapas utilizando una pistola termofusible.

Seguidamente estas grapas también se laminan mediante el procedimiento anterior, dándole en este caso hasta un grosor de quince telas. Se deja curar el tiempo necesario.

A continuación se quita la masilla que se aplicó en un principio, de forma que queden libres los pequeños orificios que lleva el molde, y por ellos se realiza la introducción de aire con un compresor, lo que facilita que se produzca el despegue de la pieza del molde. Se introducen cuñas de madera entre el molde y la pieza para favorecer la maniobra. Esta operación se lleva a cabo mediante el uso de grúas pluma, en el caso de piezas de grandes dimensiones, que enganchan las piezas por las grapas aplicadas en el paso anterior y consiguen de esta manera el desmoldeo de las piezas.



Grapa



Cuñas de madera



Operación de desmoldeo

Una vez desmoldeada la pieza, hay que reparar los posibles desperfectos y proceder otra vez a las operaciones de preparación del molde.

Cuando la pieza ha sido perfectamente desmoldada es necesario eliminar las grapas, las cuales únicamente tenían la función de facilitar ser enganchada por la grúa. Estas grapas se cortan con una radial, y una vez eliminadas se lija la zona donde se encontraba para no dejar ningún tipo de rugosidad ni imperfección, quedando la zona en perfecto estado.

En ocasiones, tras desmoldear, las piezas presentan imperfecciones o malos acabados que son necesarios rectificar para darle una terminación fina. Para ello se lija la zona defectuosa. Se utiliza una lijadora, de forma que se van utilizando discos de lija de mayor a menor grano, lijándose a mano

generalmente en las zonas curvas de las piezas. A continuación se limpia la zona con acetona para eliminar cualquier partícula de polvo o suciedad.

En el caso de imperfecciones de considerable tamaño, o para zonas que tengan que soportar tensiones, se aplica una pasta de poliéster blanca catalizada con peróxido de metiletilcetona. Esta pasta es aplicada con espátula a la zona a reparar, aportándole gran rigidez y resistencia. Luego se deja que esta pasta seque. Y seguidamente, o en el caso en el que las imperfecciones sean de pequeño tamaño, únicamente se aplica masilla de carroceros, que va catalizada con peróxido de dibenzoilo. Se utiliza principalmente para la eliminación de pequeños poros que han podido quedarse tras la aplicación de anterior capa de masa. La masilla de carroceros no es tan resistente a las tensiones como la pasta aplicada anteriormente.

Una vez la pasta aplicada se encuentra totalmente seca, se lija la zona, partiendo con lijas de grano grueso a lijas de grano más fino, para conseguir así dejar lisa la superficie de masilla aplicada. Para evitar que en una zona se pueda aplicar más presión al lijar que en otra zona, lo que se utiliza para grandes superficies es un taco de lija, de forma que así se aplica a toda la región, quedando igualada por toda la zona. Para eliminar la suciedad se vuelve a limpiar la región con acetona.

Por último se vuelve a pintar con *gelcoat* la zona a reparar. Para que se produzca un buen secado del *gelcoat*, es importante que éste no se encuentre en contacto con el aire, debido a que la humedad presente en el ambiente actúa como inhibidor de la resina, no consiguiéndose realizar el curado adecuadamente. Por tanto, para que se produzca un buen curado de la pintura, se le añade una cierta cantidad de parafina. Tras la aplicación del *gelcoat* disuelto en parafina, ésta última aflorará a la superficie, de forma que se produce una capa de cera que aísla la pintura del aire exterior, consiguiéndose así el curado de la resina de forma satisfactoria. Para la realización de la reparación se recubrirá el resto de la pieza que se encuentra en buen estado, mediante la utilización de una capa de plástico, para evitar que el resto de la pieza se pulverice cuando se pinte la zona afectada con *gelcoat*. Una vez seca la capa de pintura, se lija la zona con una lijadora eléctrica, utilizando granos desde más grueso al más fino, hasta conseguir un buen acabado y haya sido eliminada toda la “piel de naranja”.

Por último se pulirá con una pulidora, utilizando para ello un paño de lana, eliminándose cualquier arañazo, y seguidamente se abrillantaré la zona a reparar.

7.2.3.7. Laminado sándwich

Con lo visto hasta ahora, se pueden obtener paneles de PRFV superponiendo telas de CSM y tejido impregnándolas con resina y consolidándolas convenientemente. Así, obtenemos lo que se denomina paneles de laminado simple.

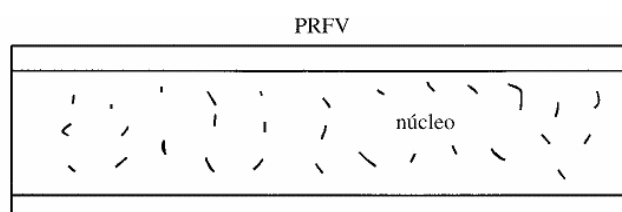
En la construcción del catamarán, o de cualquier otra embarcación o buque, se necesita que los paneles tengan rigidez y sean capaces de resistir los esfuerzos a los que se ven sometidos.

Dependiendo del tipo de navegación o del tipo de trabajo, los paneles de los buques estarán sometidos a más o menos sollicitaciones exteriores.

Una forma de conseguir un aumento de capacidad de resistencia de los paneles es dotándolos de refuerzos (cuadernas, baos, esloras, etc.). Al colocar los refuerzos, el peso del conjunto aumenta y también el coste de fabricación.

Se puede aumentar la cantidad de capas del laminado aumentando el espesor. Se puede reducir el número o el escantillón de los refuerzos, pero o bien se aumenta el peso y el coste o bien se expone al conjunto a los efectos de la flexión axial por compresión.

Una forma de minimizar los aspectos negativos anteriores es separar el laminado simple en dos partes e interponer entre ellas un material ligero de muy baja densidad con las características mecánicas adecuadas constituyendo, con ello, lo que se denomina laminado sándwich.

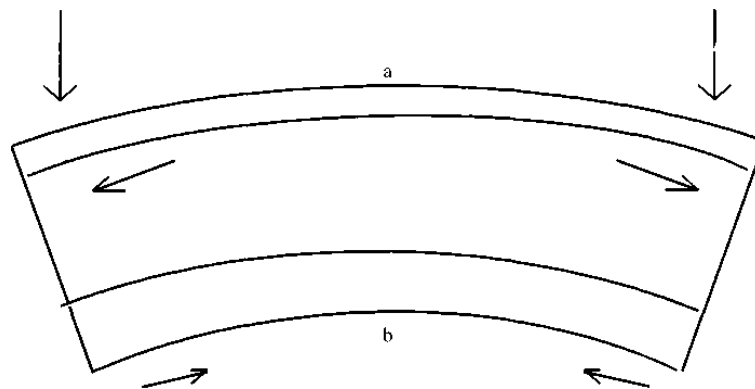


Estructura del laminado sándwich

Cada uno de los componentes del laminado sándwich tiene un papel a jugar dentro del conjunto. Así, las dos caras de PRFV son, en sí, los elementos resistentes y el núcleo tiene como misión la transmisión de esfuerzos y el mantenimiento de la unión del conjunto conservando la distancia entre las caras.

Sea un panel de laminado sándwich sometido a un conjunto de fuerzas las cuales produzcan sobre él una flexión.

Una de las caras, la "a", estará sometida a tracción; la otra, la "b", estará sometida a compresión



La misión de las caras será resistir los esfuerzos de flexión a través de los correspondientes de tracción y compresión. Por ello las caras deben de ser de un espesor y una composición que sean capaces de resistir los esfuerzos correspondientes a cada una de ellas.

El núcleo deberá mantener la distancia relativa entre las caras y de ellas a la línea neutra. Por lo tanto deberá ser suficientemente resistente para soportar los esfuerzos de cortadura que harán tender a las caras a aproximarse. Además, deberá evitar que en sentido longitudinal haya un desplazamiento de una cara respecto a la otra; para ello será capaz de superar los esfuerzos de cizalla correspondientes.

En definitiva, las caras deben de mantener las características mecánicas de un laminado simple y el núcleo debe de tener unas características mecánicas de compresión y cizalla suficientes para evitar la distorsión de todo el conjunto.

Como ya se ha dicho anteriormente, el material utilizado para el laminado sándwich será el PVC.

- **Constitución del laminado**

Las caras del núcleo deben de laminarse con la secuencia indicada en un laminado simple.

Una vez laminada la capa que va a ir en contacto con el núcleo, se ha de proceder, cuando todavía está húmeda, a colocar el núcleo debiéndose conseguir ausencia de aire en la interfase ya que, para que el sándwich sea eficaz al 100%, la unión cara-núcleo debe de ser lo más continua que sea posible.

En las superficies planas, la capa que precede y sigue al núcleo debe de ser un CSM de al menos 450 g/m^2 para conseguir resistencia por la cantidad de fibra y continuidad por la presencia de abundante resina.

Cuando la superficie es curva, la capa mencionada debe de ser CSM de 600 g/m^2 ya que debe de primar la fibra por razones de resistencia.

Hay que tener en cuenta que existen piezas que necesitan la adición de refuerzos, para aportarle mayor rigidez y consistencia a la estructura, tales como son piezas de grandes dimensiones, como el casco, la cubierta, o el *fly bridge*, entre otros. Para fabricar estos refuerzos se usarán planchas de poliuretano.

Para fabricar los refuerzos se cortan las planchas de poliuretano en barrotos, mediante la utilización de una radial, con las dimensiones específicas que indica el diseño. Seguidamente estos elementos se liján.

Para conseguir que el poliuretano se adhiera a la pieza con la forma deseada, a las barras se les practicarán una serie de cortes, de manera que el poliuretano se pueda adaptar bien a la superficie.



Refuerzos de poliuretano



Cortes en un refuerzo de poliuretano

Los refuerzos se pegan a las piezas que los necesitan mediante el uso de pistolas de termofusión, que se encargan de fundir barras de material termoplástico que adhiere el refuerzo de poliuretano con la pieza del barco en particular.

Estos refuerzos una vez han sido aplicados, se deben laminar, utilizando el mismo método que se ha llevado a cabo hasta el momento, aportándole de esta manera a la pieza mayor resistencia y rigidez.



Refuerzos sin laminar

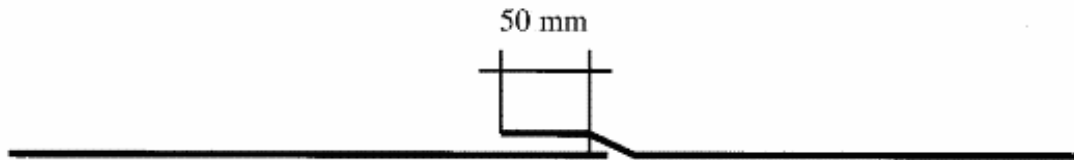


Refuerzos laminados

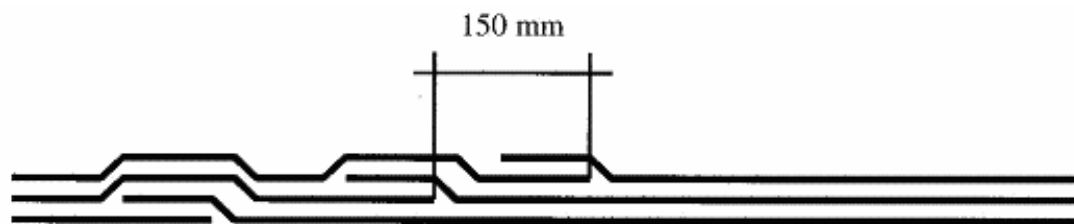
7.2.3.8. Detalles constructivos

El ancho de los rollos de CSM y WR no es ilimitado, por lo que se ha de suponer que la obtención de un laminado, de cierta extensión, se obtendrá por la superposición de telas de la misma capa con otras.

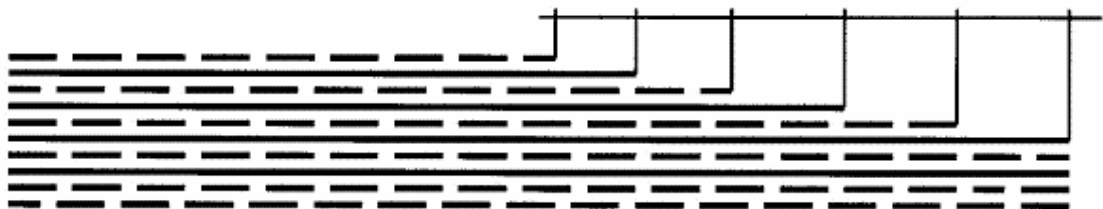
Esta superposición debe de hacerse respetando una serie de parámetros tales como la extensión del solape, de una tela con otra, debe de tener un mínimo de 50 mm.



A lo largo de la laminación se obtienen zonas de unión de telas, de tal forma que si la unión de las telas coincidiera en el sentido del espesor del laminado se tendría una zona debilitada como consecuencia de la acumulación de uniones, por lo que deben de separarse las uniones respetando los parámetros indicados en la siguiente figura. La unión debe de hacerse de forma que se vean implicadas al menos de 4 a 6 capas.

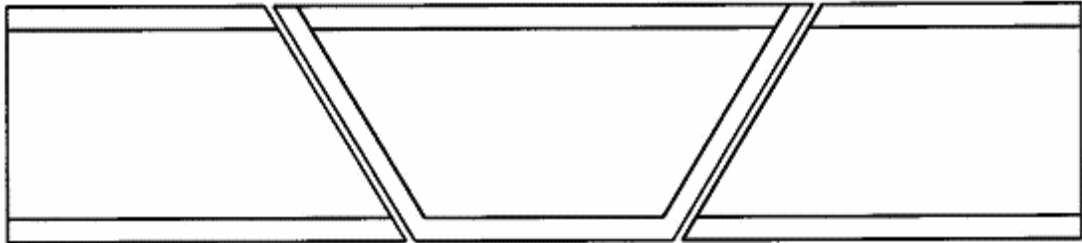


Cuando en un laminado simple se tenga una reducción de espesor, la transición entre los diferentes espesores debe de hacerse de forma que haya una superposición de capas de al menos 7 mm por cada 100 g/m² de fibra de refuerzo.

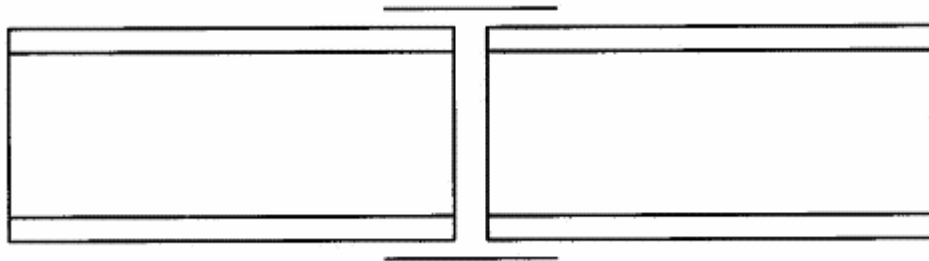


Cuando se trata de laminado sándwich, las uniones de placas deben de hacerse teniendo en cuenta si el material del núcleo es elemento resistente o bien únicamente elemento de separación.

En el primer caso, la unión debe de hacerse de forma que el elemento resistente tenga, con anterioridad, una preparación de bordes.



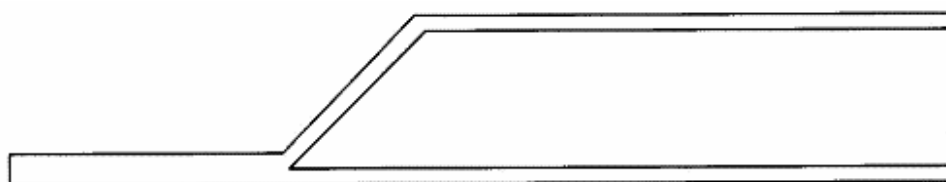
En el segundo caso, basta con hacer la unión del núcleo a tope.



Cuando se trata de laminado sándwich, y se pretende unir zonas de diferente espesor, debe de realizarse de forma que el paso de un espesor a otro no se realice de una forma brusca ni creando zonas duras de posible concentración de esfuerzos.



Cuando se pasa de laminado sándwich a simple también debe de realizarse de forma suave.



7.2.3.9. Defectos en el laminado

Los principales defectos observables a simple vista suelen implicar a la primera capa aplicada, es decir, al *gelcoat*. No obstante existen defectos perceptibles a simple vista, que afectan al laminado de las otras capas.

Se pueden enumerar los defectos que afectan a la capa de *gelcoat* como:

- Defectos en la aplicación
- Proyección irregular
- Mala adherencia al molde
- Excesivo tiempo de gelificación
- Diferencia de tonalidades
- Variación de brillo
- Ondulación de la superficie
- Poros
- Ampollas
- Fisuras
- Fisuras radiales
- Ósmosis

Los principales defectos que aparecen en el resto del laminado son:

- Deslaminado
- Falta de impregnación de las fibras
- Desprendimiento de la resina

- **Defectos en la aplicación**

Estos aparecen, fundamentalmente, por causas imputables a los elementos de aplicación del *gelcoat*.

Puede ocurrir que tanto las boquillas de la pistola como los conductos auxiliares no estén completamente limpios, por lo que deberá procederse a un limpiado de ambos con acetona.

Otra variable a considerar es la obtención de una correcta presión de aplicación así como evitar, por defectos del sistema, que la aplicación se produzca de un modo intermitente.

- **Proyección irregular**

Influye en una irregular proyección la utilización de un *gelcoat* demasiado viscoso, así que cuando se presenta este caso se debe diluir el *gelcoat*, bien con la utilización de acetona o bien diluyéndolo con catalizador.

Habrà, dependiendo de la viscosidad del *gelcoat*, posibilidad de aplicarlo correctamente, bien haciendo una aplicación más lenta o acercando la pistola al molde.

Puede ocurrir que la pulverización sea defectuosa, por lo que la mejor forma de evitarlo es aumentando la presión de pulverización.

- **Mala adherencia al molde**

A parte de una preparación defectuosa del molde, pueden aparecer problemas de adherencia entre la primera capa y el molde debido a un *gelcoat* demasiado diluido, con lo que el *gelcoat* no polimeriza adecuadamente y se mantiene en estado de gel, con lo que se producen irregularidades debido a la falta de ligazón del laminado con el molde.

Si se hace una aplicación de demasiado espesor, el fenómeno que ocurre es muy parecido al anterior.



Mala adherencia al molde

- **Excesivo tiempo de gelificación**

Intervienen los factores que influyen en la gelificación de los polímeros tales como las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa) y los aditivos necesarios para la polimerización.

Las consecuencias de un tiempo de gelificación demasiado largo son:

- Mala adherencia al molde.
- Dilución del *gelcoat* por el estireno de la siguiente capa.
- Desconchones al desmoldear.
- Marcado de las fibras interiores.
- Ósmosis.
- Fisuras.
- Variaciones de espesor en la capa de *gelcoat*.

- **Diferencia de tonalidades**

Un adecuado proceso de almacenaje y manejo de los recipientes de *gelcoat* es importante para evitar la aparición de este defecto, ya que la aparición de polvo y otras impurezas similares pueden provocar la diferencia de tonalidades.

Catalizando, al mismo tiempo, todo el *gelcoat* que se va a utilizar se puede evitar este defecto.

- **Variación de brillo**

Este es un defecto imputable, casi por entero, a la operación de preparación del molde.

La primera capa de la estratificación (el *gelcoat*) reproduce fielmente el estado de la superficie del molde. Cualquier imperfección en su superficie la reproducirá y por lo tanto, aparecerá un brillo diferente con respecto a la zona contigua.

Si el agente desmoldeante está mal aplicado, bien sea porque no se ha pulido adecuadamente, porque no se haya aplicado en la cantidad correcta, porque no se haya secado o limpiado adecuadamente, se producen diferentes brillos en el *gelcoat*.

- **Ondulación de la superficie**

La causa fundamental es la falta de gelificación de la capa de *gelcoat* hasta el punto adecuado.

Para evitarlo, se puede actuar sobre cualquiera de los elementos que no hayan participado en el proceso de gelificación de una forma correcta.

Si la capa de *gelcoat* es demasiado fina, también se puede provocar ondulación en la superficie, ya que habrá zonas donde la siguiente capa tendrá mayor influencia sobre el *gelcoat* que en otras.



Ondulación de la superficie

- **Poros**

Son debidos a la presencia de aire en el *gelcoat* antes de melificar.

La retención de aire puede ser debida a la presencia de demasiada acetona, la cual puede llegar a "hervir" con la temperatura de la gelificación. Algo parecido ocurre cuando hay excesivo catalizador, ya que la temperatura de la reacción aumenta.

Para evitar la presencia de aire, también se ha de actuar sobre la resina, evitando que su manejo pueda producir la retención de aire. Hay que evitar la presencia de agua en los conductos de la pistola y la presencia de polvo en el molde.

La presencia de humedad, durante la preparación del molde, en el agente desmoldeante, así como una capa, de *gelcoat* demasiado gruesa, impide la salida del aire.



Poros

- **Ampollas**

Cuando el aire presente en la interfase *gelcoat*-laminado no se elimina, provoca la aparición de zonas rellenas de este aire, que no son otra cosa que zonas deslaminadas.

Una de las formas de evitarlo es consolidando adecuadamente las capas de laminado y *gelcoat*.

Cuando la capa de *gelcoat* es demasiado fina, puede ocurrir que no se seque convenientemente por la falta de masa reactiva que produzca el calor necesario y el estireno de la resina se disuelve en el *gelcoat* produciendo las ampollas.

- **Fisuras**

Pueden ser superficiales o bien llegar a la siguiente capa de laminado.

Generalmente son producidas por un defecto de gelificación, por lo que se controlarán los parámetros que la gobiernan.

Si la capa de *gelcoat* es demasiado gruesa, ésta pierde flexibilidad y se facilita la aparición de fisuras.

Cuando la capa de *gelcoat* tiene un espesor variable, en las zonas poco extensas de espesor excesivo pueden producirse puntos de inicio de fisuras, propagándose éstas de forma radial.

- **Ósmosis**

En el proceso de laminado no siempre se consigue una interfase *gelcoat*-laminado con una perfecta unión. Existen zonas, de muy poca extensión, en las cuales, por diferentes causas, no se ha conseguido la unión laminado-*gelcoat*.

Puede ser causado por un exceso de disolvente, por falta de

catalizador, por presencia de humedad, por incorrecta aplicación del agente desmoldeante, por la presencia de humedad en los conductos de la pistola, por mala distribución del catalizador.

La capa de *gelcoat* actúa como una membrana semipermeable, la cual permite el paso de agua hacia el interior del laminado, pero no permite este tránsito en sentido contrario.

Las sustancias hidrosolubles presentes en el laminado van hacia las zonas indicadas anteriormente formándose disoluciones acuosas concentradas. Éstas por acción de la ósmosis atraen más agua del exterior, produciéndose un agrandamiento de las oclusiones o ampollas.

Estas ampollas se forman únicamente en la interfase *gelcoat*-laminado, no formándose en el interior del laminado, por lo que el defecto es un problema estético y no estructural.

Fundamentalmente, la forma de evitar la ósmosis es evitando la presencia de sustancias hidrosolubles en el laminado y procediendo a una consolidación correcta de la primera capa de laminado sobre la capa de *gelcoat*.

Es importante controlar los parámetros medioambientales de la laminación, sobre todo evitar una humedad relativa excesiva para evitar acumulaciones de agua en la interfase.

Una falta de resina en la primera capa de laminado o una capa con mucha concentración de fibra no son convenientes ya que facilitan, por la irregularidad de la superficie, la presencia de oclusiones.

Se debe de laminar sobre el *gelcoat* cuando éste está todavía en estado de gel para conseguir buena adherencia y eliminar, en lo posible, la interfase.

En la laminación de la primera capa debe de evitarse la presencia de un exceso de catalizador para que no dificulte la gelificación del laminado y del *gelcoat*, lo cual produce una mayor permeabilidad al agua del *gelcoat*. Al mismo tiempo, si el postcurado no es el adecuado provoca la presencia de estireno y por lo tanto de radicales libres y oxígeno, los cuales sí que son hidrosolubles.

El uso de desmoldeantes que produzcan ácido acético facilita la ósmosis, ya que éste migra hacia el interior del laminado y al ser hidrosoluble puede favorecer la ósmosis.

- **Deslaminado**

Aunque es un problema de falta de unión de una o varias capas, no siempre ocurre así ya que puede haber causas que produzcan la desunión de capas que, en principio, estaban bien unidas y laminadas.

Puede ocurrir que en la vida en servicio de la embarcación, ésta se vea expuesta a esfuerzos excesivos los cuales puedan provocar una deslaminación. También puede provocarla efectos externos como un impacto, un apriete excesivo de tornillos, una perforación inadecuada con un taladro, en fin, una serie de circunstancias externas, de tal forma que la deslaminación que se produzca no pueda ser achacada directamente a un mal proceso de elaboración.

Sí que hay situaciones en las que una deslaminación puede ser atribuida, directamente, a un mal proceso de laminación. Estas situaciones pueden ser:

- Utilizar resinas o catalizadores diferentes en dos capas consecutivas.
- Impregnación insuficiente del refuerzo.
- Uso de capas consecutivas de elevada proporción de fibra.
- Deterioro del ensimaje.
- Uso de un ensimaje inadecuado.
- Laminar sobre una superficie ya curada.

Es decir, problemas debidos a un mal proceso de laminación o bien una inadecuada utilización de las proporciones en los parámetros que intervienen en la laminación.

- **Falta de impregnación de las fibras**

Además de poder producir un efecto de deslaminado, también puede dar origen a la presencia de parches.

Se puede originar al intentar aplicar varias capas a la vez, al laminar en zonas de difícil acceso o en zonas con elevada verticalidad.

También se puede presentar cuando la resina es demasiado viscosa o se ha empleado un tiempo demasiado corto de gelificación.

- **Desprendimiento de la resina**

Ocurre con el paso del tiempo y con una exposición, del laminado, en un ambiente hostil, dejando al descubierto el refuerzo. Puede ser debido a factores como:

- Baja temperatura de laminado.
- Pérdida excesiva de estireno.
- Uso de resina inadecuada a los factores externos.

Los factores externos que más favorecen la aparición de este defecto son la elevada temperatura de utilización del laminado y un ambiente excesivamente agresivo.

7.2.3.10. Comportamientos del laminado

- **Comportamiento a tracción**

La resistencia a los esfuerzos de tracción de un laminado depende de determinados factores tales como: composición del laminado, orientación de las fibras, orientación de los esfuerzos, tipo de componentes, proceso de laminado, cumplimiento con los parámetros de laminado y curado, y otros que ya han sido mencionados.

Normalmente aumenta la resistencia a tracción con el contenido de

fibra. No obstante, para cada caso particular es necesario hacer un estudio completo de todas las circunstancias y elementos que intervienen en la realización de un laminado.

Como dato importante, hay que destacar que en la gráfica elongación-fuerza de un material compuesto, el paso de la zona elástica a la de rotura se realiza sin pasar por la zona plástica.

En un laminado, la fractura bajo tensión se realiza por combinación de la sección de las fibras y por deslaminación de las mismas.

Normalmente, en el tipo de laminado de vidrio E con resina de poliéster, primeramente rompe la resina, ya que tiene una elongación menor que la fibra.

Como consecuencia inmediata se debe tener en cuenta que los esfuerzos a que se va a someter al laminado no sobrepasen los valores de rotura de la resina una vez impregnada de fibra. Si no ocurre así, al cesar el esfuerzo y haberse producido la rotura de la resina, es inmediato el efecto de penetración de la humedad en el interior del laminado a través de la interfase fibra/resina, y por lo tanto la destrucción de ensamaje, con la consiguiente desligazón entre ambas y el debilitamiento del laminado.

- **Comportamiento a compresión**

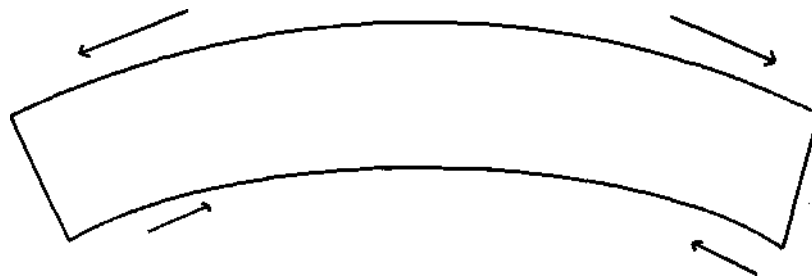
La resistencia a compresión de los laminados compuestos de fibra de vidrio E y resina de poliéster aumenta con los mismos factores que en el caso del comportamiento a tracción.

En el trabajo a compresión intervienen otros factores que influyen en gran medida en el comportamiento del laminado; dichos factores son:

- Presencia de huecos en la interfase fibra/resina.
- Mala cohesión fibra/resina.
- Contigüidad de las fibras.
- Alineamiento de las fibras.

- **Comportamiento a flexión**

La flexión es una mezcla de tracción y compresión ya que las fibras exteriores están sometidas a tracción y las interiores a compresión. En el espacio de transición de las fibras exteriores a las interiores se produce un esfuerzo de cizalla en las zonas intermedias pudiendo ocurrir, si se sobrepasa un determinado límite, que se produzca deslaminación entre capas internas, la cual puede verse favorecida por la presencia de huecos, tiempo excesivo entre laminado y laminado, tiempo de curado inadecuado, etc.



Los materiales laminados de fibra y resina no tienen una rigidez elevada comparados con el hierro y el aluminio, lo que beneficia al laminado ante cualquier situación de flexión debida a esfuerzos o a impactos.

- **Comportamiento a fatiga**

Los laminados están sometidos a fuerzas de tipo cíclico, bien inducidas por la acción de las olas o bien por la hélice y las vibraciones de la maquinaria principal y auxiliar.

La rotura, en caso de fatiga, ocurre de una forma progresiva: primero se produce la desunión de la fibra y la resina, posteriormente se produce la rotura de la resina, la cual presenta un aspecto característico (color lechoso y extendido) propagándose paralelamente a las fibras hasta que se alcanza un punto de debilidad por el cual la fractura de fibra resina es completa.

Se ha comprobado que la rotura por fatiga se facilita en laminados con un alto valor de V_f (fracción volumétrica de fibra) y de V_0 (fracción volumétrica de huecos), sobre todo con esfuerzos de tipo compresión.

- **Resistencia al ataque químico**

Los fluidos utilizados en el catamarán, así como generalmente en cualquier otra embarcación, aparte de servicios especiales, son: agua dulce y salada, aceites y combustibles.

Ante este tipo de fluidos no existe ningún inconveniente en usar los laminados de resina de poliéster y fibras de vidrio.

En caso de uso de fluidos especiales, tales como refrigerantes, aditivos, etc., deben de hacerse las consideraciones puntuales necesarias.

Como regla general, debe de tenerse en cuenta que los laminados de fibra y resina no son compatibles con el uso de álcalis fuertes y de algunos ácidos oxidantes.

- **Influencia de la temperatura**

En todas las embarcaciones existen zonas en que se producen puntos de elevada temperatura (cámara de máquinas, insolación en cubierta, etc.).

En los laminados, el comportamiento a elevadas temperaturas viene determinado fundamentalmente por el comportamiento de las resinas. Así, la resina que mejor comportamiento tiene a elevada temperatura es la viniléster, pero como ya indicamos en páginas anteriores, la elección para el proyecto ha sido el poliéster por las razones anteriormente indicadas.

En términos de comportamiento medio, no debe someterse a un laminado, de forma continua, a una temperatura superior a los 100 °C.

En el caso de que las temperaturas fueran bajas, no tienen influencia en los laminados, incluso con valores rondando los -95 °C.

Cuando se trata de exposición a la llama, ésta no debe de ocurrir ya que aunque el laminado no arde con llama y la fibra no se ve afectada, la destrucción de la resina es inminente.

- **Resistencia a la humedad**

La propagación de la humedad a través de un laminado, puede realizarse por difusión a través de la resina, por capilaridad a través de los huecos y grietas y a través de la mala unión en la interfase fibra/resina.

La presencia de humedad, en un laminado, lleva consigo la pérdida de gran parte de sus características mecánicas.

En términos de Módulo de Young, resistencia a tracción, a flexión y compresión, se tienen unas pérdidas de 20, 30 y 35% respectivamente.

La presencia de humedad puede reducirse con el uso de pinturas, *gelcoat* pigmentado y evitando huecos y grietas superficiales.

7.2.4. Montaje

La última etapa en la fabricación del catamarán es el montaje o ensamblado. En esta etapa se realiza la unión de todas las piezas fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio, así como todo el resto de los elementos que se encargarán de concluir definitivamente con la construcción del producto.

Esta puede considerarse la etapa más compleja de todo el proceso de fabricación del catamarán, ya que engloba multitud de elementos que se instalarán de diversas formas, no pudiéndose generalizar el proceso de montaje para todos los ellos.

Para facilitar la descripción de esta etapa, he visto conveniente agrupar los elementos que se deben instalar en el catamarán en diferentes secciones comunes, de forma que se pueda hablar de instalar un grupo conjunto de elementos, y no cada uno de ellos individualmente, ya que en el caso de especificar la colocación exacta de cada uno de los componentes del barco, haría extensa y engorrosa la descripción de la etapa, y dificultosa la comprensión de la misma.

He recopilado todos los elementos que se deben instalar en el catamarán para conseguir su finalización, en cuatro grandes grupos genéricos:

- Laminación
- Carpintería e Interiores
- Fontanería, Herrajes y Accesorios
- Electricidad y Mecánica.

Cada uno de estos grupos englobará una serie de actividades específicas a realizar, así como elementos específicos a instalar, que se relacionan con el título del grupo al que pertenecen.

Es bien sabido que existen múltiples actividades que podrán llevarse a cabo simultáneamente en el tiempo, es por ello que se ha realizado esta agrupación de elementos.

A continuación se indicará a grandes rasgos cuales son los diferentes elementos que englobarán cada uno de los cuatros grupos descritos anteriormente. En ellos sólo se indicarán aquellos elementos que se incluyen en la configuración estándar de la embarcación, es decir sin añadir ningún equipamiento opcional, de forma que en función de las peticiones del cliente final, se deberán agregar elementos y actividades de montaje a cada uno de los sectores.

7.2.4.1. Elementos y actividades de Laminación

El grupo de montaje de laminación englobará todos aquellos elementos que han sido laminados, es decir todas y cada una de las piezas que han sido llevadas a cabo en poliéster reforzado con fibra de vidrio mediante la utilización de los moldes. Estos elementos serán los que compondrán la estructura del catamarán, y sin ellos la construcción del mismo sería imposible.

Se obtendrá al menos una pieza de PRFV por cada molde existente. En nuestro caso existen 54 moldes diferentes que darán lugar a cada una de las piezas que compondrán el catamarán objeto de este proyecto. Las piezas obtenidas durante el proceso de laminación, y que ahora formarán parte de la embarcación en la etapa de montaje son:

1. Casco patines y central
2. Baño de babor
3. Cajón aguas grises baño babor
4. Baño de estribor
5. Cajón aguas grises baño estribor
6. Camarote proa babor
7. Camarote proa estribor
8. Depósito de agua (2 unidades)

9. Escalera de bajada a camarotes (2 unidades)
10. Camarote popa babor
11. Camarote popa estribor
12. Ventilación motor
13. Tubo entrada ventilación motor
14. Postizo timón
15. Limera timón
16. Postizo escotilla
17. Grabadillos techo
18. Cubierta
19. Sofá del salón
20. Consola del salón
21. Puesto de gobierno del salón
22. Cajón cuadro eléctrico
23. Cocina salón
24. Baño del salón
25. Pilar del salón
26. Escalera de subida del *fly bridge*
27. Puerta del lavabo de la escalera
28. Banco de popa de plataforma de baño
29. Tapa de motores de babor
30. Tapa de motores de estribor

31. Tapa cajones estibas babor
32. Tapa cajones estibas estribor
33. Tapa molinete
34. Cajón balsa salvavidas
35. Tapa cajón balsa salvavidas
36. Puerta popa bañera de babor
37. Puerta popa bañera de estribor
38. Marcos de las ventanas del salón (6 unidades)
39. *Fly bridge*
40. Interior del *fly bridge*
41. Solarium *fly bridge*
42. Tapa solarium *fly bridge*
43. Banco *fly bridge*
44. Consola *fly bridge*
45. Asiento consola *fly bridge*
46. Arco radar
47. Tapa registro arco radar
48. Canalización agua *fly bridge*
49. Tapa subida *fly bridge*
50. Plataforma de baño
51. Contramolde plataforma baño
52. Tapa plataforma baño babor

53. Tapa plataforma baño estribor

54. Tapas de registro plataforma baño

Esto son únicamente las piezas de PRFV que han sido fabricadas en el Astillero, pero dentro del grupo de Laminación recogeremos además otra serie de elementos que también están relacionados y que son necesarios montar para la obtención del producto final.

De la misma manera, y para facilitar la comprensión de la secuencia de ensamblaje, todas estas piezas de PRFV que acaban de ser nombradas, se van a agrupar en varios sectores, de esta forma se facilita el desarrollo de esta etapa.

Hablaremos de varios sectores principales, de forma que todas y cada una de las piezas que acaban de ser nombradas, así como otros elementos o actividades que deben llevarse a cabo, se encontrarán dentro de uno u otro sector de los que a continuación se especifican:

De esta forma, a continuación se nombrarán los elementos que se deben montar o añadir en cada uno de los sectores del grupo de laminación:

- **Cascos:** Bancada de motores, tratamiento antiósmosis y tratamiento *antifouling*.
- **Cubierta:** Unión de la cubierta con el casco.
- **Fly bridge / contramolde:** Unión del *fly bridge* con su contramolde y unión del *fly bridge* con la cubierta.
- **Arco radar:** Unión del arco rada sobre el *fly bridge*.
- **Contramoldes interiores:** Unión de baños de proa, unión de camarotes de proa, unión de camarotes de popa.
- **Mobiliario del salón, cubierta y fly bridge:** Montaje de todo el mobiliario del salón: Sofá, consola, puesto de gobierno, cocina, baño, y pilar. Montaje de todo el mobiliario de la cubierta: escalera de subida del *fly bridge*, puerta del lavabo de la escalera, banco de popa, tapas

de motores, tapas de proa, tapa molinete, cajón balsa salvavidas y su correspondiente tapa. Y montaje de todo el mobiliario del *fly bridge*: tapa de subida, consola, banco, solarium, y su tapa correspondiente.

- **Plataforma de baño:** Montaje de elementos: tapas de registro, tapas de la plataforma y puertas. Unión de la plataforma de baño con el casco.

Estas serán los sectores principales que recogerán todos y cada uno de los elementos a instalar dentro del grupo Laminación.

7.2.4.2. Elementos y actividades de Carpintería e interiores

El grupo de montaje de Carpintería e Interiores englobará todos aquellos elementos que han sido fabricados en dicho taller, así como aquellos elementos que dan el acabado final al interior del catamarán, teniéndose en cuenta solamente los elementos de configuración estándar de la embarcación. Todos los elementos de carpintería serán fabricados en el propio Astillero. Éstos se agruparán en los siguientes términos:

- **Carpintería:** Paneles sándwich, mamparos, puertas, armarios, panas y suelos, techos interiores, cerraduras y remates de carpintería.
- **Interiores:** Tapizado de interiores, tapizado de colchonetas, encimeras Silestone® y colocación de puerta corredera del salón.

7.2.4.3. Elementos y actividades de Electricidad y mecánica

El grupo de montaje de Electricidad y Mecánica recogerá las actividades de montaje de los elementos que a continuación se indican:

- **Electricidad:** Instalación de líneas AC/DC, panel eléctrico AD/DC, iluminación interior y exterior, interruptores y enchufes, conexiones a motores, conexiones a elementos de cubierta, equipamiento de cocina, y elementos electrónicos de navegación.

- **Mecánica:** Sistema de alimentación de motores, sistema de refrigeración de motores, sistema de escape de motores, sistema de gobierno, ejes, arbotantes y hélices, aislamiento acústico de la sala de máquinas, e instalación de motores.

Esta es la división que se ha hecho de todos los elementos que constituirán el catamarán, aglomerándolos en grupos para facilitar su identificación, así como para facilitar la secuencia que se debe llevar a cabo en el montaje.

7.2.4.4. Elementos y actividades de Fontanería, Herrajes y Accesorios

El grupo de montaje de Fontanería, Herrajes y Accesorios, recogerá las actividades de montaje e instalación de todos aquellos elementos de configuración estándar del catamarán que a continuación se especifican:

- **Herrajes y accesorios:** Herrajes de cubierta, timones, barandillas de cubierta, barandillas de *fly bridge*, molinete anclas, limpiaparabrisas y bocina. Cristales y policarbonatos, herrajes de la plataforma, tanques de gas oil, y recubrimientos de tekaflex o teca de Birmania en cubierta, *fly bridge* y plataforma de baño.
- **Fontanería:** Depósitos de agua, circuito de agua dulce, circuito de aguas negras, sistema de achique, bombas de agua dulce, instalación de WC, instalación de grifería, y calentador de agua.

7.2.4.5. Etapas de Montaje

Seguidamente se indica cuál será la secuencia de montaje a seguir. Muchas de las etapas que a continuación se indican pueden solaparse en el tiempo y realizarse paralelamente, pero en este apartado únicamente se indicará la secuencia de montaje de forma lineal para facilitar la expresión del contenido, y más adelante se expondrá un plan de trabajo donde se indicará exactamente qué actividades y qué elementos se instalan antes, después o simultáneamente.

La secuencia de montaje es la siguiente:

- **Preparación del casco**
- **Nivelación del casco**

La primera etapa que se llevará a cabo en la etapa de montaje del catamarán es la preparación del casco.

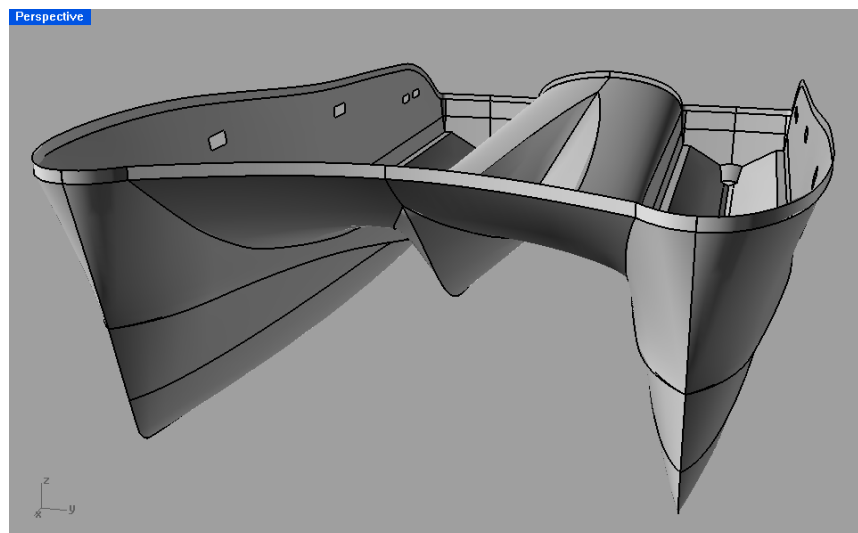
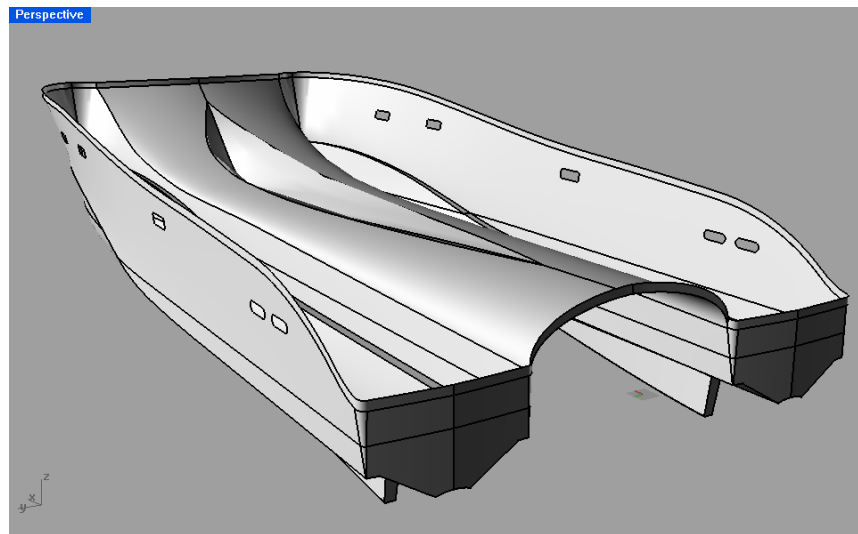
Para preparar el casco, una de las actividades necesarias llevar a cabo es pintar el mismo con la pintura antiósmosis y *antifouling*. Para la realización de dichos tratamientos es necesario matizar la zona inferior del casco, la que va sumergida, de la línea de flotación hacia abajo. Se matiza utilizando una lijadora.

A continuación se realiza la aplicación de una imprimación, para de esta forma tapar microporos que puedan quedar en la capa de *gelcoat*, y consiguiéndose de esta forma que la pintura *antifouling* además quede mejor adherida al casco. Esta capa de pintura se aplica para evitar las incrustaciones por crustáceos, algas u otros organismos. La imprimación se aplica a rodillo.

Seguidamente se matiza la imprimación de la misma manera, mediante el uso de una lijadora, y después se aplica la pintura antiósmosis con rodillo.

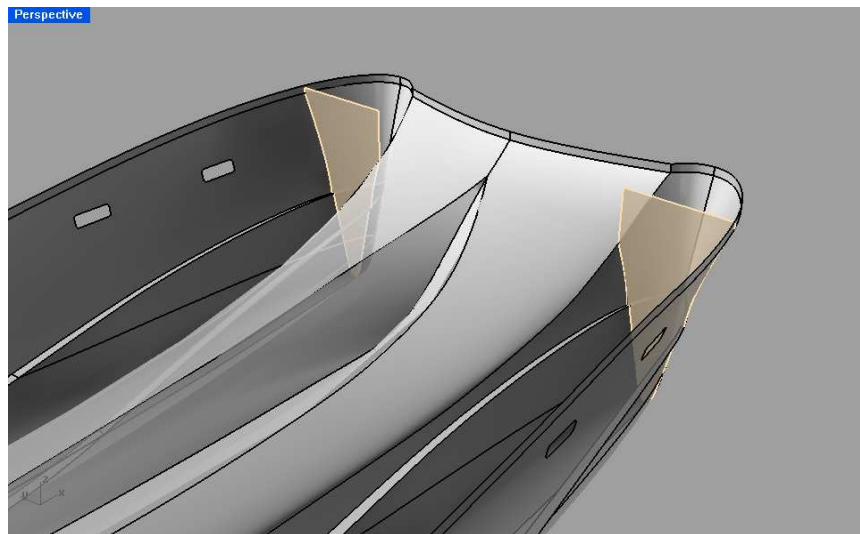
Una vez seca la pintura se procederá con la nivelación del barco, etapa imprescindible antes de montar ninguna de las piezas sobre el mismo. Para realizar la nivelación se utiliza un láser.

Una vez nivelado el casco se procede con la instalación de todos los componentes en su interior.



- **Colocación de mamparos de proa**

Los primeros elementos a montar en el casco son los mamparos. Bajo cubierta, cada casco está subdividido por mamparos principales estancos. Dichos mamparos se construirán en sándwich con un núcleo de tablero fenólico. Primeramente se colocan los dos mamparos de subdivisión de proa, y a continuación se laminan los mismos con la técnica ya aprendida, para que queden bien fijos al barco.



El sistema eléctrico no se añade hasta que el barco se encuentra “cerrado”, es decir, cuando se han ensamblado el casco con la cubierta, pero lo que sí se realiza antes de introducir ninguna pieza, es una serie de agujeros en el casco, concretamente en los refuerzos de poliuretano, de manera que es por aquí por donde se realizará posteriormente la entrada de los cables que es necesario tirar por todo el barco para las diferentes conexiones eléctricas que indica el diseño de la embarcación, facilitando considerablemente la labor del electricista en el momento de introducir la instalación eléctrica. Se agujerean para ello diez refuerzos por la parte interna del casco del barco, cinco refuerzos a babor, y cinco a estribor, de manera, que en cada uno de ellos se realizan dos perforaciones, realizándose por tanto un total de veinte orificios en los refuerzos del casco.

Para facilitar la tarea posterior del electricista se colocarán unos tubos de PVC en las perforaciones creadas anteriormente, que coinciden en el espacio con el lugar donde deben colocarse las escaleras que bajan a los camarotes según el diseño, colocándose un total de dos tubos a cada lado, que interaccionan por tanto con cuatro perforaciones a cada lateral. Esto facilitará enormemente la tarea del electricista una vez que se hayan ensambladas las piezas en el casco y sea necesario realizar el cableado por el interior del mismo, ya que al estar las escaleras, sería imposible hacer pasar los cables de proa a popa, es por esta causa que se realiza la colocación de los tubos, para facilitar así el paso de los cables, debido a la imposibilidad de hacerlo por la posición en la que se encuentran las escaleras.



- **Montaje de baños de proa**

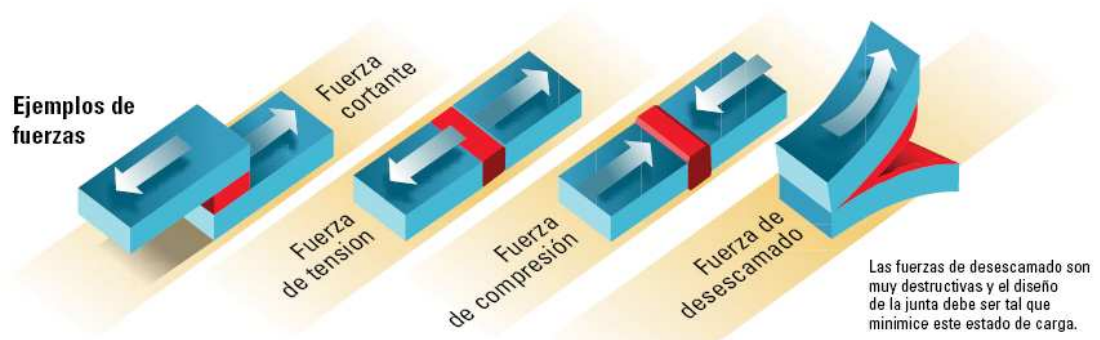
Tras la colocación de los mamparos de proa y la realización de las perforaciones en los refuerzos, se colocan en el casco los cuartos de baño de proa, tanto el de babor como el de estribor. Para la colocación de estos elementos, así como del resto de piezas de PRFV necesarias instalar en el catamarán, se utilizará un puente grúa, que elevará dichos elementos desde su posición de almacenaje hasta la posición que les corresponde según el diseño del catamarán.

Una vez montado los baños en el casco, es necesario realizar su fijación al mismo. Para ello, cuando las piezas han sido puestas en su posición en el interior del barco, se aplica un producto denominado Crestomer®, que es un adhesivo estructural formulado especialmente para la industria de Plásticos reforzados con fibra de vidrio. Este producto está basado en la innovadora tecnología de uretano acrilato de Scott Bader y presenta unas características excepcionales de resistencia a impactos, flexibilidad y dureza. El adhesivo Crestomer® tiene la probada capacidad de funcionar efectivamente en una gama de uniones de diferentes espesores, desde capas finas de pegado de 1 mm, hasta capas de relleno de 25 mm.

Las juntas pegadas con Crestomer® pueden estar sujetas a diferentes fuerzas. Es, por lo tanto, esencial tener en cuenta los requisitos de diseño de las juntas pegadas, respecto a estas fuerzas.

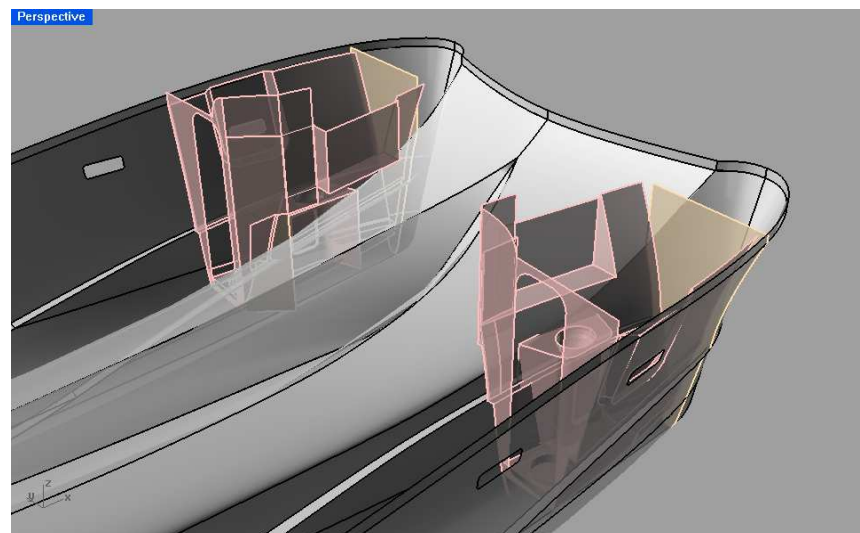
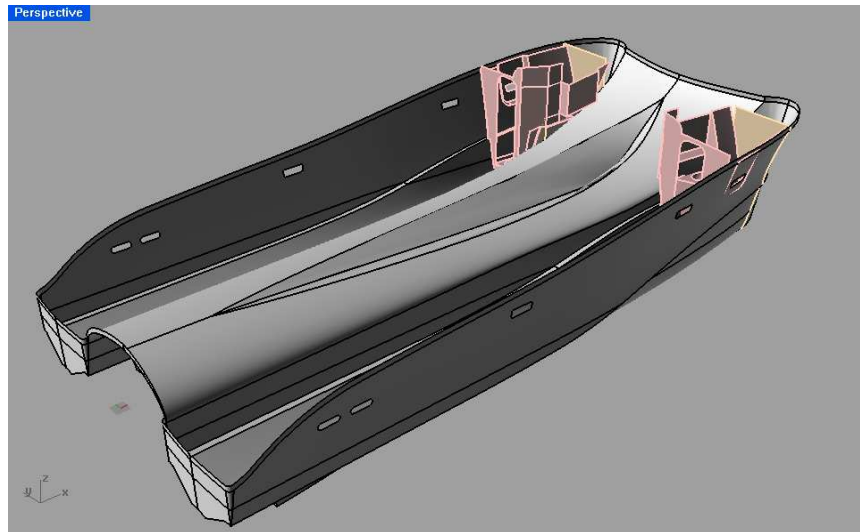
Una junta pegada se debe diseñar de manera que soporte el caso de carga más severo, con un adecuado factor de seguridad.

La resistencia de la junta y del adhesivo a las fuerzas de desescamado, es lo que generalmente limita la unión de elementos de material compuesto. En términos de resistencia a las cargas de la junta y del adhesivo, las fuerzas de desescamado son las más destructivas, seguida de las cargas de cizalladura y las cargas por tracción. Las juntas pegadas son generalmente muy resistentes a los casos de cargas a compresión.



Este producto se aplica en las zonas exteriores de la pieza a pegar que se encuentran en contacto con el interior del barco, el interior del casco en este caso, y una vez que se ha aplicado el componente se encaja la pieza perfectamente en el hueco que tenga destinado, para así fijarla completamente. Al Crestomer® se le añade peróxido de metiletilcetona para catalizarla y que el proceso de secado sea más rápido.

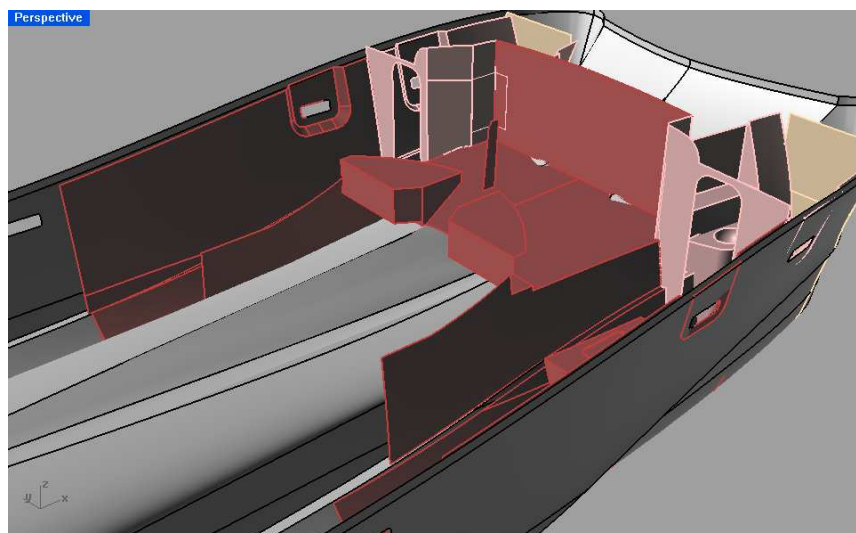
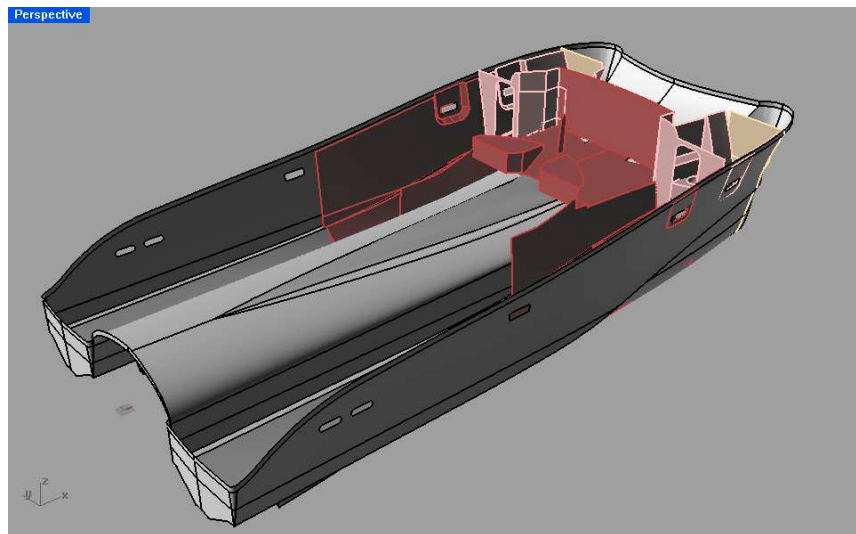
Una vez pegada la pieza al barco, para conseguir una mayor fijación y compactación del baño, lo que se hace es que se cortan unas tiras de tela de fibra de vidrio, se colocan en aquellas zonas donde aun se tenga acceso, y se laminan del mismo modo hecho hasta ahora para procesos anteriores, de esta forma se consigue fijar perfectamente la pieza al barco.



A partir de aquí, he de indicar, que todas las piezas de PRFV que van instaladas en el casco se fijarán al mismo de igual manera, primero utilizando un adhesivo estructural, y seguidamente laminando por las zonas que queden accesibles.

- **Montaje de los camarotes de proa**

A continuación se subirán al barco los camarotes de proa, tanto el de babor, como el de estribor, y tal y como ha sido indicado, se procederá a la fijación de los mismos, primero con adhesivo Crestomer®, y seguidamente laminando al casco las zonas posibles.



- **Montaje de la caja de cadenas y cierre de paños de proa**

Una vez hecho esto se realiza el montaje de la caja de cadenas y se lleva a cabo el cierre de los paños de proa. También se introducen los mamparos divisorios de los camarotes y escaleras de bajada, así como el mamparo que divide el camarote de babor y el de estribor.

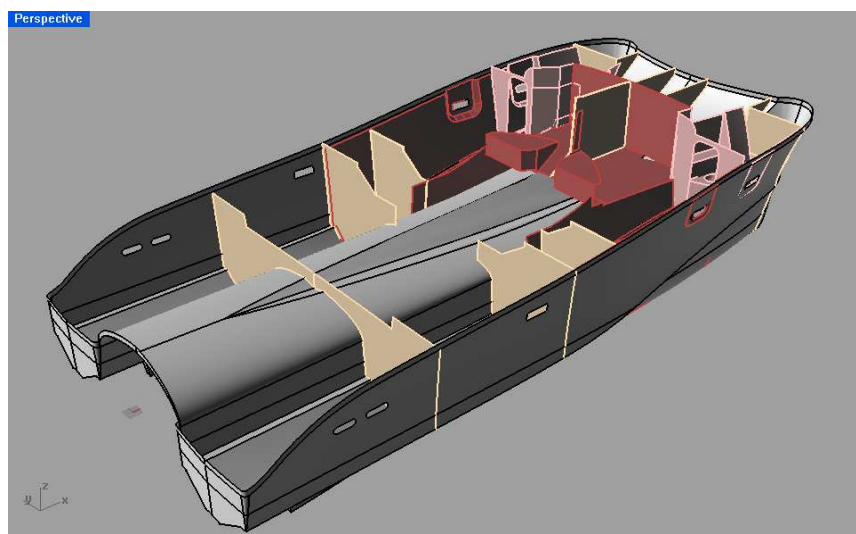
Seguidamente se realiza el cierre de los paños de proa. Para ello se añaden unas maderas en los laterales de los mamparos de proa, perpendiculares a éstos, así como un piso de pana, de forma que quede un compartimento totalmente cerrado.



- Colocación de mamparos de máquinas

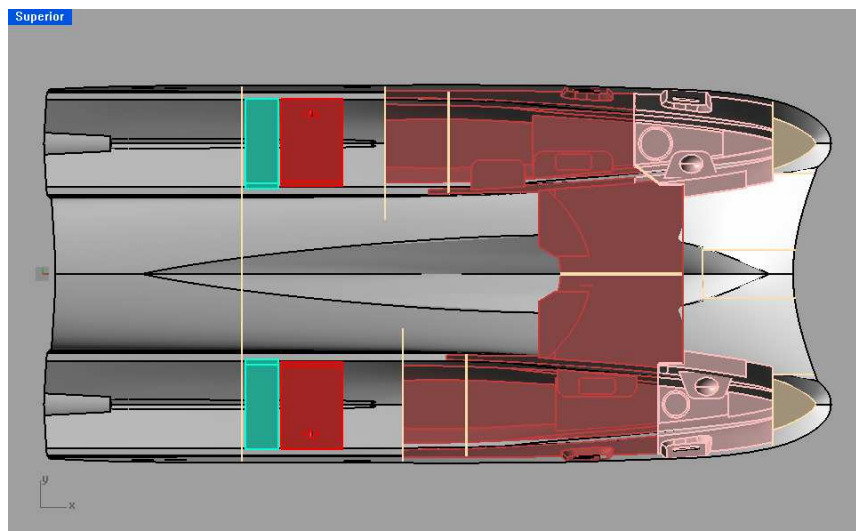
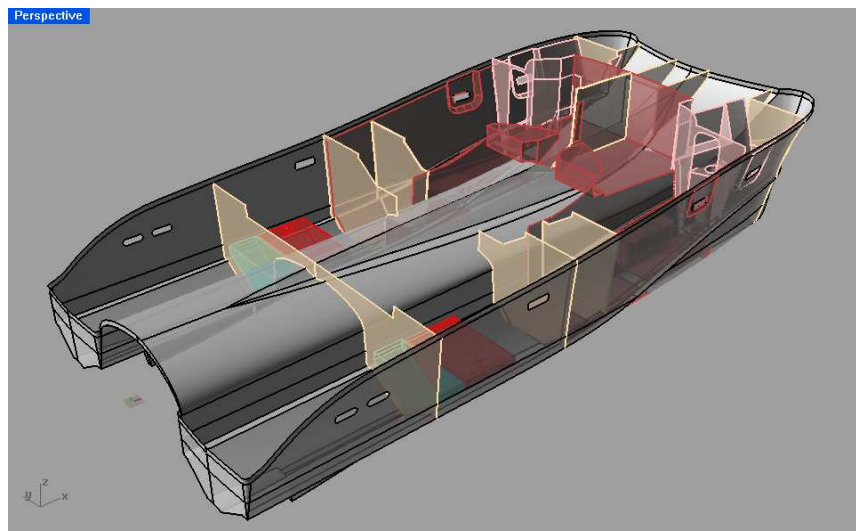
La siguiente etapa es la colocación de los mamparos de máquinas. Como ya se comentó anteriormente, bajo cubierta, cada casco está subdividido por mamparos principales estancos que se construirán en sándwich con un núcleo de tablero fenólico.

Se colocan los dos mamparos de subdivisión de popa, consiguiéndose la separación de la sala de máquinas de los compartimentos adyacentes. Tras su colocación en el lugar que indica el diseño, y para fijarlos a la estructura del barco, se laminan.



- **Montaje de depósitos de agua y combustible**

Una vez listos los mamparos de máquinas, se lleva a cabo la instalación de los tanques tanto de agua como de combustible, que van situados en la popa del casco. Los tanques son independientes. Llevan un tanque de combustible en cada casco, de acero inoxidable. Así mismo, también lleva un tanque de agua en cada casco. Se adhieren con Crestomer® y se laminan para aumentar su fijación. Se lleva a cabo además la colocación de las tuberías, tanto las que formarán parte del sistema de agua dulce a partir de los depósitos de agua, como las que formarán parte del sistema de alimentación de motores desde los tanques de combustible.

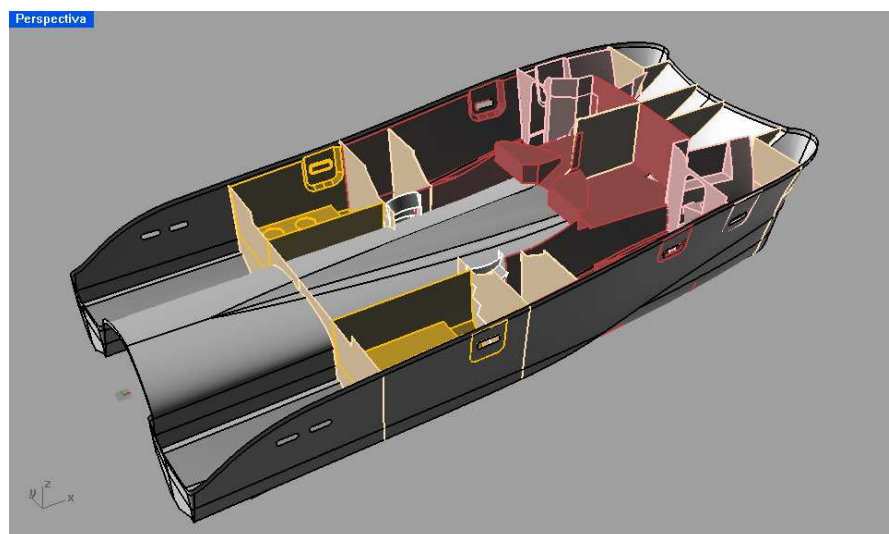
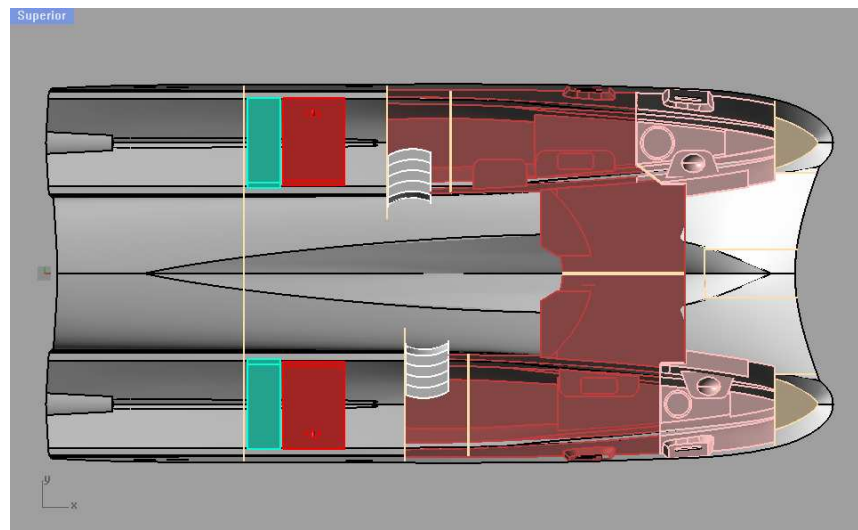


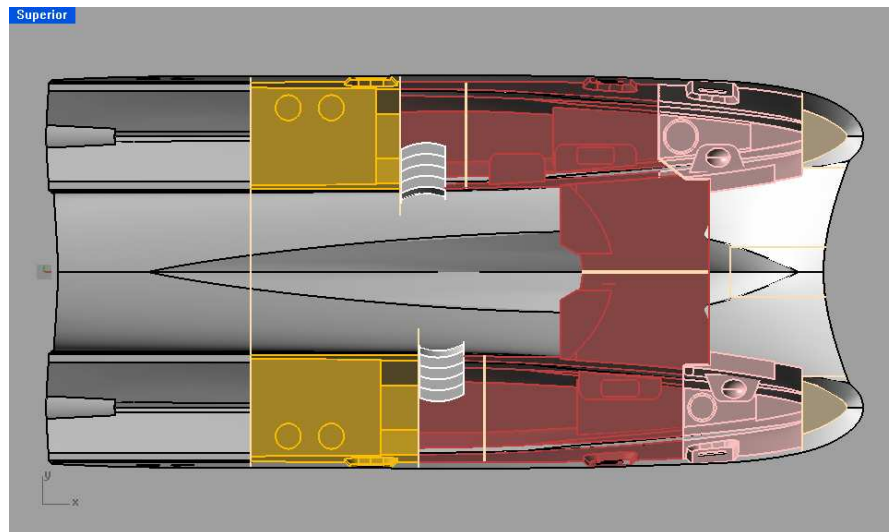
Simultáneamente a la colocación de las tuberías de los tanques de

agua y combustible, se introducen unos armarios en los camarotes de proa, y se forran con monolítico, de esta forma se cierran los huecos, y se evita que se vean los refuerzos del barco.

- **Montaje de escaleras de bajada y camarotes de popa**

A continuación se lleva a cabo el montaje y fijación de las escaleras de bajada a los camarotes desde el salón, y una vez se han introducido estos, se acoplan también al casco los camarotes de popa, tanto a babor, como a estribor.





- **Montaje de las bancadas de motor**

Cuando ya han sido introducidos y fijados al casco estos elementos, se montan las bancadas de motor. Se realiza la colocación de unas maderas en los huecos donde próximamente irán cada uno de los dos motores. Se adhieren las bancadas con Crestomer® y se laminan a continuación.

- **Montaje del timón**

Se monta la limera, que es una abertura en la bovedilla de popa, para el paso de la cabeza del timón, y se añaden además las palas del timón.

- **Ajuste de refuerzos**

Como última actividad en la preparación del casco se encuentra la nivelación de los refuerzos. Es necesario conseguir que los refuerzos del casco coincidan con los de cubierta, así que hay que aumentarlos en altura mediante el uso de poliuretano. Se introducen piezas de poliuretano recortado sobre las cuadernas del casco y posteriormente se laminan, de forma que las cuadernas alcancen la altura necesaria para poder encajar a la perfección con los baos de cubierta, haciendo que quede una estructura totalmente cerrada y estanca.

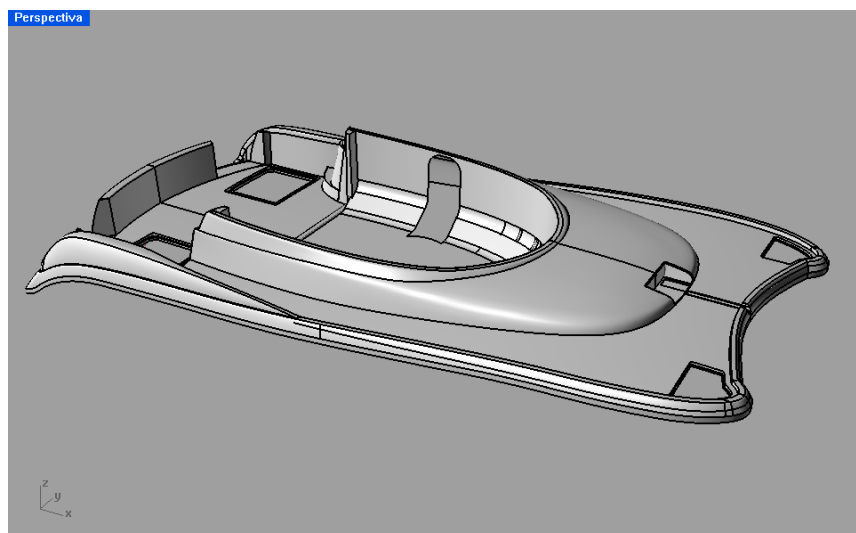
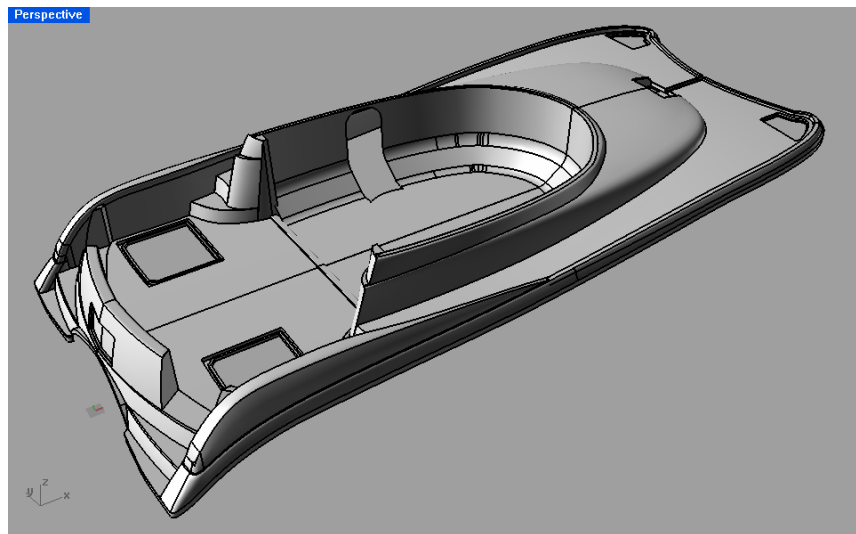
Una vez que se han instalado todos estos elementos, se puede decir que el casco está preparado. Cuando esto se ha conseguido, se realiza entonces la eliminación de los sobrantes de todos los contramoldes que han sido instalados, sobrantes que hasta el momento se han mantenido intactos porque de esta forma hacían las veces de refuerzo, aportando mayor rigidez y resistencia a la estructura mientras se llevaba a cabo la etapa de curado, pero ya una vez se ha acabado con el montaje de elementos del casco se procede al recorte de todos estos sobrantes y pestañas, para permitir de esta forma un buen acabado. Todos estos sobrantes se eliminan mediante el uso de una radial. Y de esta forma queda el casco totalmente preparado.



- **Preparación de la cubierta**

Tal y como se ha comentado en un principio, esta etapa puede llevarse a cabo simultáneamente a la preparación del casco, incluso simultáneamente a la siguiente etapa, pero se procede a explicar como etapa posterior a la última indicada, para facilitar la comprensión.

Ahora se realiza la preparación de la cubierta. Del mismo modo que se ha llevado a cabo la preparación del casco, se indicará la secuencia de ensamblaje de elementos en la cubierta principal.



- **Realización de huecos de escaleras de bajada**

Los primeros elementos que se montarán en la cubierta son las piezas de PRFV de la cocina, la consola, el puesto de gobierno, el sofá, el baño y la columna del salón.

Para ello, antes de montar estos elementos, es necesario realizar los huecos de la zona de bajada a los patines, que previamente han sido marcadas con rotulador. El corte de esta zona de cubierta se realiza con una radial.

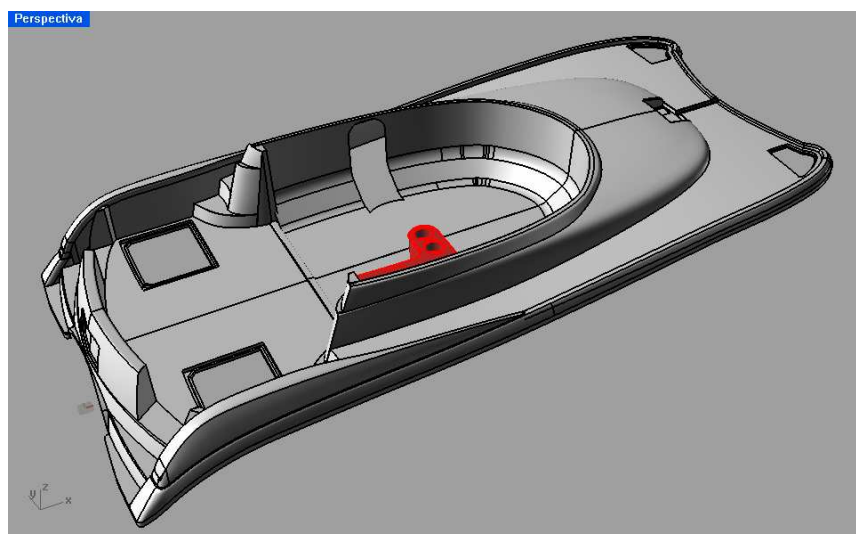
- **Montaje de cocina, consola, puesto de gobierno, sofá, baño y columna del salón.**

Una vez hecho los huecos, se colocan los elementos. Primeramente se coloca la cocina, seguida de la consola, el puesto de gobierno, el sofá, el baño y la columna del salón respectivamente. Todas estas piezas, debido a que son de un tamaño considerable, se suben a la cubierta usándose el puente grúa, a excepción del puesto de gobierno, que debido a que se trata de una pieza de pequeñas dimensiones, puede subirla a cubierta un operario a mano sin mayor dificultad.

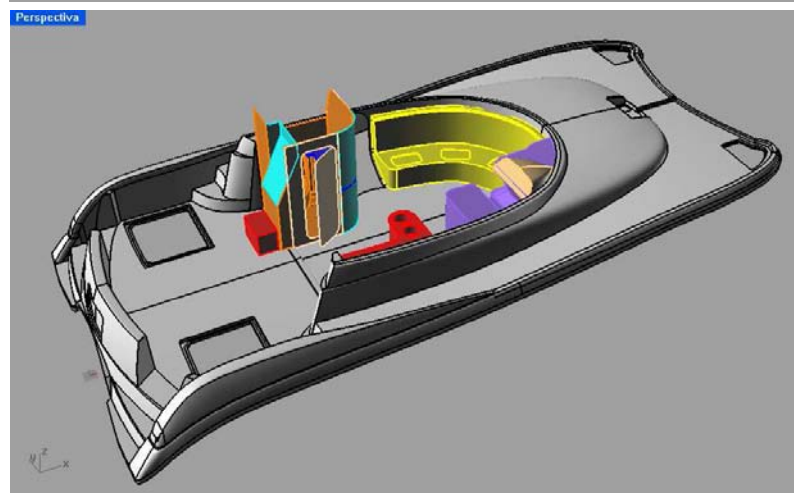
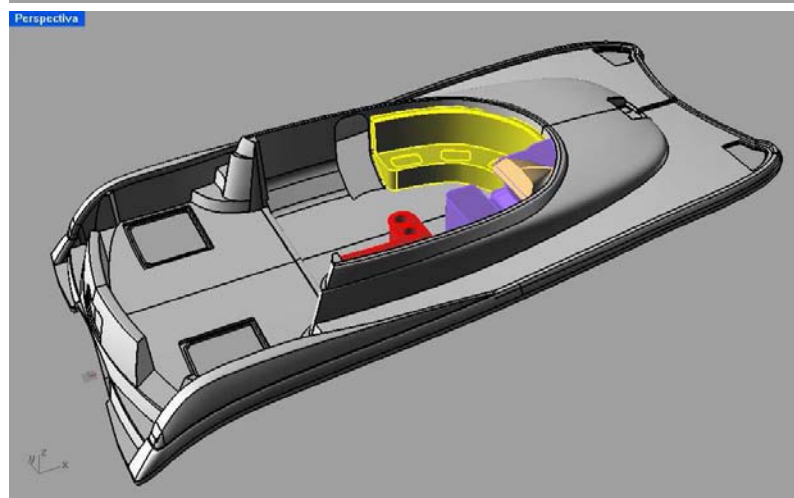
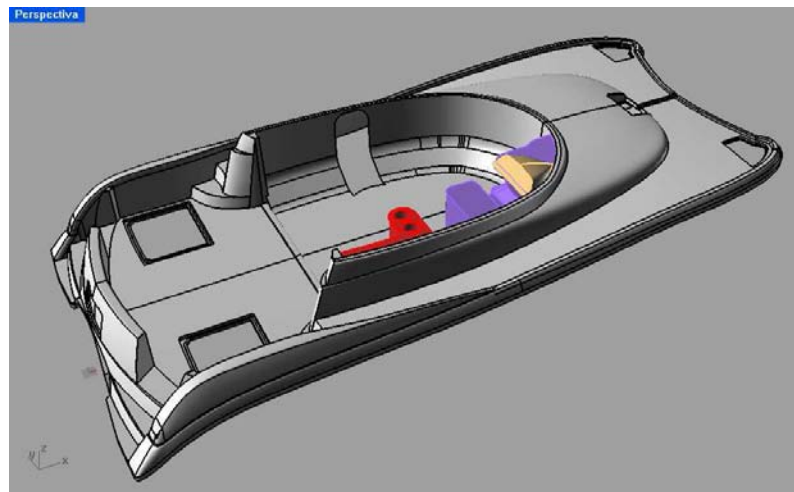
Se realiza la fijación de las piezas a la cubierta con una masilla altamente adhesiva de poliuretano monocomponente, que bajo la acción de la humedad atmosférica se transforma en un elastómero de gran calidad con gran dureza, y especialmente útil para su uso en el sector marino.

El producto utilizado será Sikaflex®, que es un producto polivalente que permite realizar el sellado en elementos internos y externos en los trabajos de sellado clásicos, por encima y debajo de la línea de flotación, en todo tipo de embarcaciones.

Posteriormente a la adición del Sikaflex®, se atornillarán las piezas para aumentar la fijación de los mismos a la cubierta. En esta caso no se laminan las piezas como en el casco, ya que sería visible, no consiguiéndose un buen acabado estético, es por ello que se utiliza este método de unión y fijación, mediante Sikaflex® y atornillado.



Una vez fijada la cocina, se realiza el ensamblaje y fijación de la consola, el puesto de gobierno, el sofá, el baño, y la columna del salón, exactamente de la misma forma, primero se utiliza Sikaflex® para unirlo a la cubierta, y seguidamente son atornilladas las piezas para aumentar la fijación.



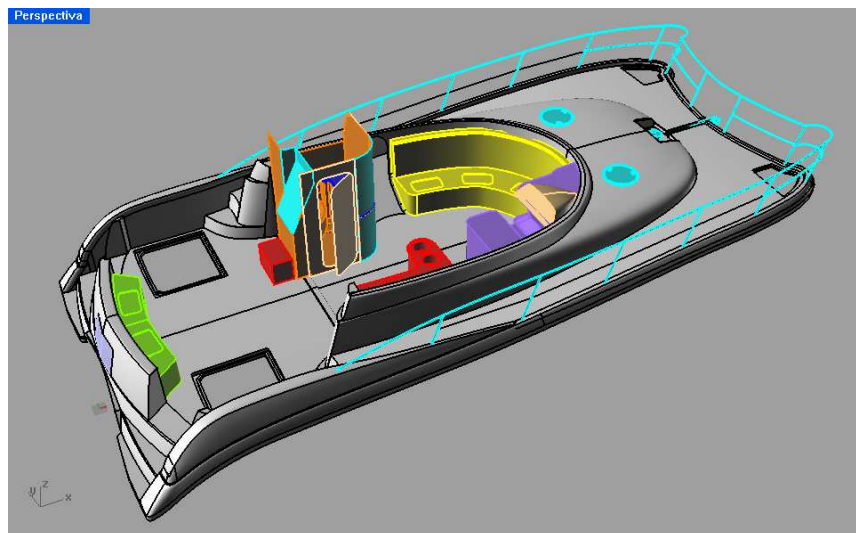
Tras la fijación del sofá, mediante la utilización de una radial, se corta la zona que queda detrás del mismo, con el objetivo de facilitar posteriormente al electricista meter la instalación eléctrica.

- **Montaje de barandillas y cornamusas**

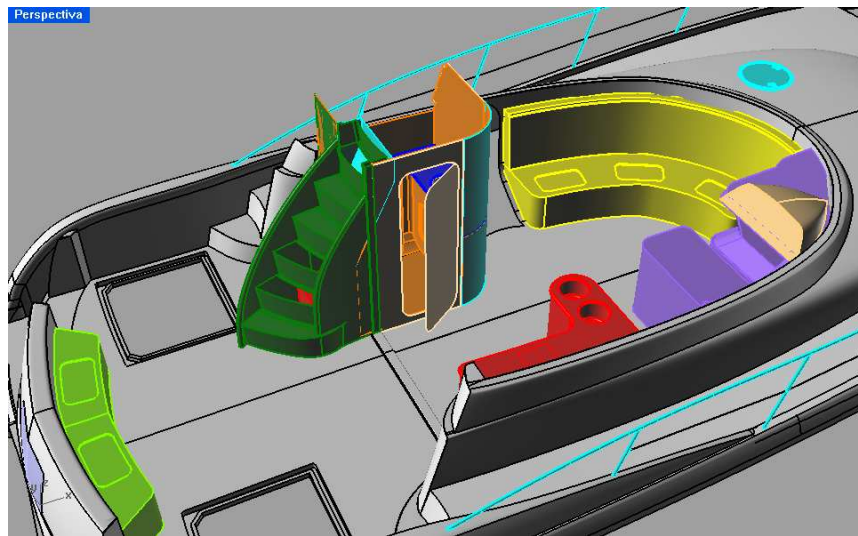
Seguidamente, se instalarán en la cubierta las barandillas y las cornamusas, que son piezas en forma de T que sirve para amarrar por medio de vueltas los cabos de labor.

- **Montaje de cajón de balsa salvavidas, banco de popa y escalera de subida al *fly bridge***

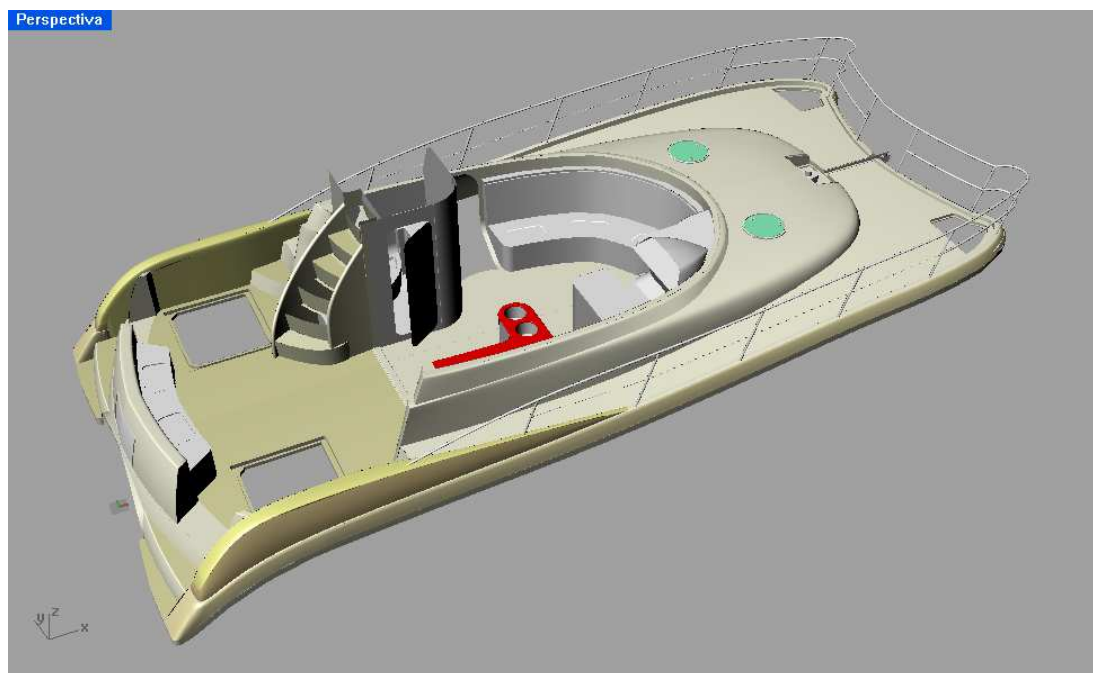
Se instala también el cajón de la balsa salvavidas y su tapa correspondiente, y posteriormente se añade el banco de popa. Todos estos elementos que quedan visibles, se montan como ya se ha indicado, son Sikaflex® y luego atornillados para aumentar su fijación.



Por último se instala la escalera de subida al puente.



Con esto se puede considerar que la cubierta también se encuentra preparada.



- **Preparación del *fly bridge***

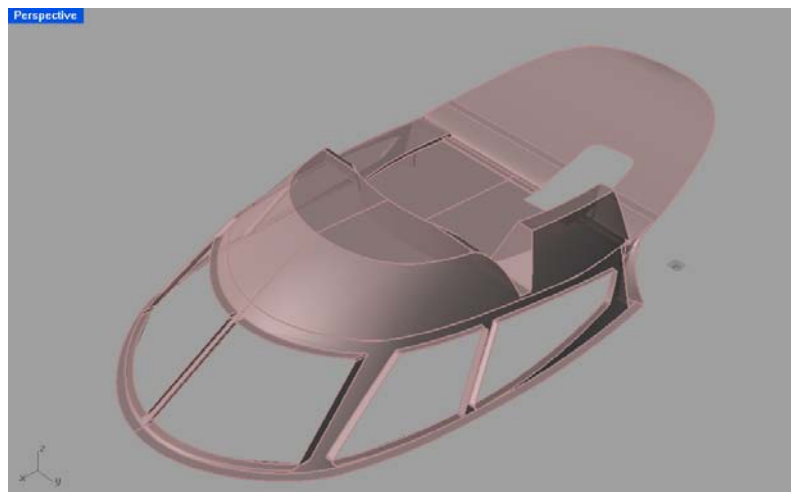
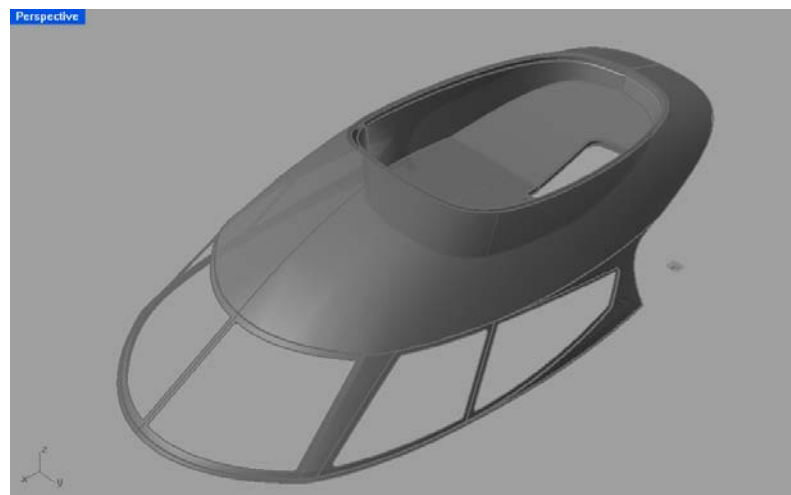
Es necesario realizar igualmente la preparación del puente de gobierno, tal y como se ha hecho hasta ahora con el casco y la cubierta.

- **Realización de los marcos de las ventanas**

Una vez han sido desmoldeados el *fly bridge* y su contramolde, lo primero que se debe hacer es recortar la zona donde irán las ventanas, que previamente han sido marcadas mediante el uso de los seis moldes de las ventanas, que fijarán lo que son los marcos de las mismas en el *fly bridge*. El corte de los huecos para las ventanas se realizará con una máquina radial.

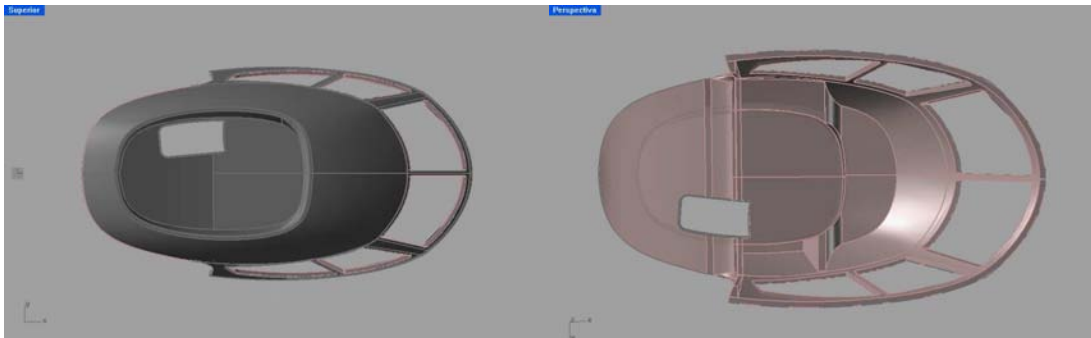
- **Unión del *fly bridge* y su contramolde**

Antes de comenzar a instalar ningún elemento sobre el puente, es necesario que se lleve a cabo la unión de la zona exterior y la interior, es decir, de la pieza del *fly* propiamente dicha, y de su contramolde, que es la zona que quedará a la vista de los pasajeros desde el interior del salón.



Para realizar la unión de estos dos elementos se vuelve a utilizar Crestomer®, adhesivo estructural que sirve para la unión de materiales compuestos como ya sabemos. Este producto se aplica en las zonas de contacto de ambas piezas.

Una vez ha secado el adhesivo, para aumentar la fijación de los dos componentes, lo que se hace es laminar los bastidores, es decir, se laminarán los bordes de unión de los componentes, usando el mismo método usado hasta ahora para laminar, con esto se conseguirá una perfecta fijación de los dos elementos que conformarán el *fly bridge*.

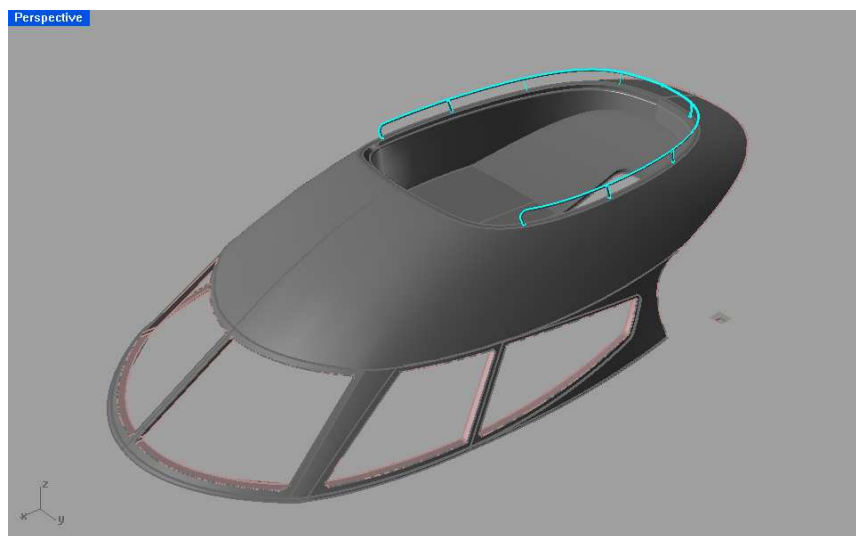


Pero hay que tener en cuenta que al laminarse los bastidores del puente, quedará un mal acabado visible a simple vista. Es por ello que la siguiente actividad será conseguir un buen acabado del *fly* y corregir las imperfecciones producidas. El método utilizado para conseguir un buen acabado ya fue explicado en el apartado de fabricación de las piezas, en la actividad de *desmoldeo y reparación*. El método consistía en ir lijando la zona, y seguidamente ir aplicando masilla para conseguir la forma requerida. Por último se añadirá *gelcoat* para conseguir la misma tonalidad del resto de la pieza, y como ya se sabe, para este proceso se añade a la pintura una pequeña porción de parafina, menor al 2%, para poder conseguir un buen curado de la misma, pues el *gelcoat* como ya se comentó en su momento no es capaz de polimerizar en contacto con el aire, por ello necesitará de la parafina para poder conseguir aislar la zona y obtener así un acabado satisfactorio.

Cuando ya los dos elementos del puente se han unido perfectamente y presentan una buena terminación, se procede al ensamblaje de las piezas que debe contener según el diseño.

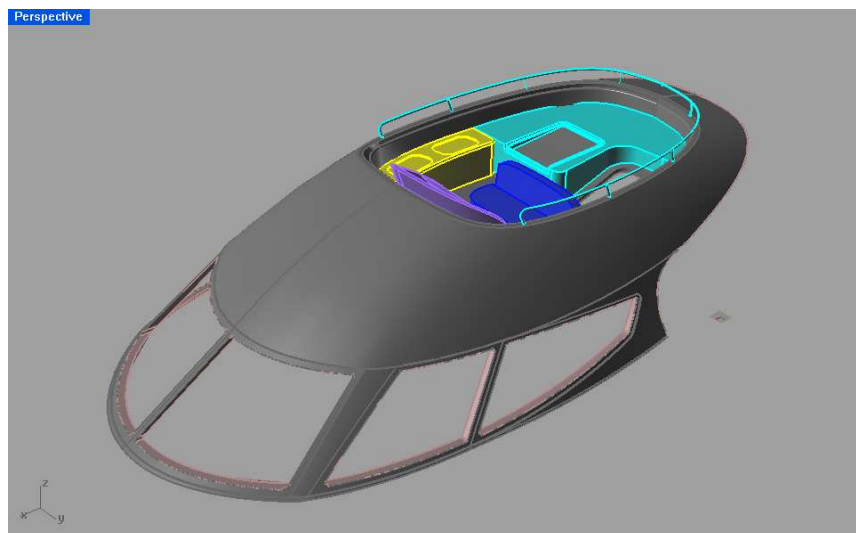
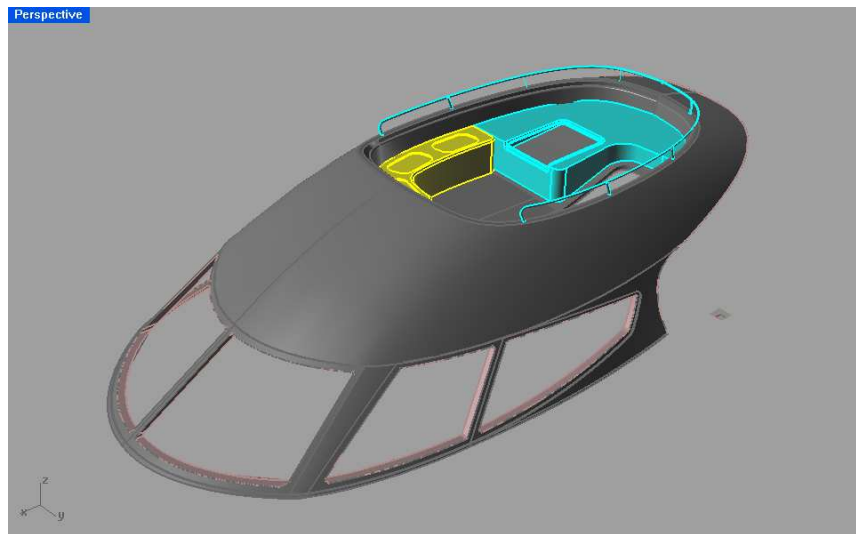
- Montaje de barandillas

Lo primero que se le añade al *fly bridge* son las barandillas. Éstas se colocan como primer elemento para aprovechar que existe más espacio inicialmente, pues en caso de montarlas en última instancia, sería más dificultosa la operación, necesitándose realizar agujeros en la estructura de PRFV, y debiéndose cerrar posteriormente con unas tapas de registro, lo que implicaría un acabado poco vistoso, es por ello que se realiza la colocación en primer lugar, aprovechando los huecos existentes, y que posteriormente serán tapados con el resto de los elementos a instalar, quedando un acabado mucho mejor.



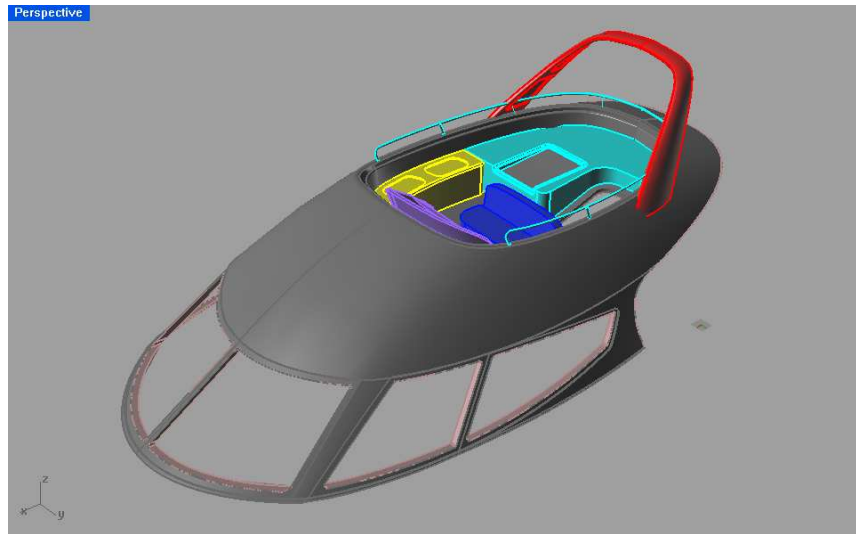
- Montaje de solarium, sofá, consola y sillón del piloto

Tras la colocación de las barandillas, se van introduciendo todos los componentes que van en su interior. Son el solarium, seguido del sofá rinconera, la consola, así como el sillón del piloto. Todos estos elementos se montarán y fijarán de la misma forma que se han realizado para el caso de la cubierta. Primeramente se pegarán con Sikaflex®, y una vez la pieza está bien adherida, para conseguir una buena fijación se atornillarán al *fly bridge*.

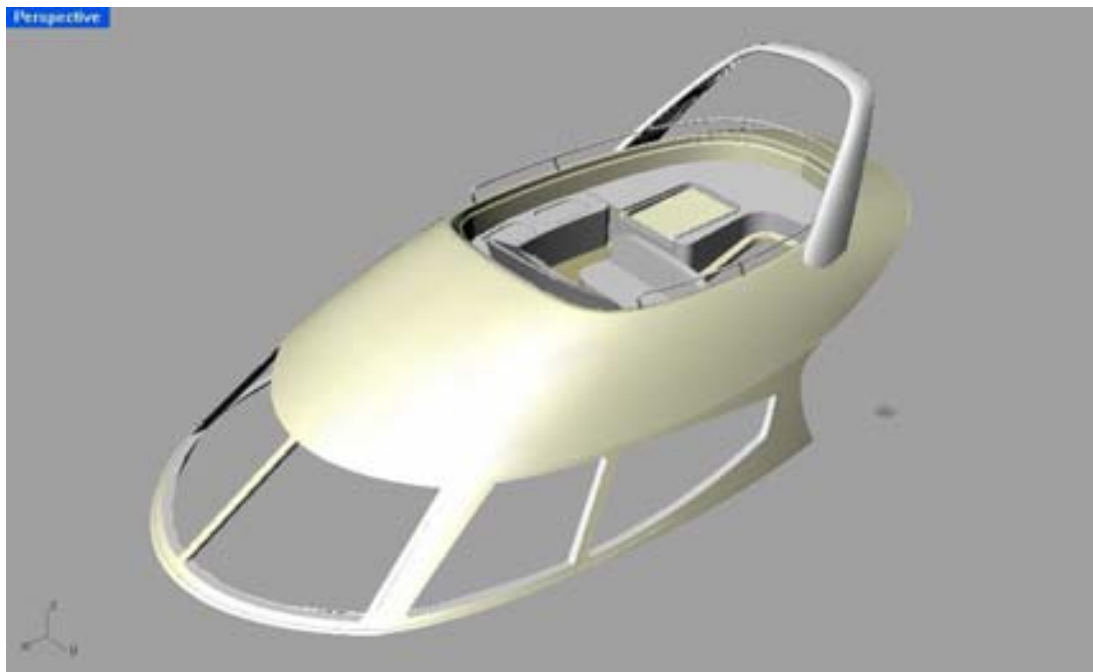


- **Montaje del arco radar**

Después es necesario que se instale el arco radar. Este elemento se fijará al puente de gobierno utilizando Crestomer® como adhesivo. Con el montaje de esta pieza se puede dar por finalizada la preparación del *fly bridge*.



En este momento se puede decir que el puente se preparado.



- **Uniones**

- **Unión cubierta - *fly bridge***

Cuando tanto el *fly*, como la cubierta ya han sido preparadas, es decir, cuando se han unido todas las piezas que van en su interior, es momento de realizar la unión de estos dos componentes, *fly bridge* y cubierta. Para ello, y haciendo uso del puente grúa, se coge el *fly bridge* y se

instala sobre la cubierta principal.

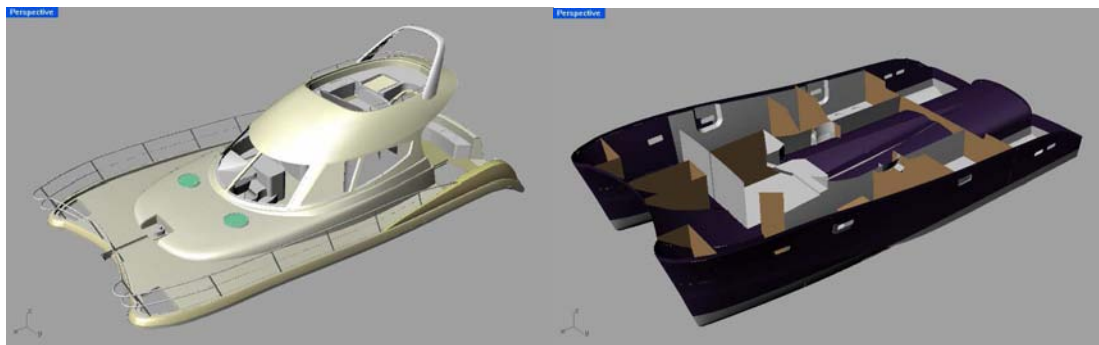


Estos elementos serán adheridos con Crestomer® y posteriormente se laminarán y atornillarán para aumentar su fijación. En último lugar se repararán las zonas laminadas para conseguir un acabado fino de los elementos.

- Unión casco - cubierta

A continuación, cuando el casco también se encuentra totalmente preparado, y cubierta y *fly* han sido perfectamente unidas, éstos últimos

deben ensamblarse al casco. Para ello se utiliza el puente grúa, que recorrerá los techos del Astillero, y elevará la cubierta y la acoplará sobre el casco. Es muy importante conseguir que los refuerzos del casco coincidan con los baos de cubierta, para que de esta manera quede una estructura compacta, sin huecos, perfectamente unida y acoplada. El casco y la cubierta se atornillan para realizar la unión.



Seguidamente se coloca lo que se denomina el cintón, en la junta de unión de ambas piezas. El cintón consiste en la colocación de una tira de aluminio en la zona de unión, y encima lleva una tira de goma, de manera que de esta forma se consiga una unión estanca, y se evite cualquier entrada de agua, consiguiendo de esta forma su aislamiento, a la vez sirve

para defender el costado. A continuación, y para aumentar la fijación y compactación de la embarcación, se lamina la zona de contacto de casco y cubierta, y después se pinta dicha zona con *gelcoat*, para eliminar con esto cualquier poro que haya podido quedar.

Una vez la cubierta ha sido montada sobre el casco, se dice que el barco está perfectamente cerrado.

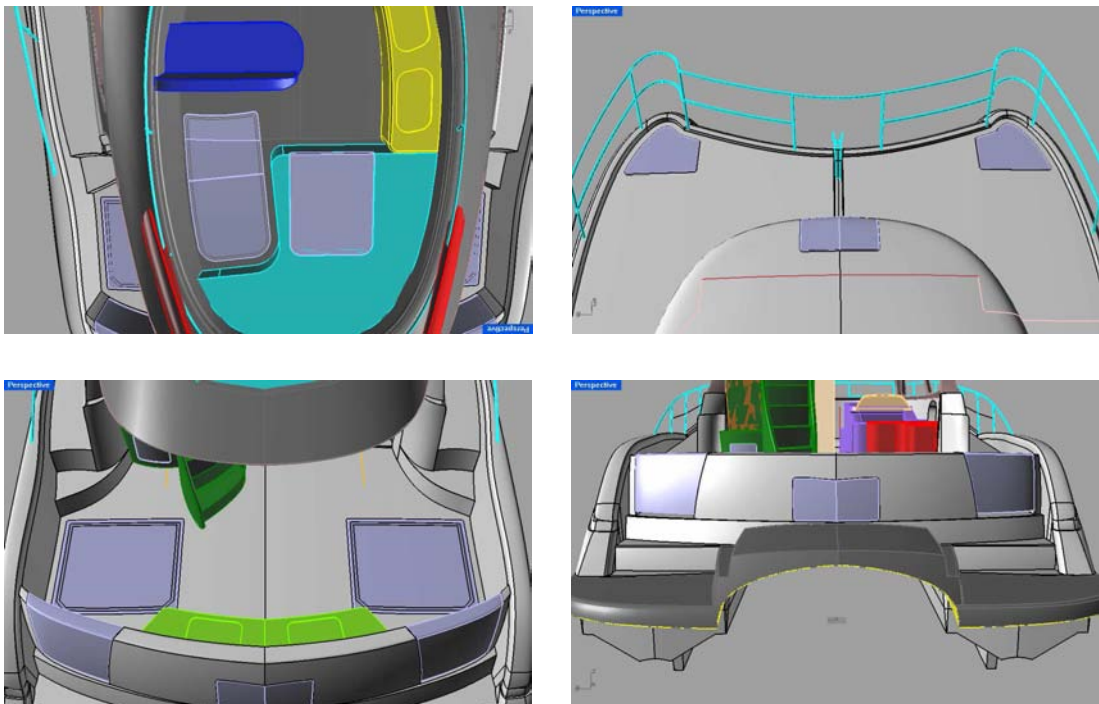
- Unión plataforma de baño-casco

Fijadas las estructuras de casco y cubierta, se procede a ensamblar la plataforma de baño al barco. Se hace mediante el mismo procedimiento indicado hasta el momento para todas las uniones de piezas de PRFV.

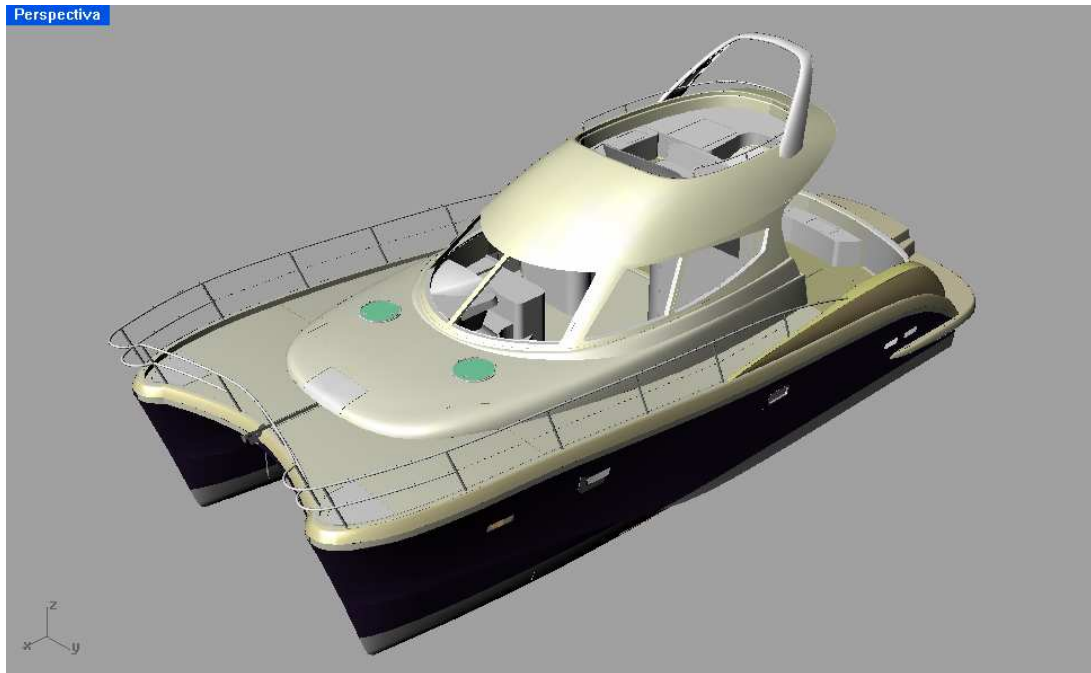


- **Montaje de resto de piezas de PRFV**

Finalmente, para acabar con lo que podría determinarse el esqueleto del barco, se montarán aquellas piezas de PRFV que aun no han sido montadas, y que son de dimensiones relativamente pequeñas en comparación con las demás, como son generalmente todas las tapas, puertas, y demás elementos de poliéster que hasta el momento no han sido instalados.



Llegados a este punto, puede considerarse que ha terminado el ensamblaje de todos los elementos que han sido generados en el proceso de laminación llevado a cabo en el Astillero, es decir, se ha conseguido construir la estructura total del barco. Ya únicamente falta instalar el resto de los elementos que harán de dicha estructura una embarcación propiamente dicha.



- **Montaje de Electricidad, Mecánica, Fontanería, Herraies, Accesorios, Carpintería e Interiores**

A continuación se llevará a cabo la instalación de todos los elementos restantes que inicialmente fueron nombrados. Todos estos elementos que a continuación se instalan no serán fabricados en el Astillero, la gran mayoría serán comprados a diferentes proveedores. Sin embargo existen elementos que sí se fabricarán en el Astillero, como son todos aquellos construidos en madera, que serán realizados en la sección de carpintería. El resto de elementos serán adquiridos del exterior.

Como se comentó anteriormente, he de insistir en que las etapas de montaje se exponen a continuación de forma lineal, pero en la realidad se llevará a cabo en un orden diferente al aquí contemplado, el cual más adelante podrá observarse en una planificación de actividades, solo que aquí se realizará de esta forma para facilitar su redacción y comprensión.

Seguidamente se indica un desglose de los elementos a instalar en función del sector al que pertenecen.

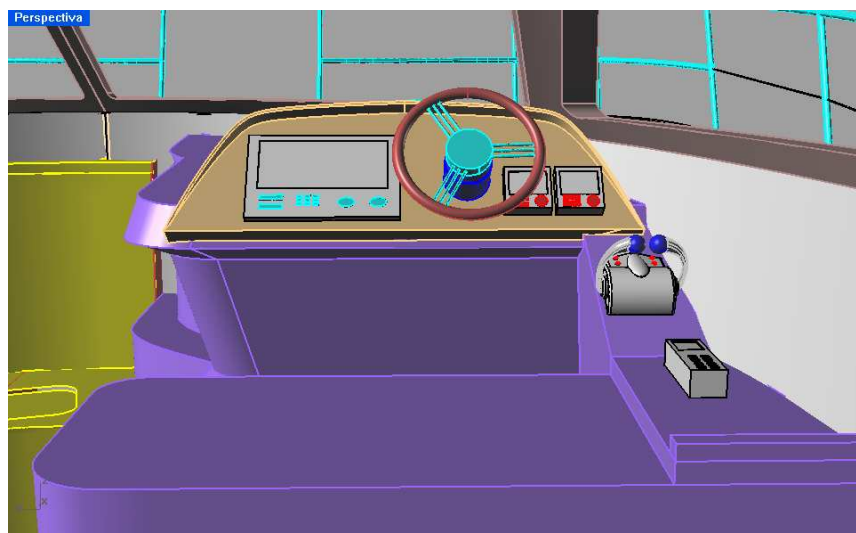
- Electricidad y Mecánica

Siguiendo con el procedimiento de montaje del barco, he de indicar que se realizará la introducción del sistema eléctrico. Todo el circuito eléctrico que llevará instalado el catamarán viene dado por el diseño del mismo. Para llevar a cabo la instalación del sistema, lo primero que se debe hacer es colocar el cuadro eléctrico.

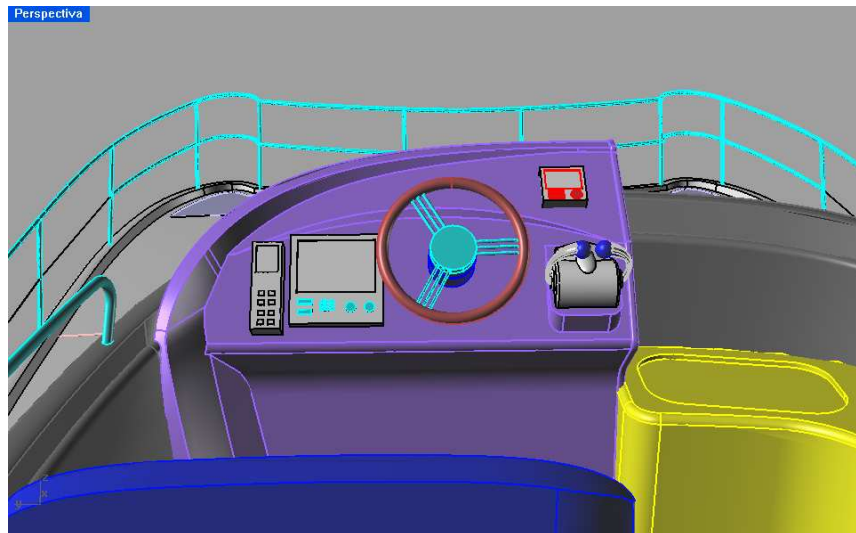
Una vez ha sido colocado el cuadro eléctrico, se lleva a cabo la introducción de todo el cableado, desde el cuadro, a todos los puntos de la embarcación, que tal y como indica el diseño, deben poseer una toma eléctrica para el correcto funcionamiento de todos y cada uno de los elementos que se instalarán posteriormente. La introducción de los cables se llevará a cabo por los agujeros que fueron creados previamente en los refuerzos del casco, cuando se realizó la preparación del mismo. Los cables se dejan preparados en los lugares que necesiten de una conexión para la instalación de cualquier elemento eléctrico.

Una vez que ya se han tirado los cables por todo el barco, se comienzan a montar todos los aparatos eléctricos y electrónicos necesarios.

Se instalará primeramente el cuadro de mandos en la consola del salón del catamarán, así como los indicadores de niveles de combustible, velocidad y otros paneles. A continuación se instala la rueda de timón también en la consola.



También se ensambla el cuadro de mandos con sus indicadores correspondientes en la consola del *fly bridge*, así como el la rueda de timón también.



A continuación se montan los motores en la sala de máquinas, para ello se utiliza una grúa que los introduce por las tapas de cubierta del catamarán. La instalación de los motores será llevada a cabo por personal propio del fabricante. El personal del Astillero encargado del montaje de la instalación mecánica y eléctrica únicamente ayudará en las tareas de montaje, no haciéndose responsable de la operación, y cuyo objetivo solamente es servir de apoyo en tareas secundarias que conlleve la instalación. Es la empresa suministradora de los motores la responsable del montaje de los mismos, la cual ofrece unas garantías establecidas.

Respecto al resto de elementos propios del área de Electricidad y Mecánica, se irán instalando siguiendo el orden de la planificación que se ha debido preparar inicialmente antes de comenzar con la producción. Los elementos a instalar son los sistemas de refrigeración, alimentación y escape de motores, así como el aislamiento acústico de la sala de máquinas del barco; sin olvidar el sistema de gobierno de la embarcación. Existen una serie de elementos propios del área de mecánica que son opcionales en la configuración del barco, y que pueden ser instalados si el cliente los solicitó en un principio. Estos elementos se montarán únicamente en caso de

petición del cliente. Son un generador, una potabilizadora, y la instalación del sistema de aire acondicionado, entre otros.

Elementos propios del área de electricidad que deben ser instalados por el personal del Astillero tras ya haber introducido la instalación de las líneas AC/DC por toda la embarcación, son la instalación de la iluminación del barco, tanto interior, como exterior, todos los interruptores y enchufes que indica el diseño del circuito eléctrico del barco, así como la conexión e instalación del equipamiento de cocina según la configuración estándar de la embarcación, como son la vitrocerámica, la nevera y el resto de equipamiento de cocina. Tal y como se ha indicado en el montaje de elementos mecánicos, también hay opciones adicionales de instalación de componentes eléctricos a petición del cliente final. Por tanto, y en caso de solicitud del cliente, se instalarán en el barco elementos como la antena de TV por satélite, un cargador/convertidor, una máquina de cubitos de hielo, y elementos electrónicos de navegación, como el piloto automático y el navegador.

Con la instalación de todos estos elementos que han sido indicados, podría decirse que concluye la instalación de todos los componentes propios del área de Electricidad y Mecánica.

La instalación de todos y cada uno estos componentes será realizada por electricistas del Astillero, de los cuales, uno será el “Responsable de Electricidad y Mecánica”, y será por tanto el responsable del montaje llevado a cabo. A excepción de la instalación de motores, que como se ha indicado será realizado por personal propio de la casa de motores, todo el resto de las instalaciones y conexiones llevadas a cabo en la embarcación serán realizadas por parte del Astillero.

- **Fontanería, Herrajes y Accesorios**

Es necesaria también llevar a cabo el montaje de elementos englobados en el área de Fontanería, Herrajes y Accesorios. Tal y como ocurre en el caso de instalación de elementos de Electricidad y Mecánica, para la instalación de elementos de este área, también habrá un responsable encargado del montaje, el “Responsable de Fontanería, Herrajes y

Accesorios”.

La instalación de los elementos de fontanería se llevará a cabo primeramente, con el montaje de los sistemas de agua dulce para consumo dentro de la embarcación en aseos y cocina, así como las bombas, que se encargarán de realizar la refrigeración de agua dulce del motor principal, siendo accionadas por el propio motor.

De la misma forma se instalará el sistema de evacuación y almacenamiento de aguas negras, que dispondrá de un tanque de aguas residuales, así como de una bomba para la evacuación de las aguas. Los tubos de descarga que se instalarán serán de PVC y manguera flexible.

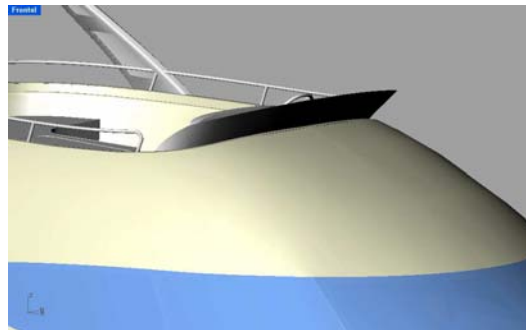
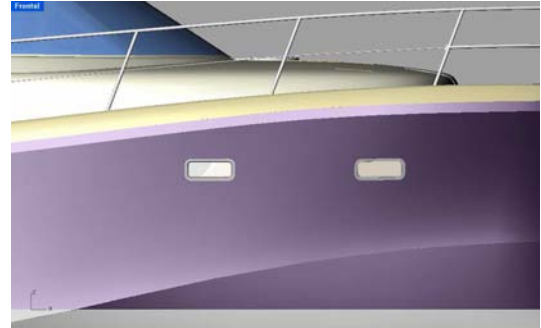
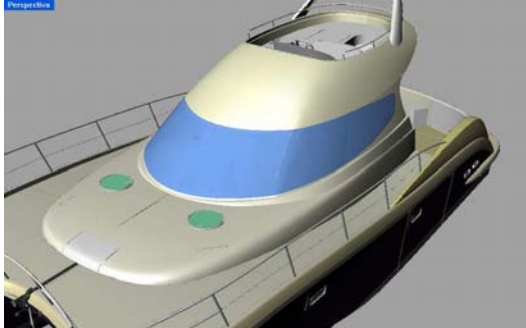
Posteriormente se montará el servicio de achique de cada sentina, que dispondrá de una bomba centrífuga de 3400 l/h de arranque automático para un determinado nivel de líquidos en el pocete, y que además servirá también para baldeo. Este servicio tendrá una aspiración a popa de cada cámara de máquinas. Además, llevará dos bombas de emergencia de accionamiento manual que podrá ser sustituida por una eléctrica de 12 V.

Respecto a los elementos correspondientes a la fontanería, se instalarán los retretes de los baños, que serán conectados al sistema de aguas negras que previamente ha sido instalado. Y en última instancia se colocarán los elementos terminales, es decir, la grifería que lleva la embarcación, tanto en los baños como en de la cocina. Éstos se montarán en último lugar para evitar que sean dañados durante cualquier otra operación del montaje de la fontanería, consiguiéndose así mantener el buen estado de los mismos.

Aun deben añadirse al catamarán los accesorios y herrajes. Parte de los herrajes ya han sido instalados, como son las barandillas y cornamusas de la cubierta y el *fly bridge*. Se instalan los herrajes de la plataforma de baño que aun no habían sido añadidos. Se montan también los timones, el molinete de anclas, el limpiaparabrisas y la bocina del barco.

Otra de las operaciones de montaje necesaria llevar a cabo en el catamarán es la instalación de los cristales y policarbonatos en el mismo. Los cristales serán encargados a otra empresa externa, pero la instalación de los mismos será llevada a cabo por el personal propio del Astillero. Éstos

se encargarán de instalar y aislar las ventanillas de los camarotes y baños, así como los cristales y policarbonatos de la cabina del salón y del *fly bridge*.



En función de las peticiones del cliente, el recubrimiento de suelos puede ir tanto en teca de Birmania, como en tekaflex. En función de cuáles sean los deseos del cliente, se montará un tipo u otro. Estos recubrimientos se podrán instalar en cubierta, en el *fly bridge*, así como en la plataforma de baño.

Opcional también es la instalación de un bimini en el *fly bridge*, se trata de una protección, con la que se consigue la forma más cómoda para navegar sin sol y sin lluvia, protegiendo de las inclemencias meteorológicas. Como se ha indicado con otros elementos, éste también forma parte de los extras del catamarán.



- **Carpintería e Interiores**

En último lugar y para concluir así con el ensamblaje total de la embarcación, es necesario que se realice el montaje de los accesorios y elementos que han sido fabricados en el taller de carpintería dentro del Astillero, así como algunos otros elementos que podrían considerarse detalles finales del acabado del catamarán.

Al igual que en las otras secciones, existirá un “Responsable de Carpintería e Interiores”, éste será quien lleve a cabo el montaje, control, supervisión, y verificación de la instalación, de todos y cada una de las piezas y componentes que han sido fabricados por él mismo y por los operarios a su cargo.

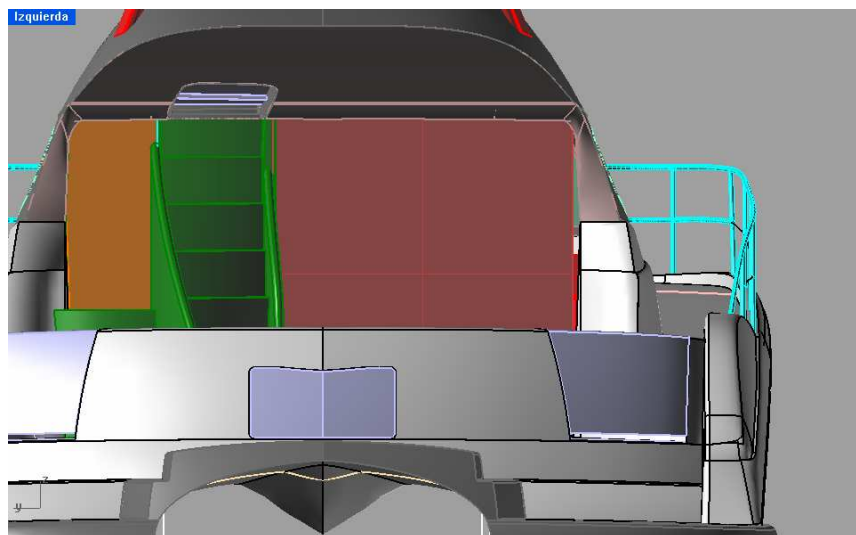
La instalación de los elementos de madera, los realizados en carpintería, entrarán a formar parte del catamarán en último lugar. Esto se realiza para favorecer la protección de los mismos, debido a que son elementos y piezas que son relativamente delicados. Son productos artesanales que requieren de elevados tiempos de fabricación, y si se instalasen antes, correrían riesgo de sufrir roturas, golpes, arañazos, y cualquier otro tipo de desperfecto, que podría ser producido generalmente por las operaciones de ensamblaje y montaje de otros elementos y piezas. Es por esta razón primordial, por la que la carpintería se ensamblará en la embarcación como elemento final, para evitar daños en los mismos, de esta forma se ahorra trabajo al no tener que necesitar reparaciones de daños que se le hayan podido provocar, lo que nos lleva a optimizar tanto el trabajo en el Astillero, como los costes en materias primas, pudiéndose conseguir además un ahorro considerable de tiempo, lo que al fin de cuentas, se traduce en beneficios.

Elementos de carpintería que se instalarán, serán las puertas que dividen las diferentes habitaciones del catamarán. También los muebles y sus puertas correspondientes. Se añadirán a la embarcación también, los armarios de los camarotes y resto de compartimentos que hacen de almacén dentro del barco. Elementos fabricados en el taller de carpintería dentro del Astillero, y que serán acoplados al catamarán, son también las panas, los techos y los suelos de los interiores del salón, camarotes, pasillos, baños, y demás compartimentos. Englobándose también en la instalación, el montaje

de todas las cerraduras de puertas, y cualquier otro remate final.

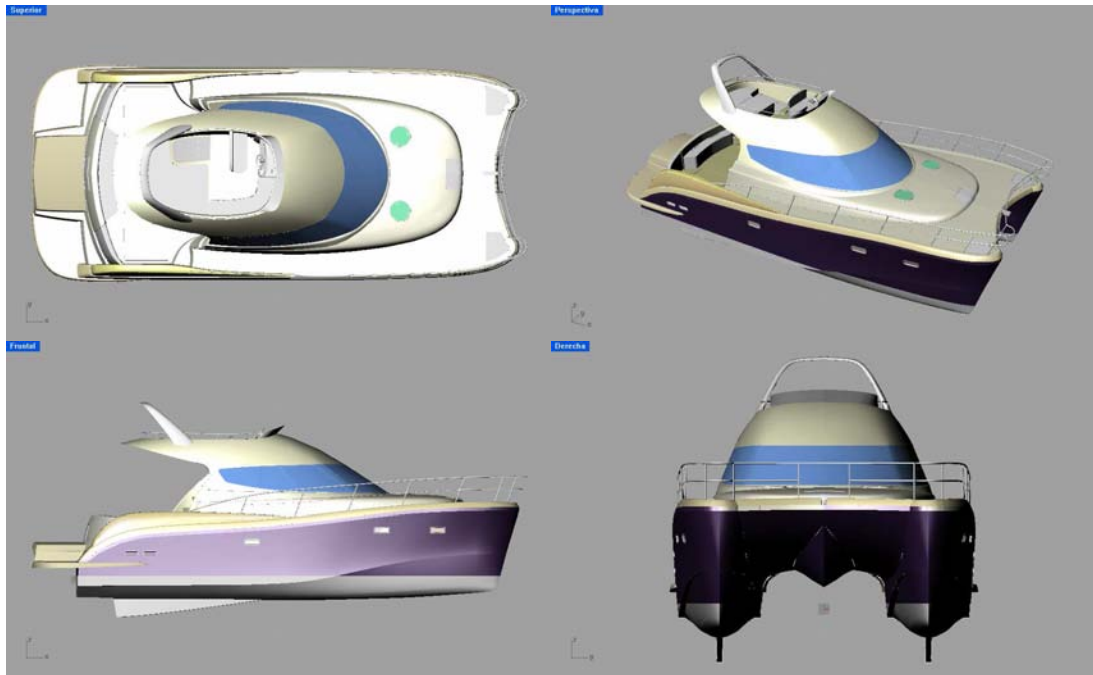
Respecto a los interiores, se realizará también el tapizado de las colchonetas de los sofás y sillones, tanto del salón como del puente de gobierno. Se instalarán en la cocina encimeras de Silestone®, que tiene una apariencia sofisticada, y el tacto y el peso de la piedra natural, pero con una calidad superior. Compuesto en un 94% por cuarzo natural, uno de los elementos más resistentes de la naturaleza, y además presenta una consistencia de su color incomparable a cualquier otra piedra natural.

Se añadirá también la puerta de cristal corredera del salón, que separa éste del exterior de la cubierta principal.



Y como elementos opcionales, se instalarán si el cliente lo solicita, una funda exterior en la ventana del salón, y también cortinas en todas las ventanas del catamarán.

En estos momentos se puede dar por concluida la etapa de montaje de la embarcación, y ésta es la última etapa del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero, a expensas únicamente de introducirlo en el agua y realizar las comprobaciones necesarias para verificar su correcto funcionamiento y que cumple con todas las especificaciones y requisitos que el diseño exigía previamente.



7.3. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Una vez que se ha acabado con el montaje del catamarán podríamos decir que ya se encuentra totalmente acabado, pero esto no es así, pues antes de realizar la entrega del mismo al cliente, es necesario comprobar que todas las instalaciones funcionan, y que todos los elementos fabricados y montados se encuentran en perfecto estado, para ello es necesario la realización de este proceso que se describe a continuación, la Verificación del funcionamiento.

El presente documento trata de describir cuál es el procedimiento de pruebas que deberán seguir los catamaranes producidos en el Astillero constructor.

7.3.1. Solicitud de permisos

Las pruebas se realizarán una vez que en catamarán se encuentre en el agua, para ello el Responsable de Administración solicitará los permisos necesarios para la realización de las pruebas internas de la embarcación:

- *Solicitud de botadura y pruebas:*

Para poder introducir el barco al agua, es necesario pedir un permiso de botadura a Capitanía Marítima, para ello se le enviará un fax donde se indica la fecha en que quiere llevarse a cabo la acción.

Para poder realizar las pruebas internas o trasladar la embarcación al Club Náutico se solicitará el permiso de pruebas a Capitanía Marítima con los siguientes datos:

- Eslora del casco
- Eslora total
- Potencia
- Tonelaje
- Relación de la tripulación

Una vez han dado los permisos, se solicitará a la Autoridad Portuaria la entrada de la grúa que realizará la botadura de la embarcación.

- *Solicitud de reserva del pantalán en el Club Náutico:*

Seguidamente se realiza una solicitud al Club Náutico para poder dejar el barco en el puerto, indicando los días en que permanecerá allí.

- *Solicitud de traslado:*

Cuando sea aplicable, para realizar la entrega de la embarcación al cliente, es necesario solicitar a Capitanía Marítima un permiso de traslado, para que el barco pueda ser trasladado del puerto de construcción al puerto de destino que solicite el cliente. Los datos de la embarcación necesarios indicar para solicitar el permiso de traslado son:

- Datos de la embarcación
- Relación de la tripulación

7.3.2. Realización de la botadura

Una vez han sido concedidos todos los permisos necesarios para introducir el barco en el agua, se continúa con esta fase. Para la realización de la botadura se utiliza una grúa que previamente ha sido contratada.

El barco será enganchado por proa y por popa y será transportado a la zona más cercana al agua. Se esperará para la realización de la botadura a la subida de la marea. Mientras tanto el barco será apoyado sobre una cama.



Habrà un responsable de maniobras, que será el encargado de dirigir la operación, llevando a cabo las medidas necesarias para asegurar la integridad de los operarios expuestos en esta operación.

La embarcación será sumergida en el agua mientras permanece sujeta en la grúa, para de esta forma verificar que no existen vías de agua. Una vez ha sido verificada la estanqueidad de la embarcación y que no existe ninguna fuga que pueda entrañar algún peligro para el catamarán, se soltará de la grúa y se dejará a flote en el agua.

7.3.3. Realización de Pruebas internas

Para determinar el correcto funcionamiento del barco se realizarán unas pruebas internas propias de la empresa, de esta forma se podrá observar si existe algún problema o mal funcionamiento de la embarcación antes de su entrega. Se realizarán las siguientes pruebas:

- Pruebas de maquinaria principal
- Pruebas de aparatos de gobierno
- Pruebas de aparatos de cubierta
- Pruebas de maniobrabilidad
- Pruebas de sistemas de control

Además se supervisará el estado y funcionamiento de todo el equipamiento de la embarcación. Para la correcta supervisión de cada uno de los componentes del barco se hace una lista de comprobación o *Check List*, de forma que en dicha lista se va indicando si cada elemento funciona correctamente o si presenta alguna deficiencia.

7.3.4. Corrección de fallos

Seguidamente se corregirán todos y cada uno de los fallos que se han observado en las pruebas de mar y que se encuentran anotados en el

Check List. En el caso en el que sea necesario sacar el barco del agua para llevar a cabo alguna rectificación, se llevará de nuevo la embarcación a puerto, y con la utilización de una grúa se fijará de nuevo a tierra. En el caso en el que no sea necesario llevar a cabo esta acción, la corrección de los elementos fallidos se llevará a cabo con el barco en el mar. Se realizará la anotación en el *Check List* de aquellos elementos y errores que han sido corregidos.

Una vez el catamarán ha sido analizado exhaustivamente, y se han corregido todos y cada uno de los componentes que fallaban, así como se han cambiado o reparado los elementos estropeados, ya se puede asegurar que el barco estará en perfectas condiciones para su entrega al cliente final.

Este será el último proceso llevado a cabo en el Astillero, respecto a la fabricación del catamarán de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

CAPÍTULO 8:

EL ASTILLERO

8.1. LA EMPRESA

El Astillero encargado de fabricar la embarcación en estudio según los planos de diseño será especialista en la construcción y reparación de embarcaciones de poliéster.

Impulsará un cambio radical en el equipo de trabajo, en enfoque de productos y de mercado objetivo. Su sector de actividad será el de la construcción y reparación de estructuras industriales y embarcaciones, así como comercialización de las mismas. Las líneas de productos que ofrezca, serán trabajos en fibras de vidrio, carbono y/o *kevlar*, mediante resinas de poliéster, viniléster y/o *epoxi* en la siguiente línea:

- Construcción y/o reparación de embarcaciones deportivas y de recreo.
- Construcción y/o reparación de de barcos de pesca profesional.
- Fabricación de modelos y moldes para la construcción de embarcaciones.
- Fabricación de otros elementos (pantalanes, piezas...).

En la actualidad, la empresa se encontrará al 100% de su producción, con una cuenta de resultados positiva, sin deudas considerables y con importantes ventajas frente a otras compañías. Como son una oferta de productos de alta calidad y diversificada tanto en línea de productos como en clientes, principalmente destacando la fabricación del producto estudiado en este proyecto; la disponibilidad de un equipo de producción de profesionales con sólida experiencia en otras empresas del sector y alta especialización técnica, así como un equipo de gestión joven con experiencia y buenos contactos en el área comercial a nivel nacional e internacional.

8.2. UBICACIÓN

La empresa estará situada en el muelle comercial de la ciudad de El Puerto de Santa María. La Bahía de Cádiz cuenta con transporte por mar, con el puerto de Cádiz, así como puertos menores en el resto, además del puerto de Algeciras en la misma provincia y transporte ferroviario aéreo, con el aeropuerto de Jerez de la Frontera. La provincia de Cádiz tiene una larga tradición en construcción naval, lo que lleva a la existencia de personal cualificado para este tipo de industria así como industria auxiliar suficiente para cubrir las necesidades que se puedan plantear, además de poseer unas características empresariales muy buenas.



8.3. RECURSOS HUMANOS

Para la realización del presente proyecto es necesario contar con un equipo de trabajo, de forma que cada uno de los componentes tendrá una serie de funciones y objetivos a cumplir para que la fabricación del catamarán sea satisfactoria.

Todas las tareas de fabricación y montaje necesarias para la consecución del objetivo final, se van a agrupar en cuatro grandes áreas de trabajo tal y como ya se ha comentado anteriormente:

- **Laminación**
- **Carpintería e Interiores**
- **Electricidad y Mecánica**
- **Fontanería, Herrajes, y Accesorios**

Para cada una de estas áreas de trabajo habrá un responsable, y además presentarán una serie de operarios a su cargo.

El personal que será necesario y suficiente en el Astillero para llevar a cabo el proceso de fabricación del barco es el siguiente:

- **Laminación:** un “Responsable de Laminación”, y nueve operarios a su cargo, manipuladores de poliéster.
- **Carpintería e Interiores:** un “Responsable de Carpintería e Interiores”, y un operario a su cargo, un carpintero.
- **Electricidad y Mecánica:** un “Responsable de Electricidad y Mecánica”, y un operario a su cargo, un electricista.
- **Fontanería, Herrajes, y Accesorios:** un “Responsable de Fontanería, Herrajes y Accesorios”, y dos operarios a su cargo, montadores.

Tanto los operarios como los responsables de las áreas de trabajo, serán quienes lleven a cabo las tareas que vienen especificadas según la planificación de trabajo, cumpliendo los plazos establecidos para realizar la entrega de la embarcación de forma satisfactoria y sin retrasos. A su vez, los responsables de cada una de las cuatro áreas nombradas tendrán la función añadida de comprobar y verificar, que tanto la fabricación como el montaje de los elementos del catamarán están de acuerdo a lo especificado, y que cumplen con los requisitos establecidos tras su colocación.

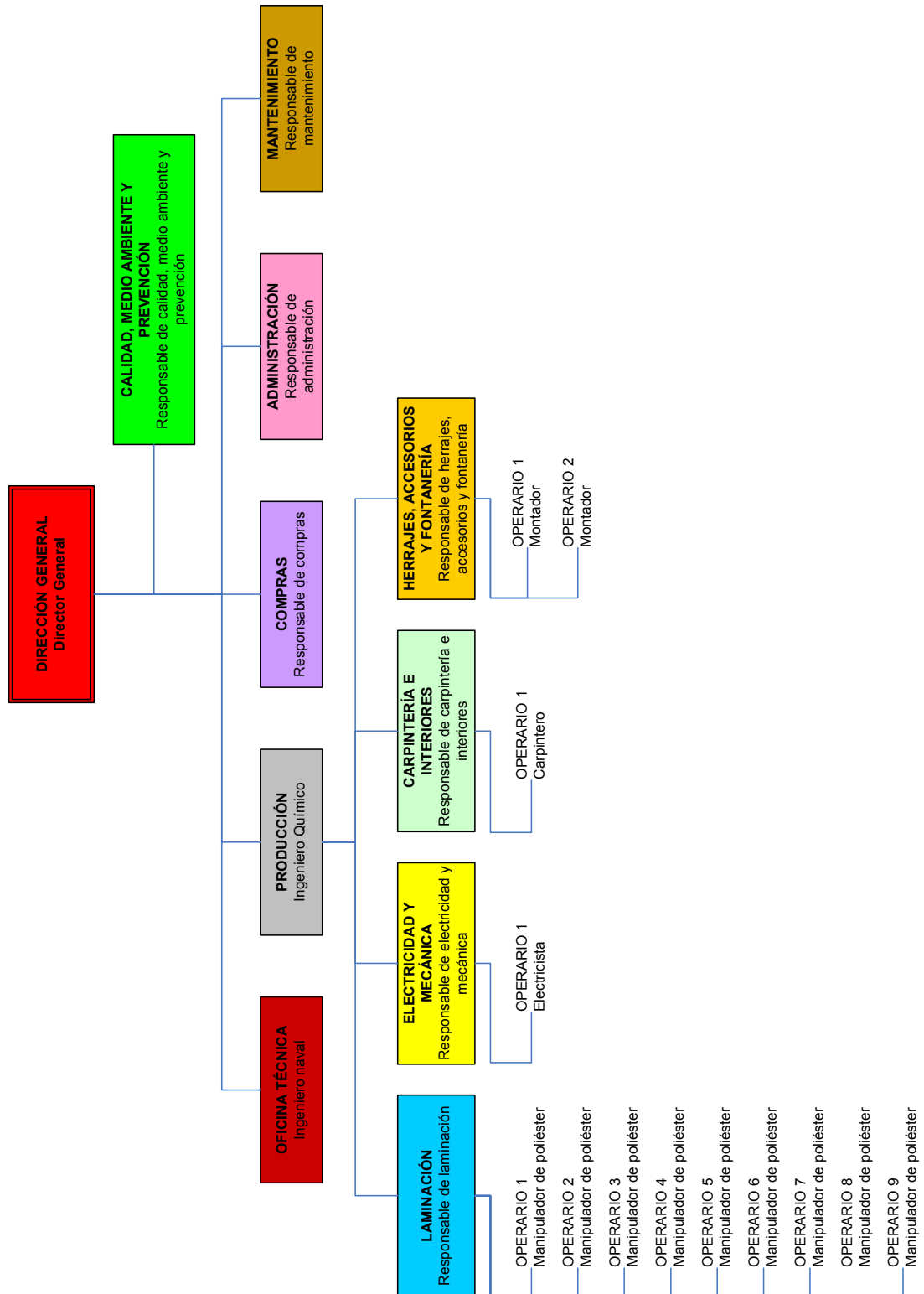
Estos son los recursos humanos que se necesitan en el Astillero en cuanto a la fabricación propiamente dicha se refiere. Pero existen otros puestos de trabajo que también son necesarios cubrir para el correcto funcionamiento de la empresa. Son las siguientes áreas y sus correspondientes encargados o responsables:

- **Dirección General**
- **Oficina técnica**
- **Producción**
- **Compras**
- **Calidad, Medio Ambiente y Prevención**
- **Administración**
- **Mantenimiento**

Cada uno de estas áreas estará ocupada por una persona cualificada capaz de realizar las funciones encomendadas para la consecución del producto final.

Por lo que se puede decir, que para cumplir con la planificación de la producción establecida, bastará con un equipo formado por 24 personas en total, teniéndose en cuenta que un aumento del personal, principalmente en áreas propias de fabricación, provocará un aumento de la producción, así como una reducción de plazos en las actividades.

El organigrama de la empresa será el siguiente:



8.4. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

El Astillero constructor dispondrá de una superficie cubierta de 3200 m², equipada con la maquinaria y material necesarios para poder atender una amplia demanda de productos fabricados con poliéster reforzado con fibra de vidrio, entre los cuales se encontrará el catamarán que en este proyecto se estudia.

La planta estará dividida en varias secciones:

- **Zona de Oficinas**
- **Zona de Laminación**
- **Zona de Montaje**
- **Zona de Carpintería**
- **Zona de Descanso**
- **Zona Común**

- **Zona de Oficinas**

Existirán seis oficinas en el interior del Astillero:

- Dirección General
- Oficina técnica
- Producción
- Compras
- Calidad, Medio Ambiente y Prevención
- Administración

Todas dispondrán de material de oficina, así como de los útiles necesarios por cada dependencia, sin olvidar la presencia de ordenadores personales con los que poder desempeñar su trabajo.

A las oficinas deberá poderse acceder directamente desde la calle, sin tener que pasar por la el taller de producción. Dispondrá a su vez de dos pasillos a través de los que se podrá acceder a los talleres, estos pasillos se encontrarán aislados por puertas en ambos extremos, para de esta manera conseguir un mayor aislamiento acústico para las oficinas.

Existirá además en esta zona un aseo para uso exclusivo del personal de oficina.

Anexo a las oficinas se encontrará también un vestuario exclusivo para los operarios, donde podrán ducharse y cambiarse al inicio y fin de la jornada laboral, encontrándose en el mismo, taquillas personalizadas e individuales para cada uno de ellos. A esta habitación se accederá a través de un pasillo que llevará hasta la zona de producción, y que además comunicará con el exterior de la planta, siendo esta la zona de acceso y salida de los operarios.

- **Zona de Laminación**

La Zona de Laminación será aquella donde se llevará la fabricación de las piezas mediante el método de contacto manual. Esta zona estará dividida en dos subzonas, una donde se llevará a cabo la fabricación de las piezas de grandes dimensiones, y otra donde se llevará a cabo la fabricación de las más pequeñas. La zona de moldes de grandes dimensiones se encontrará lo más cercana posible a la zona de montaje, para de esta manera tener que realizar la menor cantidad de esfuerzo a la hora de realizar el transporte de una pieza de una zona a otra. Quedando la subzona de moldes más pequeños, más alejada de la zona de montaje, lo que no será ningún inconveniente, ya que el transporte de las piezas se podrá realizar fácilmente mediante la utilización de un puente grúa que recorrerá los techos del Astillero.

En la subzona de laminación destinada a la fabricación de piezas de

grandes dimensiones, se encontrarán los moldes de cascos, cubierta, *fly bridge* y su contramolde, la plataforma de baño y su contramolde, así como todos los moldes de los camarotes y los cuartos de baño. El resto de los moldes se encontrarán en la subzona de laminación destinada a piezas de dimensiones pequeñas.

Se realiza esta distinción de zonas para conseguir un mayor aprovechamiento de la superficie del Astillero, y facilitar así las operaciones de desmoldeo y reparación que son necesarias realizar posteriormente.

La zona presentará en el suelo unas franjas que delimiten la región de colocación de cada uno de los moldes, estando identificado en el suelo el nombre del molde en sí, o bien la codificación que le corresponda a cada molde.

En la Zona de Laminación existirá un almacén para la fibra de vidrio, en él se encontrarán todas los rollos de fibra, los *mats*, los *coremats*®, los *rovings*, los velos, así como los materiales de núcleo. Cada tipo de material se encontrará en el almacén en una posición destinada para ello, en la que se especificará mediante tarjetas identificativas qué es cada cosa para evitar errores.

Existirá un lugar exclusivo para la realización del cortado de las telas. En este lugar habrá una mesa cortadora de telas de fibra de vidrio, la cual dispondrá de las bobinas de tela necesarias a usar en cada momento, colocadas en los diferentes compartimentos. Además la mesa tendrá el utillaje necesario para la realización de los cortes, serán tijeras y cúteres.

En la Zona de Laminación también habrá un almacén para los productos químicos. En ese almacén podrán encontrarse todos los compuestos necesarios para llevar a cabo la producción. Son los compuestos típicos, como el *gelcoat*, los catalizadores, la parafina, la resina, y los aceleradores, entre otros. En el presente almacén también tendrán cabida los útiles necesarios para la laminación, como son el compresor de aire, las pistolas de pulverización con sus diferentes boquillas y los rodillos, así como también todo el material de protección de los operarios, como son los monos, las mascarillas de papel y los filtros de gases. Cada uno de estos elementos tendrán un compartimento dentro del almacén donde irá siempre colocado, compartimento que llevará una tarjeta identificativa añadida con la

denominación del producto, para evitar de esta manera que se produzcan equívocos al tomar la sustancia. Es en el mismo almacén donde deberán tomarse las cantidades necesarias de las sustancia, sin poder realizarlo fuera del mismo, de esta manera se evitarán derrames en la propia planta, aumentando así la limpieza de la misma, y reduciendo los extravíos y pérdidas de material, y aumentándose además el control sobre las materias primas.

En la Zona de Laminación se necesitará tener los útiles y materiales que a continuación se citan.

Utillaje:

- Cúteres
- Tijeras
- Formones
- Cubos para la resina
- Pistolas de pulverización de mezcla externa, con juego de boquillas de diferente tamaño.
- Compresor
- Rodillos de lana
- Rodillos de alambre metálicos
- Brochas planas
- Amoladoras
- Lijadoras orbitales
- Taladros de baterías
- Sierra de cinta
- Cajas de herramientas
- Juegos de formones
- Juegos de destornilladores
- Martillos
- Escuadras
- Niveles
- Llaves fijas
- Llaves Allen
- Brocas
- Juego de espátulas
- Alicates
- Tenazas
- Escofinas

Materiales:

- Cera desmoldeante
- Masilla
- Masilla de poliéster
- Dióxido de silicio amorfo, altamente disperso.
- Resina Isoftálica acelerada
- Mat 300/450/600
- Tejido 300/500/800
- Velo 30 g/m²
- Combimat 500/300
- Coremat 3 mm.
- Acetona
- Estireno
- *Gelcoat* isoftálico
- Poliuretano
- PVC
- Peroxido de MEC
- Octoato de Cobalto

- **Zona de Montaje:**

Al igual que para la Zona de Laminación, la Zona de Montaje dispondrá de todos los útiles y materiales necesarios para llevar a cabo la tarea encomendada, el ensamblaje de todos los elementos del catamarán.

Esta zona irá a continuación de la Zona de Laminación. Tal y como se indicó en el procedimiento de montaje, éste se llevará a cabo generalmente teniendo en cuenta tres actividades de mayor envergadura, que son la preparación del casco, de la cubierta, y del puente, por lo que en la Zona de Montaje se verán diferenciadas estas actividades. Tal y como se van desmoldando las piezas, éstas se almacenan en la nave, disponiéndolas en la zona habilitada para ello, de forma que las piezas que se vayan a colocar en el interior del casco, se pondrán alrededor del mismo, para de esta manera reducir la tarea de maniobrabilidad y transporte de las mismas. Todos los elementos de PRFV a ensamblar deberán colocarse en una posición, por lo que para facilitar su identificación irán descritos en el suelo, tal y como ocurrirá con la Zona de Laminación, mediante la utilización de franjas pintadas sobre el mismo, donde se indicará el nombre identificativo de la pieza, o bien el código de la misma.

La Zona de Montaje también dispondrá de su propio almacén, en el que se encontrarán los materiales y los útiles necesarios. Todos se encontrarán distribuidos en el interior, ordenados e identificados por su nombre, para facilitar su visualización y evitar equívocos. En el mismo almacén, además de encontrarse los útiles y sustancias necesarias para el montaje, se encontrarán también los equipos y demás elementos que se instalarán, elementos de herrajes, accesorios y fontanería, así como los instrumentos eléctricos y electrónicos, por lo que aquí existirán herramientas que usará el Responsable de Electricidad y Mecánica, así como el Responsable de Fontanería, Herrajes y Accesorios.

A continuación se indican todo lo que deberá incluir el almacén de montaje.

Utillaje:

- Lijadora orbital (Festool)
- Taladro batería (Festool)
- Amoladora (Bosch)
- Pistola Sikaflex® neumática
- Andamios
- Sacabocados
- Tester
- Pinza amperimétrica AC/DC HIBOK 53
- Cizalla WEIMULLER KT45
- Soldador eléctrico 200 W 220 V ACESA
- Soldador de gas
- Sonda temperatura infrarrojos FLUKE 80T-IR
- Tacómetro digital RS
- Alicates universal
- Alicates extensibles
- Alicates de corte-electrónica
- Alicates de corte-electricista
- Alicates punta curva tamaño 1
- Alicates punta curva tamaño 2
- Alicates punta plana tamaño 1
- Alicates punta plana tamaño 2
- Alicates mordaza
- Tijeras de electricista
- Pelahilos
- Navaja pelacables
- Arco de sierra
- Juego llaves fijas de 6 a 22 mm
- Pelacables coaxiales
- Tenazas terminales tipo FATON
- Tenazas terminales tipo RF
- Tenazas terminales desde 16 a 120 mm
- Llave inglesa ½ “
- Llave inglesa 1” ½
- Juego de llaves allen desde 1,5 a 10 m/m PALMERA
- Juego de llaves tubo desde 8 a 15 m/m
- Juego de carraca con dados desde 4 a 14 m/m
- Flexómetro 3 metros
- Destornilladores cruz 6x40, 3x100, 5x100, 6x100
- Destornilladores planos 3x50, 3x100, 4x100, 6x120
- Remachadora
- Limas planas 100 mm y 250 mm
- Lima media caña 200 mm
- Giramachos
- Juegos de machos 3, 5 y 6 mm
- Graneteador ACESA 8 mm
- Calibre
- Martillo teflón pequeño
- Martillo de bola

Materiales:

- Cables
- Sikaflex
- Crestomer
- Tuercas
- Tornillos
- Accesorios de electricidad y mecánica
- Accesorios de herrajes, fontanería y accesorios

- **Zona de Carpintería**

Existirá en el interior de la nave una zona exclusiva para llevar a cabo los trabajos de carpintería. Esta zona dispondrá de almacén tanto de materia prima y herramientas, como almacén para guardar todos los elementos fabricados y listos para el montaje de los mismos en el catamarán.

La Zona de Carpintería contará con todos los útiles necesarios para llevar a cabo su misión.

Utillaje:

- Mesa cuadradora
- Multifunción
- Sierra de cinta
- Lijadora de cinta
- Fresadora con juego de fresas
- Ingletadora
- Esmeriladora
- Lijadora orbital (Festool)
- Taladros batería (Festool)
- Taladro eléctrico (Protool)
- Amoladora (Bosch)
- Pulidora
- Cepillo eléctrico (Virutex)
- Cepillo carpintero
- Sierra de cinta (Metabo)
- Multidremel
- Pistola cola
- Juego de carraca
- Láser
- Pistola agua presión (Karcher)
- Sierra circular de mano (Bosch)
- Juego de bailarinas diamante
- Juego de brocas palas carpintero
- Cajas de herramientas
- Juego de formones
- Juego de destornilladores
- Martillos
- Escuadras
- Nivel
- Llaves fijas
- Llaves Allen
- Brocas
- Juego de espátulas
- Alicates
- Tenazas
- Escofina

Materiales:

- Madera
- Clavos
- Tornillos
- Tuercas
- Cola
- Pegamento de contacto
- Masilla
- Barniz
- Lijas
- Resto de materiales típicos de trabajos de carpintería

- **Zona de Descanso**

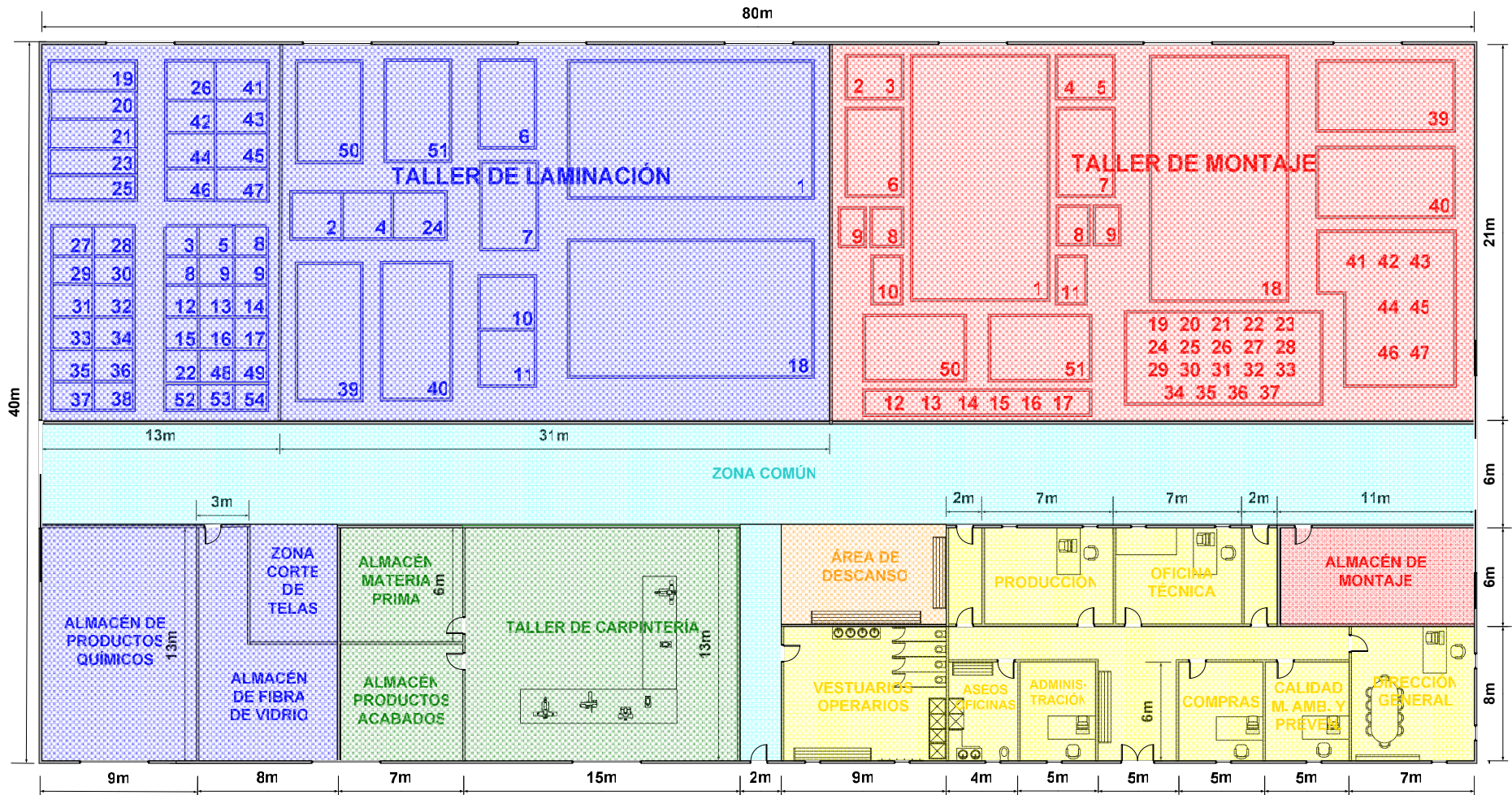
Los operarios dispondrán de un área de descanso, anexo al vestuario, que dispondrá de bancos para sentarse y máquinas expendedoras, donde los trabajadores podrán permanecer allí durante el tiempo de descanso del que disponen, ya sea la hora del desayuno o del almuerzo.

- **Zona Común**

El Astillero tendrá un pasillo central a lo largo de toda la nave, con un ancho de seis metros. Esta zona será de únicamente de tránsito por todos los operarios a la hora de realizar sus actividades. Además será utilizado para decepcionar el material de los diferentes proveedores, antes de su colocación en el almacén correspondiente.

Esta zona irá de un extremo a otro del Astillero, zona que será delimitada por dos puertas correderas de grandes dimensiones. La puerta cercana a la zona de laminación será de una sola hoja, y por ella será por donde se reciba el material y las materias primas. En el otro extremo, junto a la zona de montaje, la puerta será también corredera pero de doble hoja, y será la utilizada para realizar la salida de la embarcación una vez acabada para su posterior puesta a flote. Esta puerta será de mayores dimensiones, de forma que la embarcación pueda transportarse al exterior sin ningún problema.

Esta zona común también engloba un pasillo, que será el utilizado por los operarios para entrar y salir de las instalaciones, así como para dirigirse a los vestuarios.



Donde:

ÁREA	ZONA	ÁREA	ZONA
	Zona de Laminación		Zona de Oficinas
	Zona de Montaje		Zona de Descanso
	Zona de Carpintería		Zona Común

COLOR DEL Nº	SIGNIFICADO
Nº	Área de colocación del molde al que pertenece la pieza con el número indicado.
Nº	Área de colocación de la pieza que corresponde con el número, una vez ha sido desmoldeada, quedando preparada para su posterior montaje.

Nº	PIEZA	Nº	PIEZA
1	Casco patines y central	28	Banco de popa de plataforma de baño
2	Baño de babor	29	Tapa de motores de babor
3	Cajón aguas grises baño babor	30	Tapa de motores de estribor
4	Baño de estribor	31	Tapa cajones estibas babor
5	Cajón aguas grises baño estribor	32	Tapa cajones estibas estribor
6	Camarote proa babor	33	Tapa molinete
7	Camarote proa estribor	34	Cajón balsa salvavidas
8	Depósitos de agua (2 u.)	35	Tapa cajón balsa salvavidas
9	Escalera de bajada a camarotes (2 u.)	36	Puerta popa bañera de babor
10	Camarote popa babor	37	Puerta popa bañera de estribor
11	Camarote popa estribor	38	Marcos de las ventanas del salón (6 u.)
12	Ventilación motor	39	<i>Fly bridge</i>
13	Tubo entrada ventilación motor	40	Interior del <i>fly bridge</i>
14	Postizo timón	41	Solarium <i>fly bridge</i>
15	Limera timón	42	Tapa solarium <i>fly bridge</i>
16	Postizo escotilla	43	Banco <i>fly bridge</i>
17	Grabadillos techo	44	Consola <i>fly bridge</i>
18	Cubierta	45	Asiento consola <i>fly bridge</i>
19	Sofá del salón	46	Arco radar
20	Consola del salón	47	Tapa registro arco radar
21	Puesto de gobierno del salón	48	Canalización agua <i>fly bridge</i>
22	Cajón cuadro eléctrico	49	Tapa subida <i>fly bridge</i>
23	Cocina salón	50	Plataforma de baño
24	Baño del salón	51	Contramolde plataforma baño
25	Pilar del salón	52	Tapa plataforma baño babor
26	Escalera de subida del <i>fly bridge</i>	53	Tapa plataforma baño estribor
27	Puerta del lavabo de la escalera	54	Tapas de registro plataforma baño

8.5. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES Y PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL LAMINADO

El Astillero en el que se desarrolla el proceso del laminado debe de reunir unas condiciones mínimas, que garanticen el perfecto desarrollo de las operaciones necesarias que van a llevar a la consecución de un laminado que cumpla con las características mecánicas mínimas deseadas. Para ello, debe de tener unas instalaciones que garanticen las condiciones de temperatura, humedad relativa, ventilación, etc.

Para minimizar los efectos de la contaminación que se pueda producir en las diferentes áreas de trabajo, es importante subdividir la planta del Astillero en zonas separadas, de tal forma que las diferentes áreas de producción no se superpongan, con el objeto de evitar contaminaciones de productos residuales del trabajo propio de laminación, prefabricación y ensamblaje.

Las zonas de almacenamiento deben de garantizar que las fibras se mantengan limpias y libres de polvo, al mismo tiempo deben protegerlas contra la humedad excesiva y la lluvia.

No menos importante es el almacenamiento de las resinas y el *gelcoat*, de tal forma que los depósitos en los que se almacenan deben de estar equipados con sistemas que permitan el volteo periódico de éstos.

Las resinas y el *gelcoat* deben de almacenarse en locales secos y bien ventilados, de forma que la temperatura no exceda los 20 °C y, muy importante, no baje de 0 °C.

Cuando la temperatura, en la zona de almacenamiento de la resina disminuye por debajo de 16 °C, ésta debe de ser calentada antes de su uso en el proceso de laminado. No debe de entenderse como un calentamiento a la acción directa de un elemento fuertemente calefactor, sino como un atemperamiento de la resina hasta los valores de la zona de laminado.

Los catalizadores y aceleradores, deben de almacenarse por separado y, preferentemente, en zonas en las que la temperatura sea más bien fría. No obstante la zona debe de ser seca, limpia y bien ventilada.

Los aditivos y colorantes deben almacenarse en contenedores

cerrados para evitar el polvo y la humedad.

Las fibras deben de pasarse de la zona de almacenamiento a la de corte por lo menos dos días antes de su utilización, de tal forma que en todo el recorrido se sigan manteniendo las condiciones de limpieza, no humedad y ausencia de polvo y, al mismo tiempo, en la zona de corte el aire tenga una humedad inferior a la de laminado y una temperatura ambiental de 1 o 2 °C por encima de la zona de trabajo. No obstante, dada la complejidad de acondicionar diferentes áreas en un mismo Astillero, será suficiente con tener las fibras un par de días en la zona de laminado.

En la zona de trabajo efectivo, es muy importante obtener unas condiciones específicas de temperatura y humedad. Así, la temperatura ambiente debe de mantenerse entre 16 y 25 °C, de tal manera que el valor inferior debe de conseguirse por lo menos 24 horas antes de empezar a laminar y no debe de sobrepasarse el límite superior, a no ser que así lo permita el fabricante de la resina. Debe de procurarse la máxima uniformidad en la distribución de la temperatura, procurando evitar que las fluctuaciones sean superiores a ± 4 °C en 24 horas.

La temperatura y la humedad relativa, la cual no debe de ser superior al 80%, deben de registrarse periódicamente. Así, deben de instalarse registradores para cada 1.200 m² y debe de tenerse interés en el control, en sentido vertical, de la temperatura cuando se esté laminando en zonas en donde la variación de altura sea acusada.

No deben de permitirse humos ni polvo en las zonas de laminado.

Debe de prestarse atención con las corrientes de aire, para evitar una excesiva evaporación del monómero que produce la polimerización de las resinas.

ANEXOS

SEGURIDAD E HIGIENE

Debido a que en este proceso de fabricación se va a trabajar con sustancias químicas peligrosas, es necesario que se realice un estudio profundo acerca de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores y las acciones a tomar en caso de accidente.

Unas condiciones de trabajo seguras, exigen el cumplimiento de ciertas normas:

- Solo deben de manipular los productos químicos en todo el proceso de laminación, aquellas personas que tengan conocimiento de los peligros para la salud que tales productos puedan acarrear. Esto supone que tanto los datos sobre la seguridad del material, como las etiquetas de los productos, deben ser estudiadas antes de ser utilizadas.
- Los procesos de laminación por contacto manual deberán de realizarse en el área destinada para ello.
- Los operarios que trabajen en el proceso deben de protegerse todas las partes del cuerpo que puedan estar expuestas a algún riesgo que impliquen los productos que se van a utilizar. Esto significa que los operarios que manipulen los productos químicos deberán utilizar guantes, botas de seguridad, mono de trabajo, gafas de seguridad, mascarilla para polvos, y mascarilla de gases. Elementos a usar en función de la operación a realizar en el Astillero.
- El proceso de estratificación de las telas, así como las actividades de carpintería, se realizarán en una zona destinada a tal efecto y en la que la ventilación sea la adecuada para favorecer la salida de gases y partículas.

- Los empleados que hayan manejado los productos o sustancias químicas, deberán lavarse la cara y las manos después de haber realizado el trabajo y antes de comer.
- Los operarios que entren en la zona de laminación, lo harán siempre provistos de la indumentaria adecuada, y manipularán los elementos y los materiales siempre provistos de guantes, y en el caso de manipular herramientas de corte lo harán siempre provistos de guantes de seguridad.
- En caso de tener que hacer un lavado de ojos se recomienda acudir urgentemente a una ducha que incorpora un lavaojos.
- Estará terminantemente prohibido comer, beber y fumar en cualquier zona del Astillero a excepción de los vestuarios y la zona de descanso de los operarios, quedando exentas también las oficinas.
- Para evitar una evaporación innecesaria de los compuestos químicos que intervienen en el proceso de fabricación, deberán de mantenerse cerrados todos los recipientes que contengan el producto el mayor tiempo posible.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

Fichas técnicas de seguridad

Los productos químicos que intervienen en el proceso de fabricación, entrañan un cierto riesgo para la salud, es por ello que es necesario que tanto operarios como jefes conozcan este riesgo.

Todos estos peligros para poder prevenirlos y en el caso de que ocurra algún accidente, saber cómo abordarlo, para que tanto unos como otros puedan tener a su disposición toda la información relativa a los productos químicos, se procede a describir todos y cada uno de los productos lo más detalladamente posible en sus correspondiente fichas técnicas, realizadas con arreglo a la directiva 91/155/CEE.

Los productos sensiblemente peligrosos y que intervienen en el proceso de fabricación son:

- Acetona
- Fibra de vidrio
- Resina de poliéster
- Dióxido de silicio
- Peróxido de MEC
- Octoato de cobalto

Existen más sustancias que se utilizan a lo largo de todo el proceso de fabricación, pero únicamente se detallarán aquellas que se consideran fundamentales para la realización del proyecto, que son las materias primas sin las cuales la producción del catamarán sería imposible según este proyecto, y que además se utilizan en elevadas cantidades, pues a lo largo de la fabricación existen otras sustancias que también son peligrosas, pero debido a que su utilización es ínfima no suponen un riesgo elevado.

Se tendrá en cuenta que todos los tipos de telas (velos de superficies,

mats, tejidos y *coremats*®) se englobarán dentro de la ficha “Fibra de vidrio, ya que todas guardan las mismas características y se rigen por las mismas medidas de seguridad, y que los datos indicados en la ficha “Resina de poliéster”, hace alusión tanto a la resina propiamente dicha, utilizada para la laminación, como al *gelcoat*, pues su base también está formulada a partir de una resina de poliéster isoftálica, lo que hace que las medidas de seguridad a tener en cuenta sean comunes para ambas sustancias.

1. ACETONA

1.1. Identificación del producto

Nombre: Acetona

Fórmula química: $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$

Peso molecular: 58

Estado físico: Líquido

1.2. Información de composición del producto

99'5% Acetona

1.3. Identificación de riesgos

- La acetona es un líquido fácilmente inflamable cuyos vapores son más densos que el aire, extendiéndose a ras de suelo con riesgo de ignición en punto distante.
- Las mezclas de vapor / aire pueden generar explosión.
- Los vapores irritan los ojos y las vías respiratorias.
- La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
- La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

1.4. Información de primeros auxilios

- Contacto con la piel:

En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón al menos durante 20 minutos. Quitarse la ropa manchada

de producto.

- Ojos:

Lavar con agua abundantemente al menos durante 15 minutos. Quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad.

- Inhalación:

Sacar al accidentado al aire libre. En caso de asfixia, administrar oxígeno. Si falla la respiración aplicar respiración artificial. Recibir inmediatamente atención médica.

- Ingestión:

Lavado gástrico. Avisar al Médico.

1.5. Medidas de lucha contra incendios

- Medios de extinción adecuados:

- Polvo químico seco en caso de fuegos pequeños.
- En grandes fuegos se puede diluir con agua a niebla para atacar luego al fuego con espuma antialcohol.
- Situarse en dirección contraria al viento.

- Riesgos de exposición a los gases de la combustión:

- Debe evitarse la exposición a los gases de combustión.

- Equipo de protección para la lucha contra incendios:

- Utilizar equipo de respiración durante las operaciones de extinción.

1.6. Medidas en caso de vertido accidental

- Precauciones individuales:
 - Prevención de contacto con la piel y los ojos.
 - Evitar la inhalación de los vapores.
 - Suficiente ventilación.
 - Eliminar las fuentes de inflamación cercanas.
- Precauciones para la protección del medio ambiente:
 - Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas.
- Métodos de limpieza:
 - Utilización de material absorbente, arena, tierra, serrín, etc. y terminar de limpiar la zona con gran cantidad de agua.

1.7. Manipulación y almacenamiento

- Manipulación:

La Acetona es un líquido altamente inflamable y sus vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. Alejar de toda fuente de ignición.

Evitar el contacto con la piel pues pueden aparecer problemas de engrasado que darían lugar a una menor defensa de la piel ante posibles infecciones. Durante su manejo utilizar ropa protectora adecuada (de PVC o Neopreno), así como gafas de seguridad.

Es necesario mantener una buena ventilación en las áreas de trabajo, para mantener la concentración de vapor de acetona por debajo de su TLV.

- Almacenamiento:

La acetona ha de ser almacenada en áreas clasificadas fuera del alcance de cualquier tipo de ignición y manejada con equipos

antideflagrantes.

Almacenar la acetona en recipientes libres de oxígeno.

Evitar el contacto con materiales oxidantes, ácidos y cloroformo.

- Materiales adecuados:
 - Tanques: Acero al carbono.
 - Mangueras: Polipropileno.
 - Juntas: Polipropileno.
 - Válvulas: Acero al carbono con elementos internos de acero inoxidable.

1.8. Controles de exposición y protección personal

- Valores límites de la exposición:

VLA-ED: 500 ppm (INST. 2001)

TLV: 500 ppm. (ACGIH 2001)

TLV-STEL: 750 ppm. (ACGIH 2001)

IPVS: 2.500 ppm.

- Protección respiratoria:

En atmósferas donde exista Acetona, se utilizarán equipos de protección respiratoria de aire comprimido, con visor que cubra toda la cara.

- Protección de las manos:

Guantes de neopreno o PVC.

- Protección de los ojos:

Gafas protectoras o protección facial.

- Protección cutánea:

Traje resistente a las salpicaduras e impermeable y botas de caucho.

1.9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto:	Líquido
Olor:	Picante, dulce y penetrante
Color:	Incoloro
Punto de ebullición:	56.2°C
Punto de fusión:	-95.3°C
Inflamabilidad:	-17.8°C
Temperatura de autoinflamación:	537°C
Límites de inflamabilidad:	Inferior: 2.6% Superior: 12.8%
Presión de vapor:	226,3 mm Hg (a 25 °C)
Densidad relativa:	0.791 g/c.c. (a 20 °C)
Densidad de los vapores:	2 (aire=1)
Solubilidad:	Completa en agua en todas proporciones.

1.10. Estabilidad y reactividad

Evitar reacciones con materiales oxidantes, ácidos y cloroformo.

1.11. Información toxicológica

El contacto con el líquido o altas concentraciones de vapores, pueden causar irritación en la piel, mucosas, ojos y vías respiratorias. Sus vapores a altas concentraciones producen efectos narcóticos.

Oral: DL50 (rata): 5.800 mg/Kg.

DL50 (ratón): 3.000 mg/Kg.

DL50 (conejo): 3.940 mg/Kg.

Inhalación: CL50 (rata) 16.000 ppm (4 h).

Contacto:

- Ojos: Conjuntivitis, irritación de ojos.
- Piel: Irritación, eczema.
- Inhalación: Irritación de ojos, nariz, garganta. Dolor de cabeza, obnubilación, náuseas, síntomas de narcosis.
- Ingestión: Irritación gastroenterítica y narcosis.

1.12. Información ecológica

- Ecotoxicidad:

- Tóxico para organismos acuáticos.
- Toxicidad para los peces: *Leuciscus idus* CL50: 7505 mg/l;
Artrópodos: *Daphnia magna* CL50: 12100 mg/l/48 horas.

- Movilidad:

- Reparto: log P(oct): -0.24

- Persistencia y degradabilidad:

- Degradabilidad: BOD5: 1.76 g/g; ThOD: 2.2 mg/l.

- No deberían esperarse problemas ecológicos si se manipula el producto de manera apropiada.
- Potencial de bioacumulación:
- Potencial bioacumulativo bajo.
- Otros efectos nocivos:
- No deberían esperarse problemas ecológicos si se manipula el producto de manera apropiada.

1.13. Consideraciones sobre la eliminación

En caso de derrame, contenerlo y recogerlo mediante el empleo de material absorbente. Eliminar todas las fuentes de ignición de las proximidades del derrame.

1.14. Información reglamentaria

SIMBOLO CE: F; Fácilmente Inflamable.

Xi; Irritante

Frases R:

- R11: Fácilmente Inflamable.
- R36: Irrita los ojos.
- R66: La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
- R67: La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

Frases S:

- S9: Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.

- S16: Protéjase de fuentes de ignición. No fumar.
- S26: En caso de contacto con los ojos lávese inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

2. **FIBRA DE VIDRIO**

2.1. **Identificación del producto**

Fibras de vidrio: MAT, Spray rovings, Direct rovings, Woven rovings, Complex, Velos, Mallas.

2.2. **Información de composición del producto**

Fibra de filamentos continuos de vidrio E	90% peso (min.)
Polímeros orgánicos	< 3% en peso
Mezcla ligante (silanos y polímeros)	9.5% peso

2.3. **Identificación de riesgos**

El producto es estable y no inflamable bajo condiciones industriales normales. La exposición continua a filamentos de fibra de vidrio puede ocasionar irritación en la piel y, en menor medida, irritación en ojos, nariz o garganta.

2.4. **Información de primeros auxilios**

- **Contacto con la piel:**

Lavar con agua corriente y jabón.

- **Ojos:**

Lavar los ojos con abundante agua corriente (durante 15 minutos), si es necesario acudir al oftalmólogo.

- **Inhalación:**

Si persiste la irritación, solicitar atención médica.

- Ingestión:

Consultar al médico.

2.5. Medidas de lucha contra incendios

- Medios de extinción adecuados:
 - Material no inflamable.
- Riesgos de exposición a los gases de la combustión:
 - En fuegos de grandes dimensiones, los productos de ensimaje pueden liberar productos peligrosos por combustión. En cualquier caso, la mayor parte del producto es vidrio no inflamable.
- Equipo de protección para la lucha contra incendios:
 - En fuegos de grandes dimensiones, se recomienda el uso de equipos de respiración.

2.6. Medidas en caso de vertido accidental

- Precauciones individuales:
 - No necesita.
- Precauciones para la protección del medio ambiente:
 - No aplicable.
- Métodos de limpieza:
 - No aplicable.

2.7. Manipulación y almacenamiento

- Manipulación:

No se requieren medidas especiales.

- Almacenamiento:

No se requieren medidas especiales.

2.8. Controles de exposición y protección personal

- Información para la configuración de plantas técnicas:

No se necesitan medidas especiales.

- Componentes con valores límites de exposición en el lugar de trabajo:

Ninguno.

- Protección de las manos: guantes de protección adecuados pueden reducir la irritación de piel.

- Protección de los ojos: gafas de protección.

- Protección cutánea: utilizar ropa de trabajo cerrada y ajustada al cuello y cintura.

- Protección respiratoria: no son normalmente requeridas, pueden ser utilizadas por conveniencia cuando el lugar de trabajo no disponga de ventilación.

2.9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico:	Sólido
Olor:	Inodoro
Color:	Blanco-amarillento a blanco

pH:	56.2 °C
Punto de fluidez:	No aplicable
Punto de destello:	No aplicable
Solubilidad:	Insoluble en aguas o grasas

2.10. Estabilidad y reactividad

- Condiciones a evitar: No conocidas
- Materias a evitar: No conocidas
- Productos de descomposición peligrosos: En fuegos importantes, algunos polímeros orgánicos pueden descomponerse liberando productos de combustión peligrosos.

2.11. Información toxicológica

No aplicable

2.12. Información ecológica

En base a los componentes contenidos en el producto y/o a sustancias estructuralmente semejantes pueden estimarse los siguientes datos ecológicos.

- Persistencia y degradabilidad:

La fibra de vidrio es considerada como residuo sólido inerte no requiriendo procedimientos de recogida de residuos peligrosos.

- Toxicidad en aguas:

La fibra de vidrio es un sólido inerte insoluble en agua.

2.13. Consideraciones sobre la eliminación

Eliminación de residuos sólidos de acuerdo a las regulaciones locales.

2.14. Información relativa al transporte

No es material peligroso para el transporte según RID/ADR, GGVS/GGVE, ADN, IMDG, ICAO – TI/IATA- DGR.

2.15. Información reglamentaria

Clasificación y etiquetado de acuerdo con el Reglamento sobre Clasificación, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos:

Pictogramas:

No está sujeto a las normas de identificación

Frases R: No aplicable

Frases S: No aplicable

3. RESINA DE POLIÉSTER

3.1. Identificación del producto

Nombre: Resina de poliéster disuelta en estireno

Descripción química: Gel de resina isoftálica

3.2. Información de composición del producto

Sustancia/preparado: Preparado

<u>Sustancia:</u>	<u>Composición:</u>
-------------------	---------------------

Estireno monómero	17-27 %
-------------------	---------

Tolueno (M-Cobalto 6% T)	0-0.6 %
--------------------------	---------

3.3. Identificación de riesgos

La preparación está clasificada como sustancia peligrosa conforme a la Directiva 1999/45/EC y sus enmiendas.

<u>Clasificación:</u>	Nocivo
	Inflamable
	Nocivo por inhalación
	Irrita los ojos y la piel

Efectos y síntomas:

Inhalación: Peligroso en caso de inhalación.

Contacto con la piel: Peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante). La inflamación de la piel se caracteriza por la comezón, escamadura, enrojecimiento o producción ocasional de ampollas.

Contacto con los ojos: Peligroso en caso del contacto con los ojos (irritante).

Órganos destino: Contiene material que causa daño a los órganos siguientes: riñones, pulmones, el sistema reproductor, hígado, sistema respiratorio, piel, Sistema Nervioso Central (SNC), ojo, cristalino o cornea. No causa daño a los órganos siguientes: suprarrenales.

3.4. Información de primeros auxilios

- Contacto con la piel:

En caso de contacto, enjuague la piel inmediatamente con agua abundante. Cubrir la piel irritada con un emoliente. Quítese la ropa y calzado contaminados. Lave la ropa antes de volverla a usar. Limpie completamente los zapatos antes de volverlos a usar. Obtenga atención médica.

- Ojos:

Verificar si la víctima lleva lentes de contacto y en este caso, retirárselas. En caso de contacto, lave los ojos inmediatamente con mucho agua durante por lo menos 15 minutos. Obtenga atención médica.

- Inhalación:

Si ha habido inhalación, trasladar al aire libre. Si no respira, efectúe la respiración artificial. Si le cuesta respirar, suministrar oxígeno. Obtenga atención médica.

- Ingestión:

No induzca al vómito a menos que lo indique expresamente el personal médico. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. Aflojar todo lo que pudiera estar apretado, como el cuello de una camisa, una corbata, un cinturón. Consiga asistencia médica si aparecen los síntomas.

3.5. Medidas de lucha contra incendios

- Medios de extinción adecuados:

Incendio pequeño: Usar polvo químico seco o CO₂.

Gran incendio: Utilizar agua pulverizada o niebla de agua. Nunca dirigir el chorro de agua directamente en el contenedor o recipiente para prevenir toda salpicadura del producto que pudiera provocar una propagación del incendio. Enfriar los contenedores con un chorro de agua para evitar la sobrepresión, la autoinflamación o la explosión.

- Productos peligrosos de descomposición térmica:

Estos productos son óxidos de carbono (CO, CO₂) y agua.

- Protección de bomberos:

Los bomberos deben usar aparatos respiradores autónomos y equipo completo contra incendios.

3.6. Medidas en caso de vertido accidental

- Precauciones individuales:

Lentes antisalpicaduras. Ropa de protección completa. Aparato de respiración antivapores. Botas. Guantes. Un aparato de respiración autónomo debería ser utilizado para evitar cualquier inhalación del producto. Las ropas de protección sugeridas podrían no asegurar una protección suficiente; consultar a un especialista antes de tocar este producto.

- Precauciones para la protección del medio ambiente:

Conservar alejado del calor. Conservar a distancia de toda fuente de métodos de limpieza ignición. Detener la fuga si esto no presenta ningún riesgo.

- Métodos de limpieza:

Absorber con tierra, arena o con algún otro material no combustible

seco. Impedir la entrada en las alcantarillas, los sótanos u otros lugares cerrados; hacer lo necesario para derivar la corriente del producto vertido si hay posibilidad. Pedir ayuda para la eliminación.

3.7. Manipulación y almacenamiento

- Manipulación:

Consérvese bajo llave. Conservar alejado del calor. Conservar a distancia de toda fuente de ignición. Poner a tierra todo el equipo que contiene material. No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles. En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado. Si se ingiere, consultar inmediatamente a un médico y mostrarle el embalaje o la etiqueta. Evítese el contacto con los ojos y la piel. Conservar a distancia de materiales incompatibles tales como agentes oxidantes.

- Almacenamiento:

Almacene en un área separada y aprobada. Mantenga el contenedor en un área fresca y bien ventilada. Mantenga el contenedor bien cerrado y sellado hasta el momento de usarlo. Evitar todas las fuentes posibles de encendido (chispa o llama).

3.8. Controles de exposición y protección personal

- Medidas técnicas:

Asegure la ventilación exhaustiva u otros controles de ingeniería que mantengan las concentraciones del aire de vapores por debajo del límite de exposición laboral correspondiente. Compruebe la proximidad de una ducha ocular y de una ducha de seguridad en el lugar de trabajo.

- Medidas higiénicas:

Lávese las manos, los antebrazos y la cara completamente después de manejar los compuestos y antes de comer, fumar, utilizar los lavabos y al final del día.

- Equipo de protección personal:

Sistema respiratorio: Portar un aparato de respiración apropiado cuando el sistema de ventilación sea inadecuado. Aparato de respiración antivapores.

Piel y cuerpo: Bata de laboratorio.

Manos: Guantes impermeables.

Ojos: Lentes antisalpicaduras.

3.9. Propiedades físicas y químicas

Estado Físico:	Líquido.
Color:	-
Olor:	Acre
Umbral del olor:	El valor conocido más bajo es 0.1 ppm (Estireno)
Punto de ebullición:	El valor conocido más bajo es 145 °C (293 °F) (Estireno)
Punto de fusión:	Puede comenzar a solidificarse en -30 °C (-23 °F) basado en los datos del estireno.
Densidad:	1.1 a 1.2 g/cm ³ 25 °C / 77 °F)
Densidad de vapor:	3.6 (Aire=1)
Presión de vapor:	0.6 kPa (4.5 mm Hg) (a 20 °C)
Índice de evaporación:	>1 comparado con Acetato de butilo
Solubilidad:	Insoluble en agua fría
PH:	No aplicable
T ^a de inflamabilidad:	Crisol cerrado: Entre 23 °C (73 °F) y 37.8 °C

(100 °F) (Setaflash)

T^a de autoignición: El valor conocido más bajo es 489.9°C (913 °F)
(Estireno)

Límites de explosión: El rango más alto conocido es
PUNTO MÍNIMO: 1.1%

PUNTO MÁXIMO: 8% (Estireno)

3.10. Estabilidad y reactividad

- Estabilidad: El producto es estable.
- Condiciones que deben evitarse: Exposición al calor, la luz directa del sol, de luz UV, etc.
- Materiales que deben evitarse: Reactivo con agentes oxidantes. Ligeramente reactivo con ácidos, los álcalis. (Reacción exotérmica); Reacciona violentamente con: preóxidos.
- Productos de descomposición peligrosos: Estos productos son óxidos de carbono (CO, CO₂) y agua.

3.11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

<u>Sustancia</u>	<u>Prueba</u>	<u>Resultado</u>	<u>Ruta</u>	<u>Especies</u>
Estireno	DL50	2650 mg/Kg	Oral	Rata
	DL50	316 mg/Kg	Oral	Ratón
	DL50	>1500 mg/Kg	Oral	Mamífero
	CL50	12000 mg/m ³	Inhalación	Rata

Toxicidad crónica: La exposición repetida a un producto altamente tóxico puede provocar un deterioro general del estado de salud debido a una acumulación en uno o varios órganos humanos.

- Efectos locales:
 - Irritación de la piel: Peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante).
 - Irritación ocular: Peligroso en caso de contacto con los ojos (irritante).
- Efectos específicos:
 - Efectos cancerígenos: Clasificado. 2B (Posible para el hombre) según IARC [Estireno]. Clasificado. A4 (No puede ser clasificado para el hombre o los animales.) según ACGIH [Estireno].
 - Efectos teratógenos: No disponible.

3.12. Información ecológica

<u>Sustancia</u>	<u>Especies</u>	<u>Período</u>	<u>Resultado</u>
Estireno	Selenastrum capricornutum (EC50)	48 horas	0.56 mg/l
	Daphnia magn (EC50)	48 horas	4.7mg/l
	Pimephales promelas (CL50)	96 horas	4.02 mg/l
	Pimephales promelas (CL50)	96 horas	10 mg/l
	Lepomis macrochirus (CL50)	96 horas	25.05 mg/l
	Pimephales promelas (CL50)	96 horas	29 mg/l

3.13. Consideraciones sobre la eliminación

- Métodos de eliminación: Los desperdicios deben ser desechados de acuerdo con las regulaciones federales; estatales y de control ambiental local.

- Residuos Peligrosos: La clasificación del producto puede cumplir los criterios correspondientes a los residuos peligrosos.

3.14. Información relativa al transporte

Reglamento internacional de transporte

Tierra – Carretera/Ferrocarril

Número ONU:	1866
Nombre de envío adecuado:	RESINA DE POLIÉSTER ISOFTÁLICA
Clase ADR/RID:	3
Grupo de envasado:	III
Etiqueta Peligro:	INFLAMABLE (3)
Otra información:	<u>Número de identificación de peligro 30</u>
Disposiciones particulares para el transporte:	640E

Mar

Número ONU:	1866
Nombre de envío adecuado:	RESINA DE POLIÉSTER ISOFTÁLICA
Clase IMDG:	3
Grupo de envasado:	III
Etiqueta Peligro:	INFLAMABLE (3)
Otra información:	<u>Planes de emergencia (“EmS”) 3-05</u>

3.15. Información reglamentaria

Reglamento de la UE

Símbolo(s) de peligro(s): Nocivo

Frases de riesgo:

R10: Inflamable

R20: Nocivo por inhalación.

R36/38: Irrita los ojos y la piel.

Frases de seguridad:

S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas – No fumar.

S23: No respirar os vapores.

S33: Evítese la acumulación de cargas electroestáticas.

S51: Úsese únicamente en lugares bien ventilados.

Contiene: Estireno

Uso del producto:

La clasificación y el etiquetado se han realizado de acuerdo con las normativas 67/548/EEC y 1999/45/EC de la UE, incluidas las enmiendas correspondientes y la información relativa al uso previsto. Aplicaciones industriales.

4. PERÓXIDO DE METILETILCETONA

4.1. Identificación del producto

Nombre: Peróxido de metiletilcetona (MEC)

Fórmula química: $C_4H_8O_3$

Peso molecular: 104

4.2. Información de composición del producto

Sustancia:	Composición
Peroxido de 2-butanona	35-45%
Ftalato de di-isobutilo	45-50%
4-hidroxi-4 -metilpentan-2-ona	10-15%
Butanona (Metil etil cetona)	<1%
Peroxido de hidrogeno	<5%

4.3. Identificación de riesgos

- Puede originar fuego.
- Nocivo por ingestión.
- Corrosivo para la piel y los ojos.
- Muy toxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

4.4. Información de primeros auxilios

- Contacto con la piel:

Quitar las ropas contaminadas y lavarlas para evitar el riesgo de incendio. Lavar la piel con agua y jabón abundantes. Solicitar atención médica si es necesaria.

- Ojos:

Lavar inmediatamente con gran cantidad de agua. Quitar las lentes de contacto si puede hacerse fácilmente. Solicitar atención médica si persiste la irritación de los ojos.

- Inhalación:

Trasladar al lesionado a una zona ventilada y mantenerlo quieto y abrigado. Si no respira, practicarle la respiración artificial. Solicitar atención médica si es necesaria.

- Ingestión:

Limpia la boca y dar de beber agua abundante o leche si el accidentado está consciente. Mantenerlo abrigado y quieto. No provocar el vomito. Solicitar atención médica inmediatamente.

4.5. Medidas de lucha contra incendios

- Riesgos especiales de incendio:

- Arde violentamente.
- En caso de fuego circundante puede descomponerse originando gases inflamables.
- Riesgo de explosión en los envases cerrados debido a la sobrepresión.

- Medios de extinción adecuados:
 - Aguas pulverizada.
 - Espuma.
 - Polvo seco (para pequeños fuegos).
- Equipo de protección para la lucha contraincendios:
 - Utilizar equipo completo de protección química (goma o PVC), incluidas botas y equipo de respiración autónomo.
- Otras recomendaciones:
 - En el caso de descomposición sin llamas existe riesgo de explosión debido a la mezcla gas / aire.

4.6. Medidas en caso de vertido accidental

- Precauciones individuales:
 - Evitar contacto con el producto.
 - Utilizar equipo de protección
- Precauciones para la protección del medio ambiente:
 - Aislar el área, alejar al personal no necesario.
 - Suprimir todas las posibles fuentes de ignición y retirar los materiales inflamables.
 - Evitar que el derrame fluya al acantilado, a los sótanos o fosos, y a los cauces de agua.
- Derrames:
 - Si puede realizarse con seguridad, cortar la pérdida, embeberlo con un material inerte (arena limpia o vermiculita).

- Eliminación del producto/envases:
 - Los residuos del peróxido no deben retornarse al recipiente original ni depositarse en recipientes cerrados.

4.7. Manipulación y almacenamiento

- Manipulación:

Mantener el producto alejado de las fuentes de calor y de las sustancias que pueden causar su descomposición. Evitar su contaminación. No retornar el producto sobrante a sus envases originales (incluso las muestras). Evitar el contacto con los ojos y la piel. Durante la manipulación utilizar el equipo de protección personal. Dotar a las instalaciones con lavaojos y duchas de emergencia.

- Almacenamiento:

El producto debe almacenarse en los recipientes en que se suministra, cerrados y a temperatura inferior a 30 °C. Evitar la luz solar directa. Almacenar separado de otros productos peligrosos. Los lugares de almacenamiento no deben utilizarse como zonas de mezclas o reacción.

- Materiales adecuados:
 - Acero inoxidable I304 o I316
 - Polietileno de alta densidad.

4.8. Controles de exposición y protección personal

- Valores límites de la exposición:

TLV-C: 0.2 ppm / 1.5 mg/m³

MAK: SIN VALORES

Utilizar protección respiratoria si se detecta la presencia de vapores

del peróxido en la atmósfera. Como medidas generales de protección e higiene no comer, beber ni fumar mientras se manipula el producto.

- Protección de las manos:

Guantes de PVC, neopreno, nitrilo o goma natural. No utilizar cuero o algodón debido al riesgo de incendio.

- Protección de los ojos:

Utilizar gafas de seguridad o pantalla facial.

4.9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto:	Líquido
Olor:	Picante, parecido a la acetona
Color:	Incoloro
Temperatura de ebullición:	Descompone a temperatura > 60 °C
Temperatura de fusión:	Líquido > -25 °C
Temperatura de inflamación:	52 °C
Temperatura de autoignición:	Descompone > 60 °C
Limites inflamabilidad en el aire:	Descompone > 60 °C
Propiedades oxidantes:	Oxidante energético
Presión de vapor (20 °C):	No determinada
Densidad (20 °C):	1.062 gr/cm ³
Solubilidad en agua:	Insoluble en agua
Viscosidad:	13,69 cP
Temperatura de autodescomposición:	Descompone > 60 °C

4.10. Estabilidad y reactividad

- Estabilidad:

Producto inestable, sensible a la contaminación y a la temperatura. En las condiciones de almacenamiento su velocidad de descomposición es muy lenta. La descomposición autoacelerada comienza por encima de 60 °C.

- Condiciones a evitar:

El calor, la luz solar directa y la contaminación. Temperaturas superiores a los 30 °C.

- Materiales incompatibles:

Aceleradores. Ácidos fuertes, bases, sales de metales pesados y agentes reductores.

- Productos de descomposición:

Se producen gases inflamables y tóxicos.

4.11. Información toxicológica

Oral:	LD50 > 1.017 mg/Kg. (rata)
Inhalación:	LC50 = 17 mg/l (rata, 4 horas)
Contacto piel:	LD50 /Dérmica = 4.000 mg/Kg (rata)
Contacto ojos:	Corrosivo para los ojos
Sensibilización:	No se conocen casos.
Carcinogenicidad:	El producto no está reconocido como carcinógeno ni mutagénico por los organismos oficiales ni por los institutos de investigación.

4.12. Información ecológica

Basado en los componentes del producto y/o en sustancias estructuralmente similares, son de esperar los siguientes datos ecológicos:

- Consideraciones generales:
 - Producto clasificado como peligroso para el agua.
- Medio acuático:
 - Tóxico para los organismos acuáticos debido a la presencia en su formulación del ftalato de isobutilo. Después de un vertido a un cauce deben tomarse medidas adecuadas inmediatamente.

4.13. Consideraciones sobre la eliminación

Eliminación del producto de acuerdo con las leyes y reglamentos correspondientes.

4.14. Información reglamentaria

Clasificación y etiquetado de acuerdo con el reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

SIMBOLOS DE RIESGOS:

- O. Comburente
- C. Corrosivo
- XN. Nocivo
- N. Peligroso para el medio ambiente

Frases R:

- R 7: Puede causar fuego

- R 10: Inflamable
- R 22: Nocivo por ingestión
- R 34: Provoca quemaduras
- R 50/53: Muy toxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

Frases S:

- S 3/7: Consérvase el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.
- S 14: Mantener separado de ácidos fuertes, álcalis, sales de metales pesados y agentes .
- S 26: En caso de contacto con los ojos, lávese inmediatamente y abundantemente con agua y acúdase al medico.
- S 36/37/39: Llevar ropas protectoras adecuadas, guantes y protección de ojos / cara.
- S 45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).
- S 50: No mezclar con ácidos fuertes, bases, metales pesados y agentes reductores.
- S 61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de ficha de datos de seguridad.

5. DIÓXIDO DE SILICIO

5.1. Identificación del producto

Nombre: Aerosil 200

Fórmula química: SiO_2

Peso molecular: 60

5.2. Información de composición del producto

No aplicable

5.3. Identificación de riesgos

En base a los datos que poseemos, el producto no es una materia peligrosa según la ley sobre productos químicos y las disposiciones sobre materias peligrosas en vigor actualmente.

5.4. Información de primeros auxilios

- Contacto con la piel:

No son necesarias medidas especiales

- Ojos:

Posibles molestias por causa de cuerpos extraños. Con el párpado abierto, lavar a fondo, con mucha agua. En caso de molestias persistentes acudir al oculista.

- Inhalación:

En caso de liberación de polvo del producto: posibles molestias (tos, estornudos...) eventualmente llevar al afectado al aire libre.

- Ingestión:

Hacer enjuagar la boca con agua.

5.5. Medidas de lucha contra incendios

- Medios de extinción adecuados:
 - Todos los agentes de extinción son adecuados
- Riesgos de exposición a los gases de la combustión:
 - Ninguno conocido.
- Implicaciones complementarias:
 - El agua de extinción no debe llegar a las alcantarillas, al subsuelo ni a las aguas. Proveer suficientes dispositivos de retención del agua de extinción.
 - Retener el agua que se utiliza para la extinción del fuego. El agua de extinción contaminada debe ser eliminada de acuerdo con las disposiciones oficiales locales. Los residuos de incendio deben ser debidamente eliminados.

5.6. Medidas en caso de vertido accidental

- Precauciones individuales:
 - No son necesarias medidas especiales
- Métodos de limpieza:
 - Recoger mecánicamente y colocarlo en un recipiente adecuado.

5.7. Manipulación y almacenamiento

- Manipulación:

Para un manejo seguro, en determinados casos, aspiración del objeto. Evítese la acumulación de cargas electrostáticas para la protección contra incendio y explosión.

- Almacenamiento:

Conservar seco.

5.8. Controles de exposición y protección personal

- Indicaciones para la configuración de instalaciones técnicas:

No son necesarias indicaciones.

- Medidas generales de protección e higiene:

Deben observarse las medidas de precaución habituales en la manipulación de productos químicos. Durante el trabajo no se debe comer, beber, fumar... En caso de que exista la posibilidad de contacto con la piel o con los ojos, utilizar el equipo protector indicado para manos, ojos y para el cuerpo en general. Una vez excedidos los valores límite específicos, en el puesto de trabajo y /o liberadas grandes cantidades (derrames, vertidos, polvo...), utilizar el equipo respiratorio indicado.

- Protección de las manos:

Llevar guantes de protección fabricados con los siguientes materiales: tela, goma, cuero

- Protección de los ojos:

Gafas protectoras con protección lateral. Si aparece polvo: gafas de rejilla.

- Protección cutánea:

No se requiere equipo de protección especial. Se recomienda la protección preventiva de la piel. La ropa sucia debe lavarse tras su uso.

- Protección respiratoria:

No se requiere equipo de protección especial. Si aparece polvo: máscara contra el polvo con filtro de partículas P2.

5.9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto:	Polvo
Olor:	Inoloro
Color:	Blanco
Punto de fusión:	Aproximadamente 1700 °C
Densidad relativa:	2.2 g/c.c. (a 20 °C)
Densidad Compacta:	50 g/l
Solubilidad:	0.15 g/l
Valor pH	3.7 – 4.7 (20 °C)

5.10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: La descomposición empieza a > 2.000 °C

Productos de descomposición peligrosos: Ninguno conocido.

5.11. Información toxicológica

- Toxicidad aguda:
 - Valores DL/CL 50 relativos a la clasificación.
 - Toxicidad oral aguda: DL 50 > 10.000 mg/Kg, rata.
 - Toxicidad aguda dérmica: DL 50 > 5.000 mg/Kg, conejo.
 - Toxicidad inhalativa aguda: CL 50 > 0.139 mg/l/4h, rata.
 - Test limite (concentración máxima alcanzable experimentalmente): ninguna mortalidad observada
- Efecto irritante primario:
 - Irritación de la piel: no irritante
 - Irritación de las mucosas: no irritante
- Otras informaciones:
 - Mutagenidad: los experimentos efectuados in vitro e in vivo, no indican indicios de efectos mutagénicos.

5.12. Información ecológica

- Toxicidad acuática:

Toxicidad aguda en los peces: LC 50 (96 h) > 10.000 mg/l.

Toxicidad aguda en pdafnias: EC 50 (24 h) > 10.000 mg/l.

5.13. Consideraciones sobre la eliminación

Puede ser depositado con la basura doméstica observando las disposiciones técnicas necesarias, tras consulta con el encargado de la eliminación y las autoridades competentes.

5.14. Información reglamentaria

Clasificación y etiquetado de acuerdo con el reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

En base a los datos que poseemos, el producto no es una materia peligrosa según la ley sobre productos químicos y las disposiciones sobre materias peligrosas en vigor actualmente.

6. OCTOATO DE COBALTO

6.1. Identificación del producto

Nombre: Octoato de cobalto 6%

Nombre químico: Sal orgánica de cobalto

Peso molecular: 104

6.2. Información de composición del producto

Composición: Sal de cobalto de ácidos orgánicos.

6.3. Identificación de riesgos

- TLV: 100 ppm (disolvente). Efectos de exposición prolongada: precaución y cuidados.
- No contiene compuestos de plomo. Peligroso por ingestión o inhalación.
- Síntomas propios de irritación gastrointestinal con aparición de vómitos.
- La respiración en atmósfera de vapores concentrados, puede producir trastornos de coordinación y dolores de cabeza. Puede causar trastornos pulmonares.

6.4. Información de primeros auxilios

- Contacto con la piel:
Lavar con agua y jabón.

- Ojos:

Lavar con abundante agua hasta que descienda la irritación.

- Inhalación:

En caso de inhalación prolongada situar en atmósfera con aire fresco y puro, facilitar si fuera preciso respiración rica en oxígeno. Mantener a la víctima en reposo.

- Ingestión:

No provocar el vómito y ponerse en contacto urgentemente con un médico.

6.5. Medidas de lucha contra incendios

- Riesgos especiales de incendio:

- No se conocen.

- Medios de extinción adecuados:

- Extintor de polvo.

- Espuma carbónica, dióxido de carbono.

- Punto de inflamación: > 61 °C

- Límites de explosión: Inferior 1,1% / Superior 6,5%

6.6. Medidas en caso de vertido accidental

- Aislar la zona de vertido de cualquier punto de ignición.

- Cubrir o embeber con material absorbente inerte.

- Evitar acumulaciones en zonas sifónicas.

- Seguir las normas nacionales o autonómicas para casos de incendio.

- Los residuos deberán ser tratados de acuerdo con las normativas del estado o de la autonomía que corresponda.

6.7. Manipulación y almacenamiento

- Manipulación:
 - Protección respiratoria: Empleo de máscaras.
 - Protección ocular: Empleo de gafas cerradas o pantallas de protección.
 - Protección de la piel: Empleo de guantes impermeables.
- Almacenamiento:
 - Almacenar lejos de fuentes de calor.
 - Protección de instalaciones eléctricas antideflagrantes.
 - Trabajar siempre con recipientes conectados a tierra.
 - Mantener los recipientes bien cerrados mientras no se están utilizando.
 - Utilizar todas las medidas recomendadas para la manipulación de productos químicos.
- Materiales adecuados:
 - Utilización siempre de recipientes resistentes a hidrocarburos.
 - Materiales y recubrimientos no apropiados: caucho natural y butílico, poliestireno.
 - La compatibilidad con materiales plásticos es variable; se recomienda probar dicha compatibilidad antes de su uso.

6.8. Controles de exposición y protección personal

- Protección respiratoria:

En el caso de que se haya estado bajo los efectos de vapores durante tiempo prolongado, hacer uso de los equipos de respiración ayudada convenientes.

- Protección de las manos:

Han de utilizarse guantes de protección impermeables, a fin de minimizar el contacto con la piel.

- Protección de los ojos:

Utilizar gafas adecuadas o pantallas de protección. En caso de salpicaduras, lavar con abundante agua limpia.

6.9. Propiedades físicas y químicas

Composición:	Sal de cobalto de ácidos orgánicos
Contenido en metal:	Co 6%
Solución:	Disolvente hidrocarburos alifáticos
Rango de destilación:	180-240 °C
Peso específico:	0.890 – 0.920
Residuo no volátil:	Max. 40%
Densidad de vapor:	Superior al aire
Velocidad de evaporación:	Inferior a la del acetato de butilo

6.10. Estabilidad y reactividad

- Estabilidad: Es estable.

- Incompatibilidad: Fuerte con productos oxidantes energéticos.
- Descomposición con riesgo: Por combustión se generan oxidantes energéticos.
- Riesgos de polimerización: No existen.

6.11. Información toxicológica

Oral: Dato no disponible (> 2000 mg/Kg, estimado a partir de productos similares).

Inhalación: La respiración en atmósfera de vapores concentrados puede producir trastornos de coordinación y dolores de cabeza.

Contacto piel: Irritación de la piel. Contactos repetidos o prolongados pueden causar dermatitis.

6.12. Información ecológica

Basado en los componentes del producto y/o en sustancias estructuralmente similares, son de esperar los siguientes datos ecológicos:

- Consideraciones generales:
 - Insoluble en agua.
 - Evitar su vertido sobre la tierra y especialmente en caudales de agua o conducciones de cualquier tipo.

6.13. Consideraciones sobre la eliminación

Eliminar por decantación y embebiendo en materiales inerte tales como sílice, arena, etc. Eliminación de envases vacíos y materiales impregnados, únicamente en centro especializados y debidamente

autorizados.

6.14. Información reglamentaria

Clasificación y etiquetado de acuerdo con el reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

SIMBOLOS DE RIESGOS:

- Xi. Irritante.

Frases R:

- R 38: Irrita la piel.

Frases S:

- S 28: En caso de contacto con la piel, lávese inmediatamente y abundantemente con agua.
- S 36/37: Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados.

2. RIESGOS ESPECÍFICOS DEL ÁREA

2.1. LISTADO GENERAL DE LOS RIESGOS PRESENTES EN EL ÁREA

- Explosiones e incendios.
- Contacto dérmico, salpicadura de disolventes e inhalación de sustancias tóxicas e irritantes.
- Sensibilización por contacto con materiales no curados e impregnados con resina. Por ello es necesario el uso de guantes de protección personal.
- Vertido accidental de productos. Si no implica riesgo y es controlable se dará aviso del mismo a Medio Ambiente. Si se trata de una emergencia se utilizará el Teléfono de Emergencia Interior en la empresa.
- Atropello por vehículos (carretillas motoras). Se utilizará el aviso acústico de la carretilla para indicar el movimiento de esta y se prestará especial atención a los accesos y salidas de naves indicando previamente y con reiteración el paso de la misma. Asimismo se cuidará la velocidad de paso de los vehículos. Estos circularán por los pasillos.
- Caída de objetos por desplome, en manipulación o por desprendimiento, así como manejo de elementos o útiles procedentes de otras zonas.
- Riesgo de caída de útiles en el manejo o control.
- Riesgos de caídas a distinto nivel, desde andamios, escaleras, o desde la propia embarcación.
- Sobreesfuerzos.
- Riesgos de corte, al tocar los filos de los bordes de los elementos fabricados o reparados, así como también en el uso de herramientas

de corte, tijeras, cúteres o radiales. Se utilizarán los guantes para el manejo y movimiento de dichos elementos.

- Proyección de fragmentos o partículas así como polvo procedente de la limpieza. Proyección de partículas en las proximidades de la operación de desmoldeo y limpieza de útiles. Riesgo ocular.
- Es necesaria la protección ocular y de las vías respiratoria en los trabajos que se realicen mientras los operarios trabajan simultáneamente en lijado y recantado de elementos.
- Tropiezos con objetos salientes, así como golpe o choque con partes que sobresalgan.
- Riesgo de caída al mismo nivel por resbalamiento en los pasillos, así como en el interior del propio catamarán en la etapa de montaje.
- Contactos eléctricos.
- Electrocutión en el manejo de herramientas eléctricas, o en el montaje de la instalación eléctrica de la embarcación.
- Ruido.

2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EXISTENTES

- Normas de prevención y protección contra incendios.
- Protección perimétrica de aquellas máquinas e instalaciones que
- las necesiten, de acuerdo a las normativas vigentes. Exactamente en el caso de utilización de la grúa en las operaciones de desmoldeo y montaje de piezas en el interior del catamarán.
- El puente grúa estará equipado con avisadores acústicos y luminosos que se activan cuando está en movimiento.
- Se prohíbe el uso del puentes grúas sin permiso. Asimismo, se requiere para su manejo un certificado de formación y manejo.

- Prohibición de ingerir alimentos en la zona.
- La señalización de los riesgos presentes en las secciones se realizarán de acuerdo con el REAL DECRETO 485/1997.
- Se mantendrán siempre libres las vías de evacuación existentes.
- Se mantendrán siempre cerradas las puerta, así como portones de la nave mientras no se utilicen para carga/descarga de material o el acceso/salida de personal.
- Los materiales se apilarán y cargarán de manera segura, limpia y ordenada.
- Los pasillos y zonas de tránsito deberán estar libres de obstáculos.
- Las carretillas motoras se estacionarán en lugares habilitados para ello y con las pinzas en posición bajada.
- Los trabajadores nunca permanecerán aislados ni solos en lugares angostos o difícilmente accesibles, como por ejemplo los cascos del barco.
- Se solicitará información de riesgos a los técnicos coordinadores de obras ante aquellas instalaciones, tuberías o conducciones eléctricas sobre las que haya que realizar tarea, y de las cuales se desconozca su procedencia y/o funcionamiento.
- Para los trabajos en altura dentro de la nave se tomarán las medidas preventivas necesarias para la protección de las personas, bienes y equipos.

2.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES EPI'S RECOMENDADOS

A modo de resumen podemos señalar que los equipos serán:

- Gafas, calzado y guantes de seguridad.

- Protectores auditivos, protección de vías respiratorias y gafas panorámicas.
- Arnesees y elementos absorbedores de caídas para trabajos en altura, cuando no existan las protecciones o barandillas necesarias.

2.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Aunque se han detallado ya en cada una de las fichas de los productos químicos, y de una manera individual para cada uno de ellos, los equipos de protección individual, realizaremos un estudio de los mismos.

Los equipos de protección personal están regulados por el Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.

La ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de las misma serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores.

Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para la salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización del trabajo.

Se definen los equipos de protección individual (EPI's), como un dispositivo de uso individual, destinado a proteger la salud e integridad física del trabajador.

La función del equipo de protección personal no es reducir el “riesgo o peligro”, sino adecuar al individuo al medio y al grado de exposición.

Para la elección de los equipos de protección personal se llevarán a cabo las siguientes actuaciones:

- Se analizarán y evaluarán los riesgos existentes que no puedan evitarse o limitarse suficientemente por otros medios.
- Se definirán las características que deberán reunir los equipos de protección individual para garantizar su función, teniendo en cuenta la magnitud y naturaleza de los riesgos de los que deban proteger, así como los factores adicionales de riesgo que puedan construir los propios equipos de protección individual o su utilización.
- Se compararán las características de los equipos de protección individual existentes en el mercado con las definidas según lo señalado en el párrafo anterior.

Los EPI's que se utilizarán en el proceso de fabricación serán los indicados en los próximos apartados.

2.4.1. Protección de la cabeza

En función de la parte a proteger los equipos serán los siguientes:

- Craneal: los cascos están hechos con material resistente y su finalidad es proteger el cráneo de impactos, penetraciones o choques eléctricos. No sólo resisten el impacto sino que también absorben el choque hasta aproximadamente 300 Kg, estos cascos serán necesarios cuando se este trabajando con el puente grúa, tanto en fases de montaje de piezas, como en el desmoldeo de las mismas.

- Facial: los equipos contra la cara y cuello, contra impactos de partículas volantes, salpicaduras de líquidos perjudiciales, ofuscamiento y calor radiante.
- Ocular: “Gafas de seguridad”, es obligatoria su utilización en todos aquellos lugares donde exista riesgo de proyección de partículas, tales como en las secciones de carpintería.
- Auditiva: se facilitará al operario tapones, para trabajos en áreas de gran ruido, puede utilizarse conjuntamente con orejeras. Se recomienda su uso a partir de los 80 dB y obligatorio a partir de los 90 dB, es recomendable lavarse las manos antes de su colocación para evitar la posibilidad de infección. Generalmente se utilizarán cuando se use la cortadora radial y la lijadora eléctrica.

La otra opción sería la utilización de “Orejeras” con almohadillas acolchadas, confortables para ser utilizada durante largos periodos de tiempo.

2.4.2. Protección de las vías respiratorias

Se utilizará un equipo de protección respiratoria dependiente de la atmósfera.

Las mascarillas respiratorias desechables, para protegerse frente a los aerosoles sólidos, basados en agua y líquidos. Proporcionan una protección adecuada contra contaminantes de baja toxicidad en concentraciones de hasta 4,5 veces el Valor Límite de Exposición Profesional. La pieza de la barbilla tendrá un diseño tal que el usuario pueda hablar normalmente, al mismo tiempo que le garantice el máximo ajuste y comodidad. Serán utilizadas generalmente en la sección de carpintería, para evitar la inhalación de partículas de polvo, así como en la fase de laminación.

Se utilizarán además, máscaras de gases para la aplicación del *gelcoat*. Serán máscaras completas reutilizables. Presentarán un borde de silicona para un confort y una estanqueidad sin igual. Forma en U del borde de la máscara que permite una colocación automática. Máscara interior de silicona: confortable a la vez que evita el empañamiento del visor. Visor de

policarbonato de calidad óptica: tratamiento antiarañazos, resistencia a los golpes y a las proyecciones químicas, visión perfecta sin distorsiones. Presentará dos filtros desechables, los cuales deben cambiarse asiduamente para conseguir el rendimiento óptimo de la máscara.

2.4.3. Protección de las manos y brazos

Para los trabajos que requieran cualquier tipo de abrasión, corte o desgarrado se proporcionará “Guantes de *Kevlar*” adecuados para proteger la mayor protección mecánica posible, combinadas con un alto poder aislante frente a calor / frío o llamas.

Se proporcionará a los operarios “Guantes de látex” resistentes a los ataques químicos para evitar las agresiones químicas (sensibilización) debido a la acción del desmoldeante, resinas, disolvente de limpieza, siliconas y adhesivo.

De igual forma se proporcionará al trabajador guantes de corte y de seguridad, para realizar trabajos que impliquen la utilización de herramientas de corte o conlleven riesgo de daño por impactos mecánicos.

2.4.4. Protección de pies

Son necesarios para cubrir distintos riesgos:

- Caída por resbalón (el suelo podría estar mojado por derrame accidental de disolvente o producto líquido): por ello es conveniente la utilización de un calzado con suela antideslizante.
- Riesgo de las salpicaduras: se proporcionará un calzado que a su vez sea impermeable.
- Daño por objeto pesado: el calzado debe estar provisto de puntera reforzada para evitar daños en el pie.

Por todos estos riesgos, se utilizarán unas botas antideslizantes de cuero, goma o similar con diseño apropiado en la suela, reforzadas en la

puntera y resistentes a los productos químicos.

2.4.5. Protección total del cuerpo

Todos los operarios que están trabajando en el Astillero, lo harán provistos de un mono de trabajo.

De manera que éste evitará cualquier contacto con los productos químicos a utilizar, principalmente resinas y pinturas.

FICHAS DE ESCANTILLONADOS

Esta sección está constituida por las fichas de los escantillonados. Debiendo existir una ficha por cada uno de los moldes necesarios para la construcción de las diferentes componentes de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) que llevará el catamarán en estudio.

Cada una de las fichas presenta el contenido que se indica a continuación:

- Una ilustración del molde en concreto, para facilitar de esta manera la identificación de la pieza, y evitar así que puedan producirse equívocos por parte de los operarios a la hora de laminar.
- Información relativa a la superficie que presenta el molde, así como el peso que llevará la pieza tanto de fibra, como de resina, como su peso total.
- Una tabla con el estudio propiamente dicho de los escantillones o espesores, donde puede observarse el número de capas que se deben aplicar, así como el tipo de refuerzo y el gramaje del mismo, apareciendo también los datos correspondientes al espesor que se va a obtener con cada una de las capas, el peso de la resina y peso del laminado que presentará por metro cuadrado de superficie, tanto cada una de las capas, como el total de las mismas. Dicho estudio habrá sido realizado por el Ingeniero diseñador del buque, y el estudio que implica el desglose de las capas que conforman cada una de las piezas no se incluye dentro del alcance de este proyecto.
- Algunas de las piezas no llevarán el mismo laminado por toda la superficie, sino que puede presentar diferentes zonas, de forma que cada zona deberá llevar un tipo de refuerzo determinado, o un número diferentes de capas. Para aquellas piezas en las que sea aplicable, las fichas irán preparadas de modo que se realice la diferenciación de zonas por colores en la ficha, tanto en el estudio de

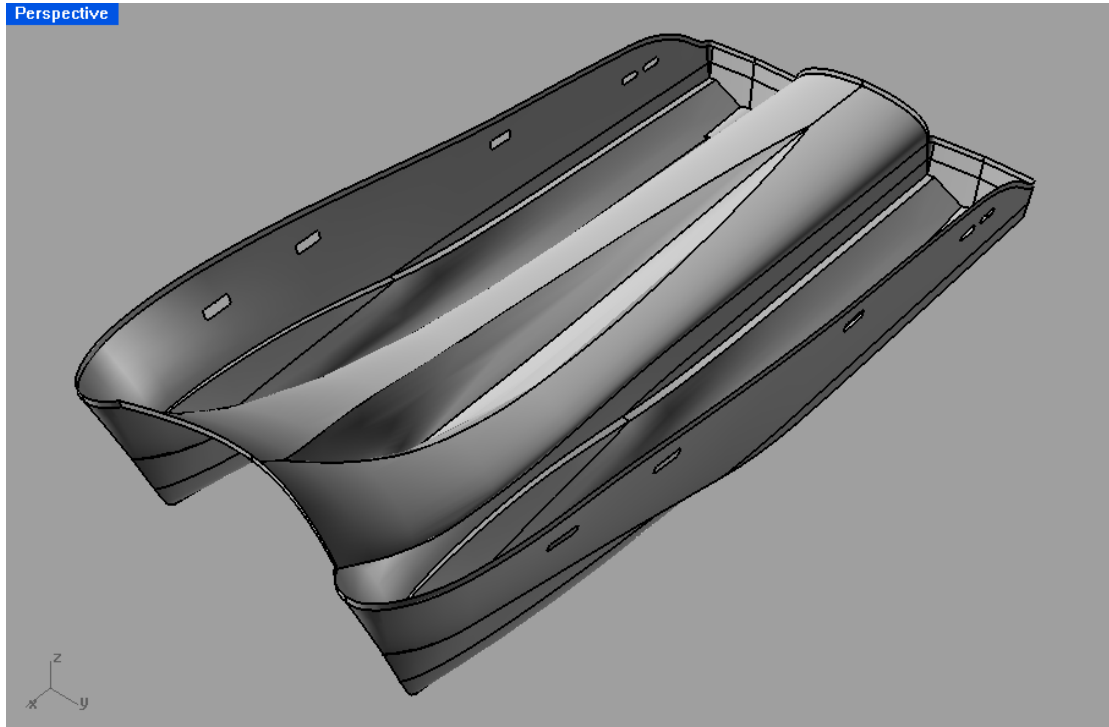
los datos y de las capas, como en imágenes, para de esta manera facilitar el entendimiento para los operarios.

- Por último, la ficha presentará cuatro vistas de la pieza: superior, frontal, derecha, y perspectiva. Estas vistas irán perfectamente acotadas, definiendo todas sus medidas, y facilitando además la identificación correcta de cada molde, y pudiéndose estudiar exactamente las formas y dimensiones de la pieza o del molde sin necesidad de tenerlos presente físicamente, lo que ayuda notablemente a la Oficina Técnica, pudiendo realizar cualquier tipo de modificación, indicación, u observación que sea necesaria para la mejora del producto.

Estas fichas deberán estar presentes en la Zona de Laminación del Astillero, siendo lo más deseable que la ficha de cada pieza en particular se encuentre presente en la región que le corresponde a cada molde, tal y como viene indicado en la distribución de la planta, pero si la ficha por algún motivo dificulta la operación de fabricación de la pieza, debido a que ésta por ejemplo sea de pequeñas dimensiones, o cualquier otra circunstancia, se colocarán entonces en un tablón que se dispondrá en la Zona de Laminación, donde se mantendrán a la vista de todos los operarios para que puedan consultarlas siempre que lo necesiten.

A continuación se dispondrán las fichas de las piezas. He de indicar que en este proyecto no se adjuntará el estudio de todas y cada una de las piezas de PRFV que constituyen la embarcación, añadiéndose entonces únicamente algunas de las mismas, para de esta manera salvaguardar la confidencialidad y los derechos del Ingeniero diseñador del buque. Así mismo y por la misma razón, las cuatro vistas principales no presentarán ninguna cota que pueda revelar las dimensiones reales de las piezas.

CASCO PATINES Y CENTRAL



COSTADO EXTERIOR	
Superficie (m ²)	30
Peso fibra (Kg)	185
Peso resina (Kg)	416
Peso total (Kg)	601

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
0	Gelcoat	0		600	
1	CSM	300	0,626	750	1050
2	CSM	450	0,939	1125	1575
3	CSM	600	1,251	1500	2100
4	CSM	600	1,251	1500	2100
5	CSM	600	1,251	1500	2100
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	300	0,626	750	1050
8	WR	500	0,614	750	1250
9	CSM	300	0,626	750	1050
10	WR	500	0,614	750	1250

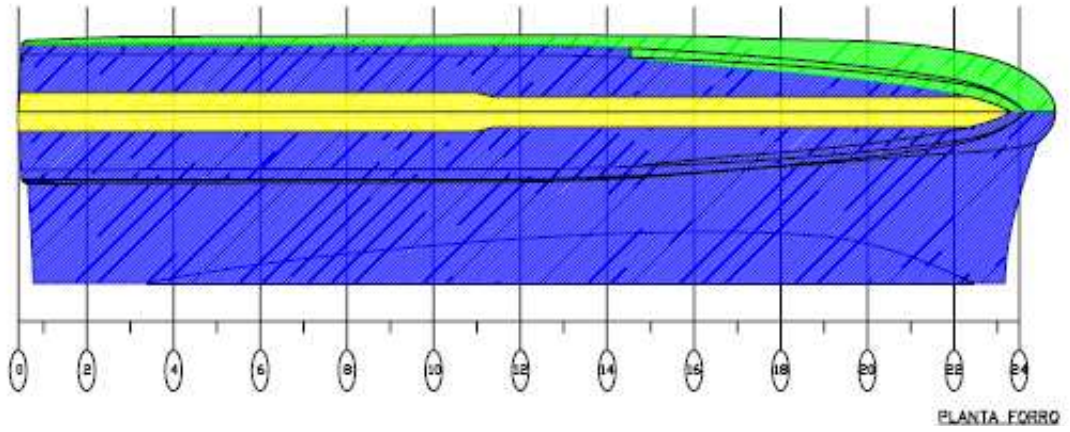
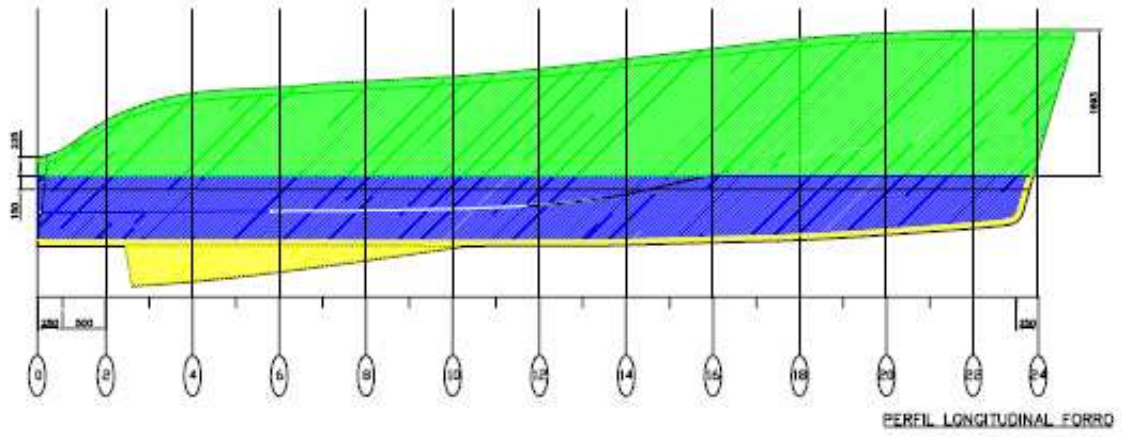
11	CSM	300	0,626	750	1050
12	CSM	600	1,251	1500	2100
13	CSM	600	1,251	1500	2100
Total		6150	11,540	13875	20025

FONDO Y COSTADO INTERIOR	
Superficie (m ²)	92,5
Peso fibra (Kg)	661
Peso resina (Kg)	1368
Peso total (Kg)	2028

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
0	Gelcoat	0		600	
1	CSM	300	0,626	750	1050
2	CSM	450	0,939	1125	1575
3	CSM	600	1,251	1500	2100
4	CSM	600	1,251	1500	2100
5	CSM	600	1,251	1500	2100
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	300	0,626	750	1050
8	WR	500	0,614	750	1250
9	CSM	300	0,626	750	1050
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	300	0,626	750	1050
12	WR	500	0,614	750	1250
13	CSM	300	0,626	750	1050
14	WR	500	0,614	750	1250
15	CSM	300	0,626	750	1050
16	CSM	600	1,251	900	1500
Total		7150	12,769	15375	21925

QUILLA	
Superficie (m ²)	5,8
Peso fibra (Kg)	59
Peso resina (Kg)	124
Peso total (Kg)	183

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	CSM	300	0,626	750	1050
2	CSM	450	0,939	1125	1575
3	CSM	600	1,251	1500	2100
4	CSM	600	1,251	1500	2100
5	CSM	600	1,251	1500	2100
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	300	0,626	750	1050
8	WR	500	0,614	750	1250
9	CSM	300	0,626	750	1050
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	300	0,626	750	1050
12	WR	500	0,614	750	1250
13	CSM	300	0,626	750	1050
14	WR	500	0,614	750	1250
15	CSM	300	0,626	750	1050
16	CSM	600	1,251	1500	2100
17	WR	500	0,614	750	1250
18	CSM	300	0,626	750	1050
19	WR	500	0,614	750	1250
20	CSM	300	0,626	750	1050
21	WR	500	0,614	750	1250
22	CSM	300	0,626	750	1050
23	CSM	600	1,251	1500	2100
Total		10150	6,558	21375	31525

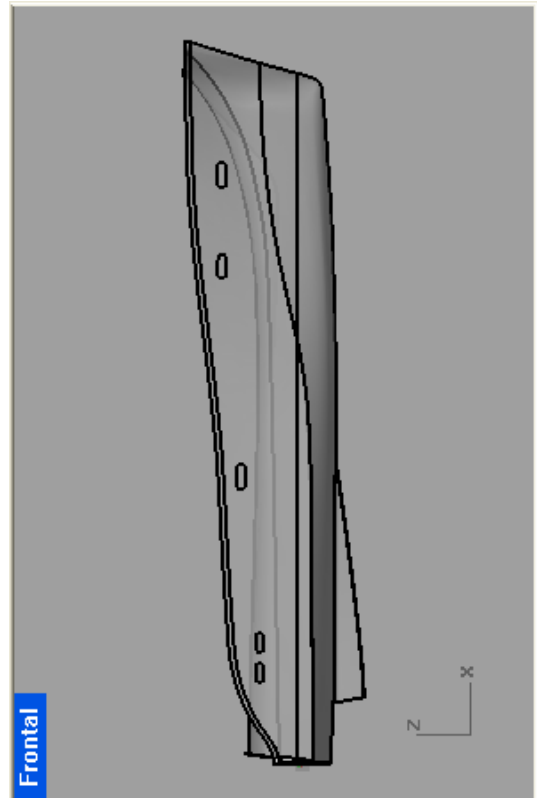
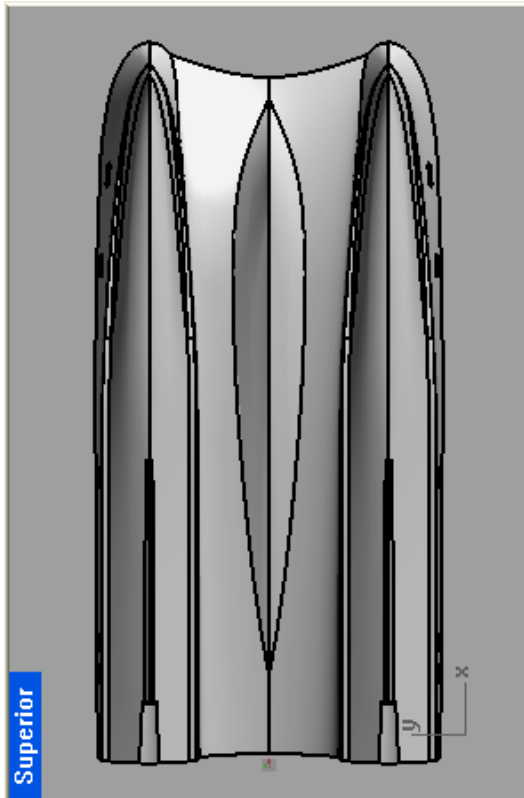
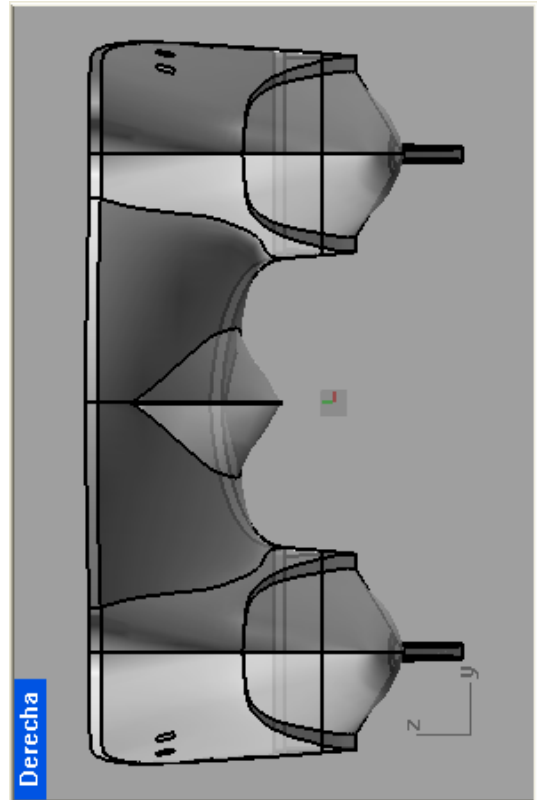
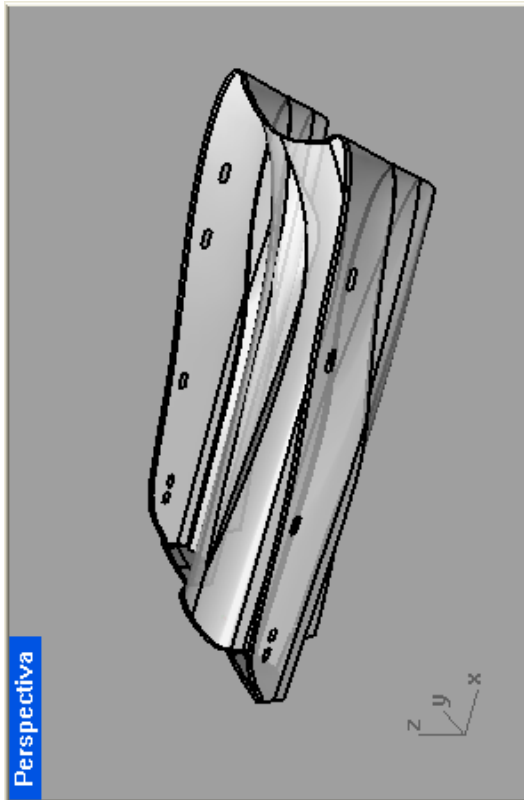


CUADERNAS DE FONDO
CUADERNAS COSTADO INTERIOR
CUADERNAS COSTADO EXTERIOR
REFUERZOS LONGITUDINALES DEL FONDO
REFUERZOS LONGITUDINALES COSTADO INTERIOR
REFUERZOS LONGITUDINALES COSTADO EXTERIOR
BAO EN WET DECK

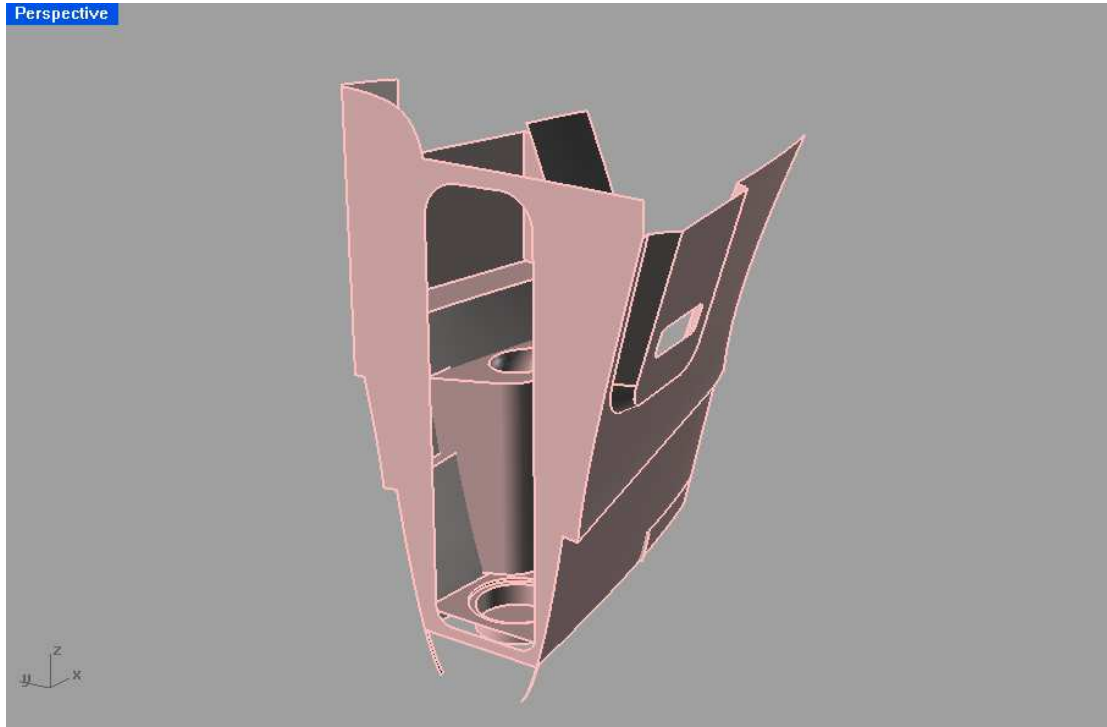
Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	CSM	300	0,626	510	810
2	WR	500	0,614	440	940
3	CSM	600	1,251	440	1040
4	WR	500	0,614	440	940
5	CSM	300	0,626	510	810
6	WR	500	0,614	440	940
Total		2700	4,343	5250	7950

VARENGAS

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	CSM	300	0,626	510	810
2	WR	500	0,614	440	940
3	CSM	600	1,251	440	1040
4	WR	500	0,614	440	940
5	CSM	300	0,626	510	810
6	WR	500	0,614	440	940
7	CSM	300	0,626	510	810
8	WR	500	0,614	440	940
Total		3500	5,585	3730	7230

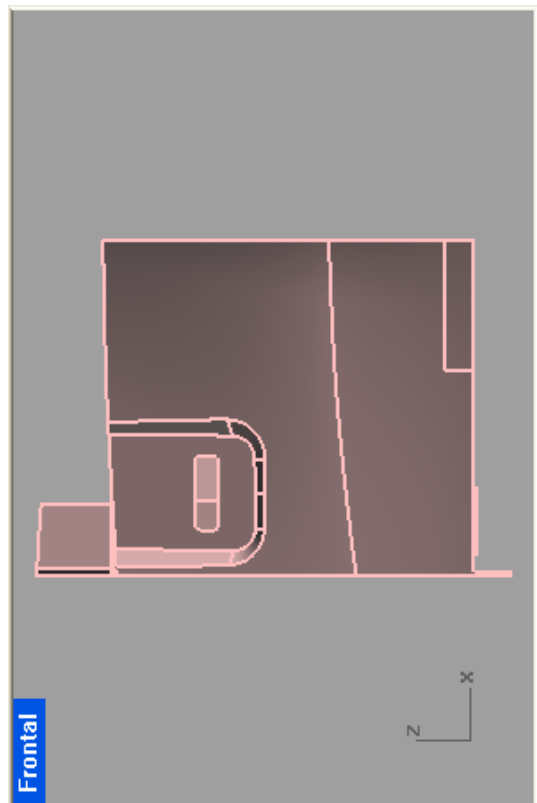
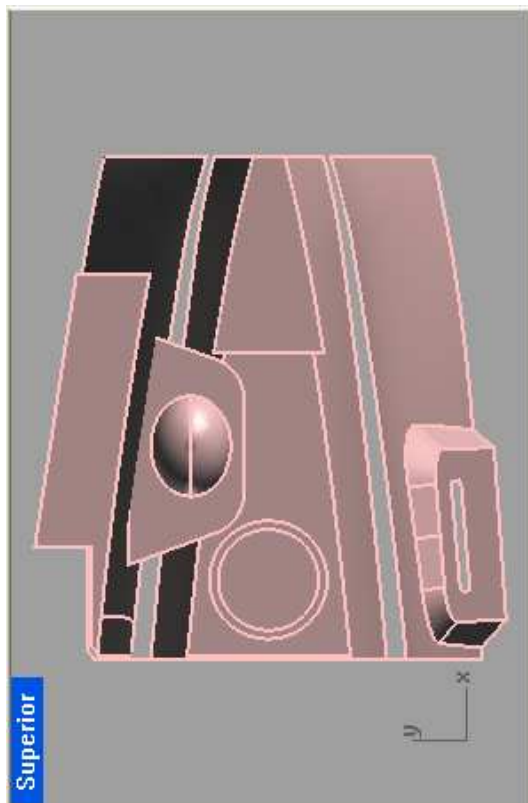
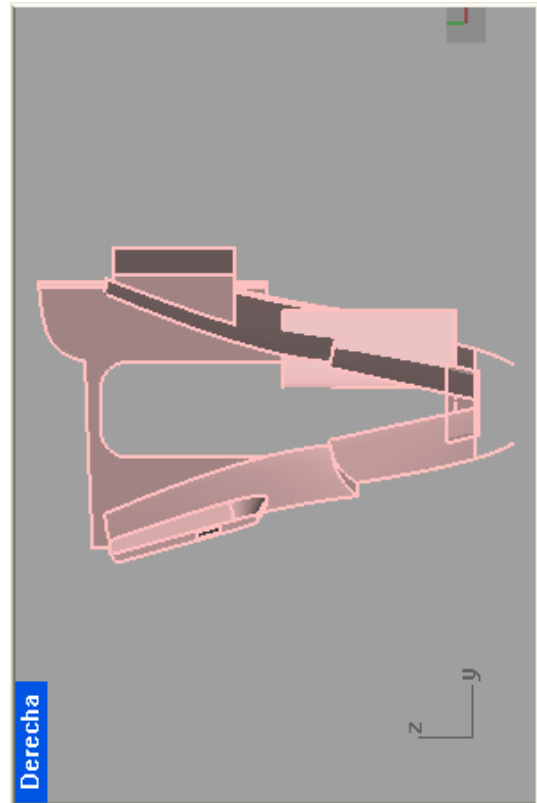
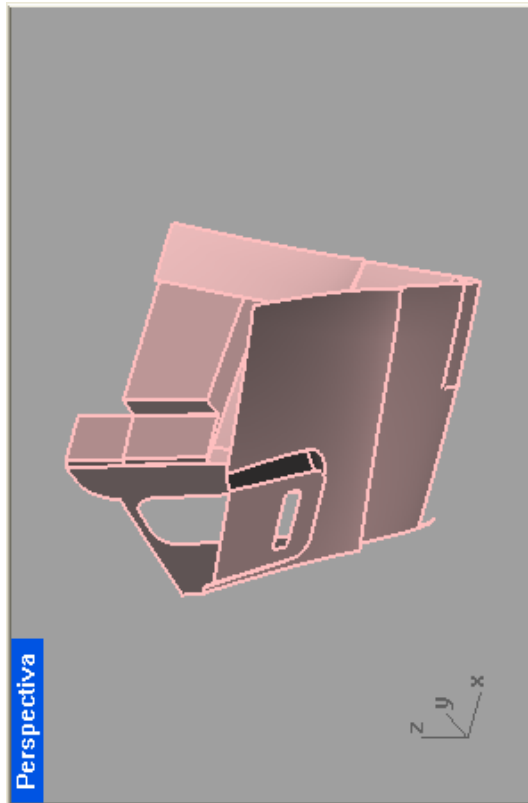


BAÑO DE ESTRIBOR

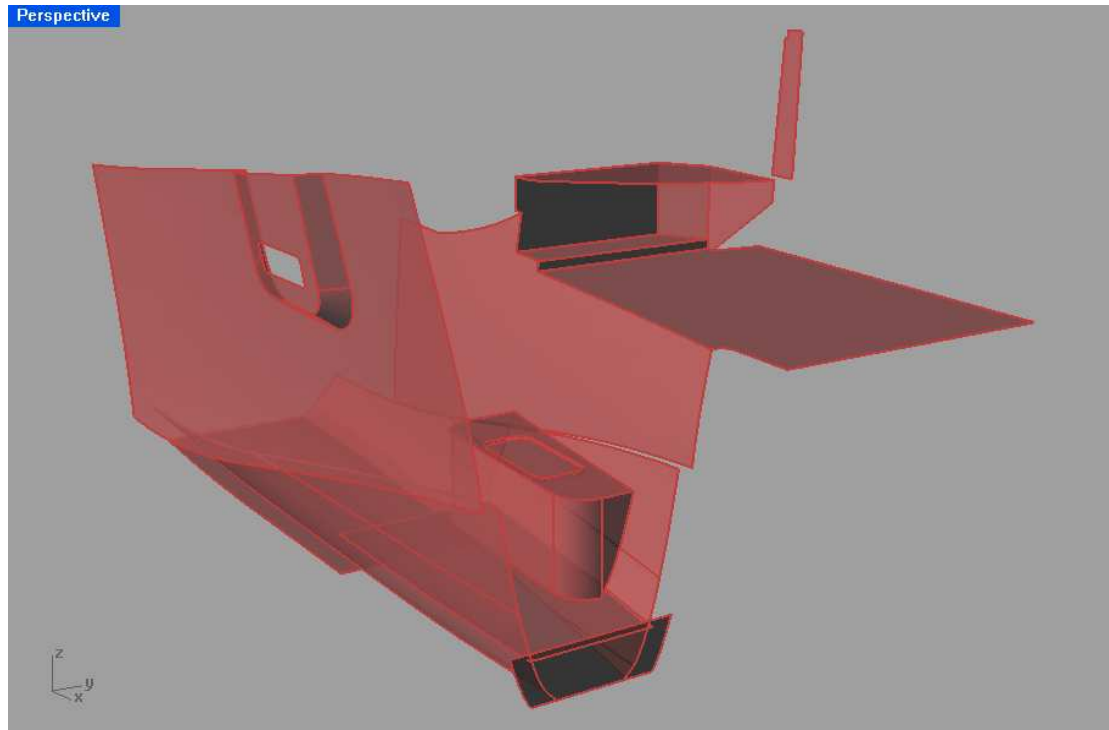


Superficie (m²)	11,90
Peso fibra (Kg)	26
Peso resina (Kg)	77
Peso total (Kg)	104

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

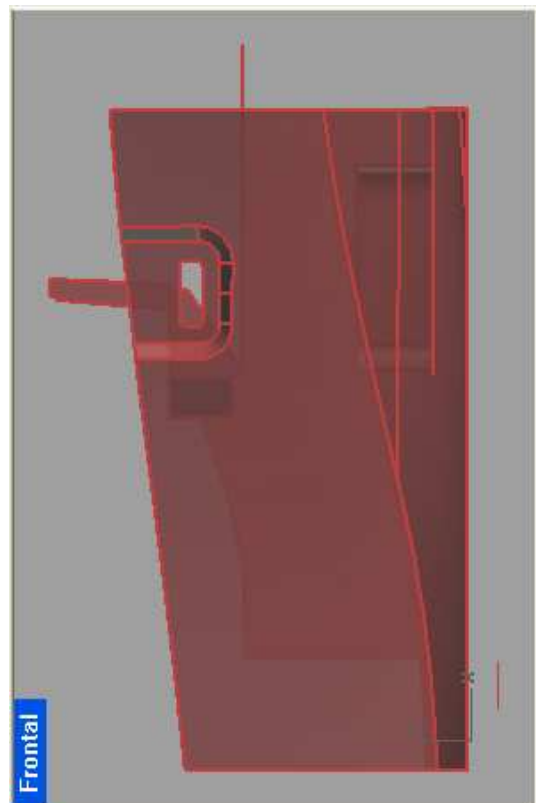
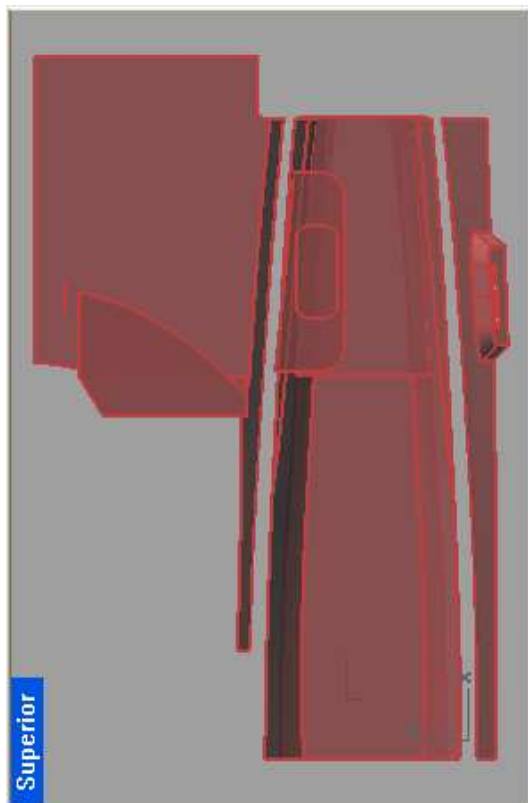
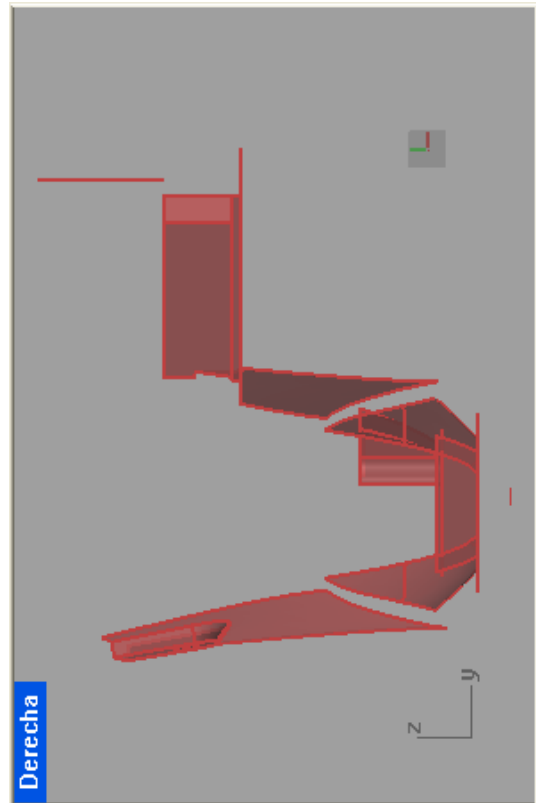
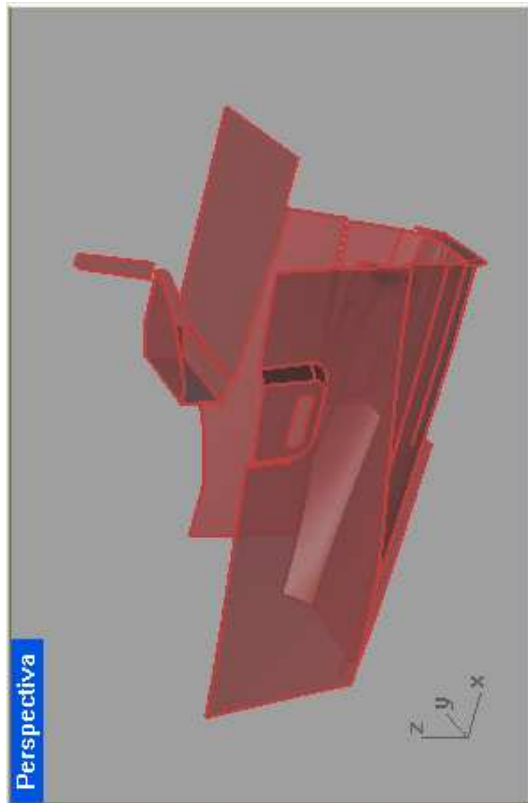


CAMAROTE PROA ESTRIBOR

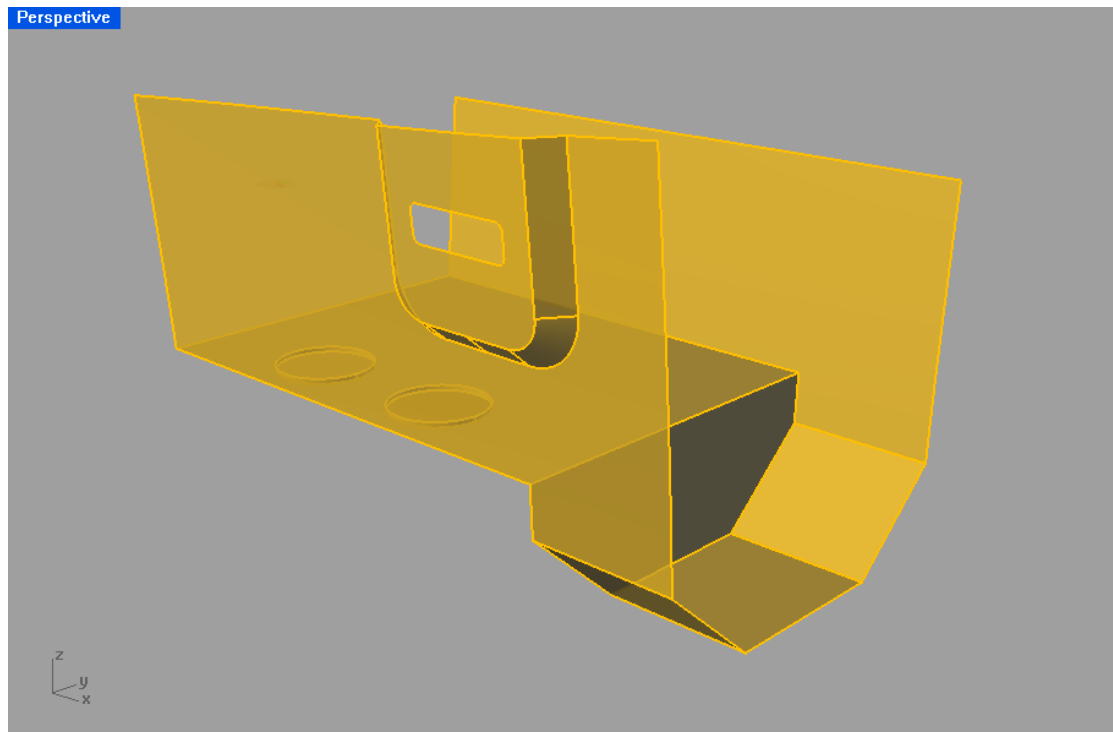


Superficie (m²)	21,11
Peso fibra (Kg)	47
Peso resina (Kg)	137
Peso total (Kg)	184

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m²)	Peso Laminado (g/m²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

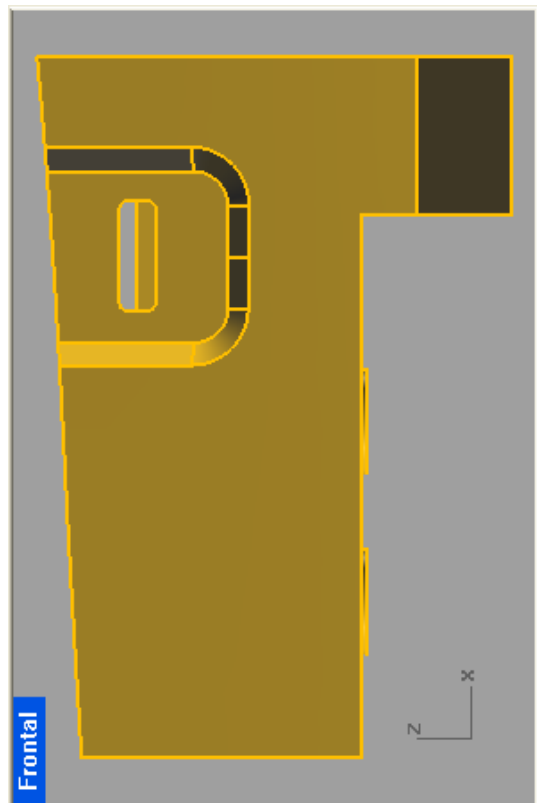
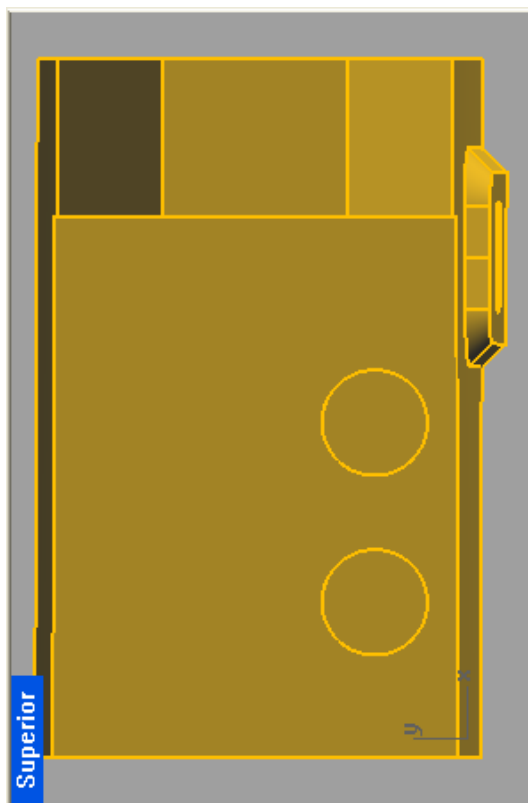
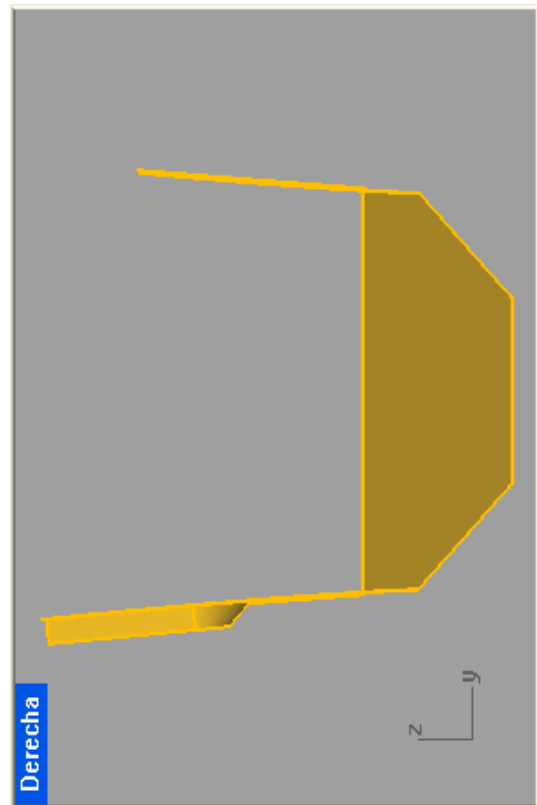


CAMAROTE POPA ESTRIBOR

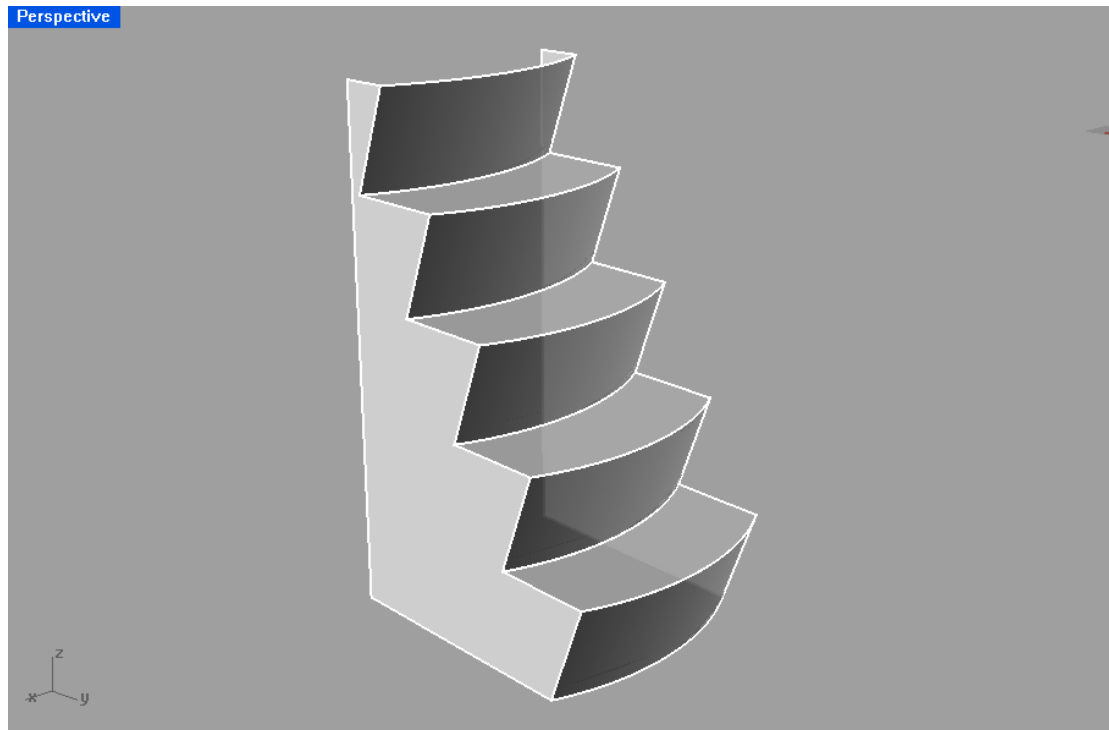


Superficie (m²)	9,11
Peso fibra (Kg)	20
Peso resina (Kg)	59
Peso total (Kg)	79

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m²)	Peso Laminado (g/m²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

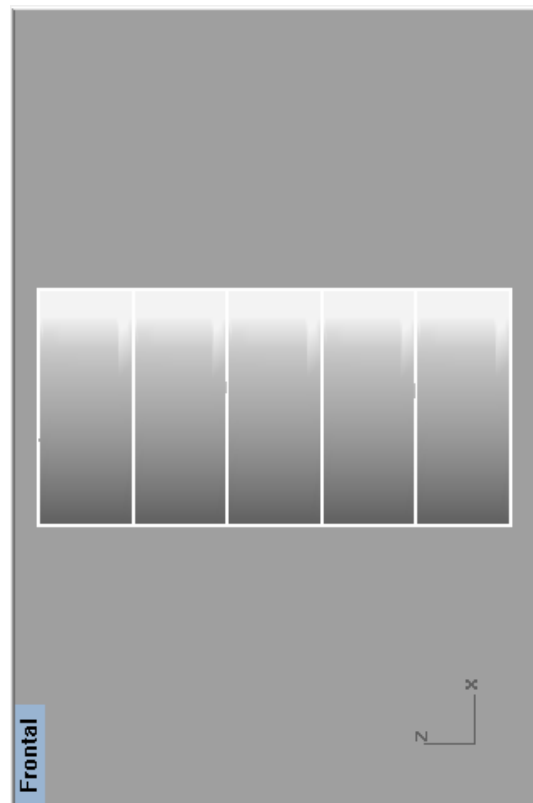
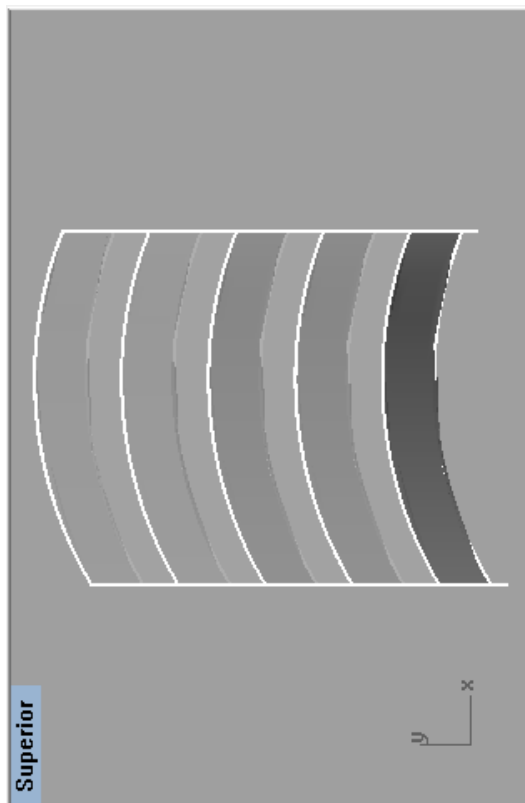
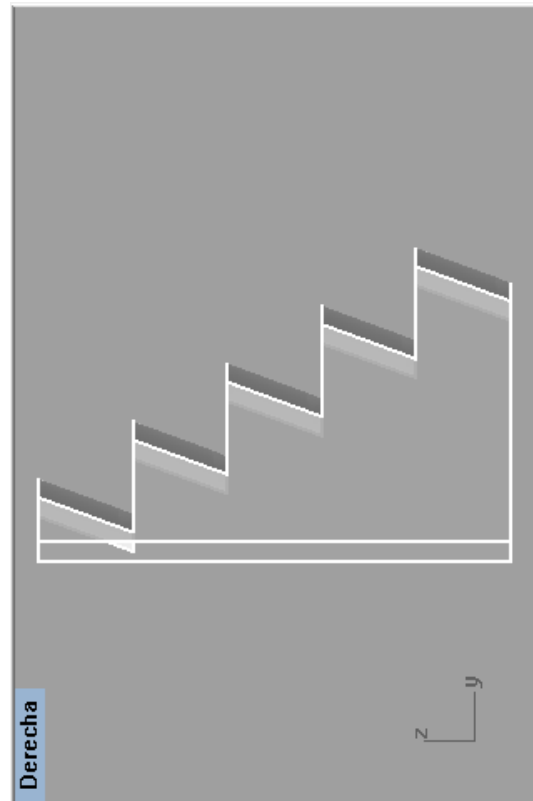
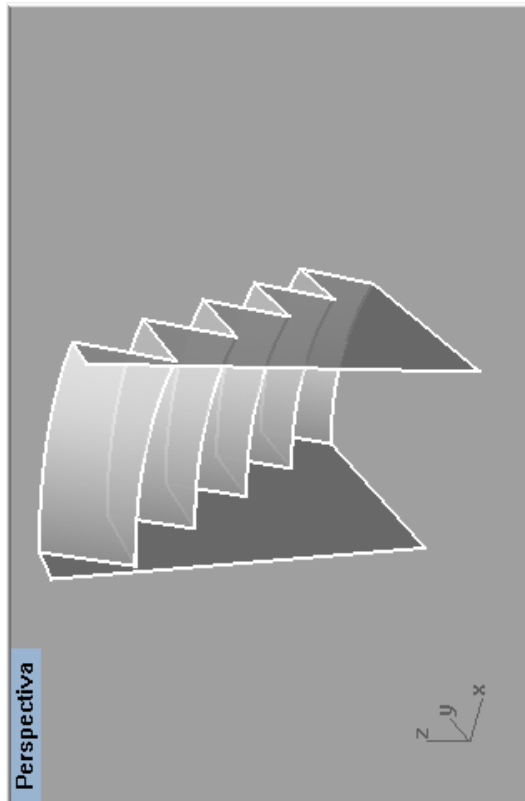


ESCALERA DE BAJADA A CAMAROTES

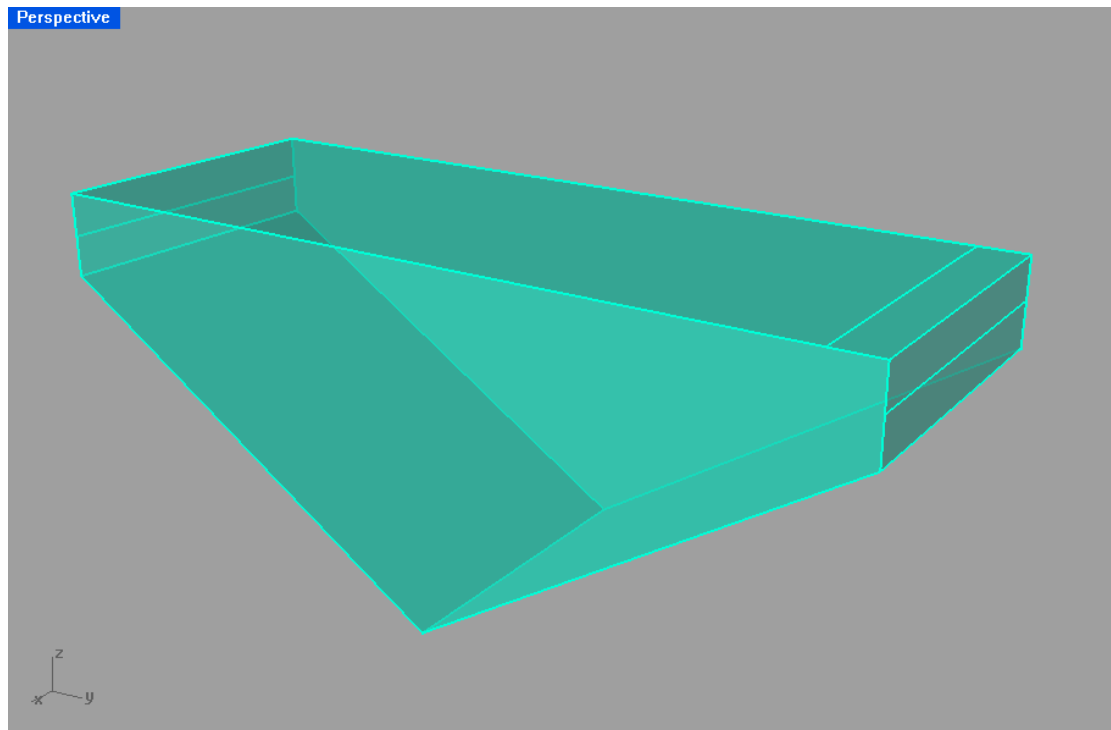


Superficie (m²)	2,64
Peso fibra (Kg)	6
Peso resina (Kg)	17
Peso total (Kg)	23

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m²)	Peso Laminado (g/m²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

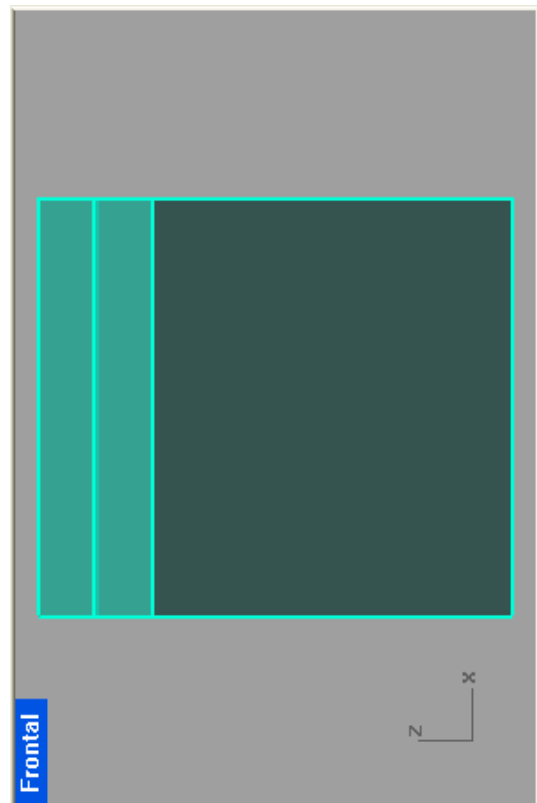
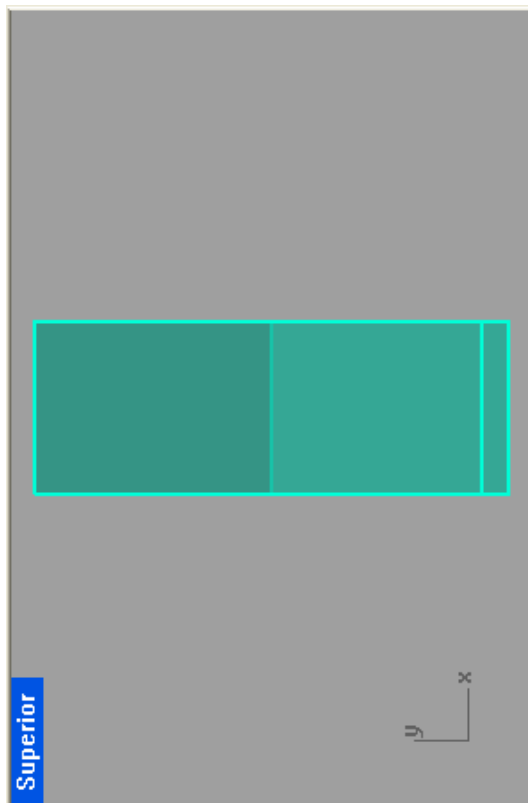
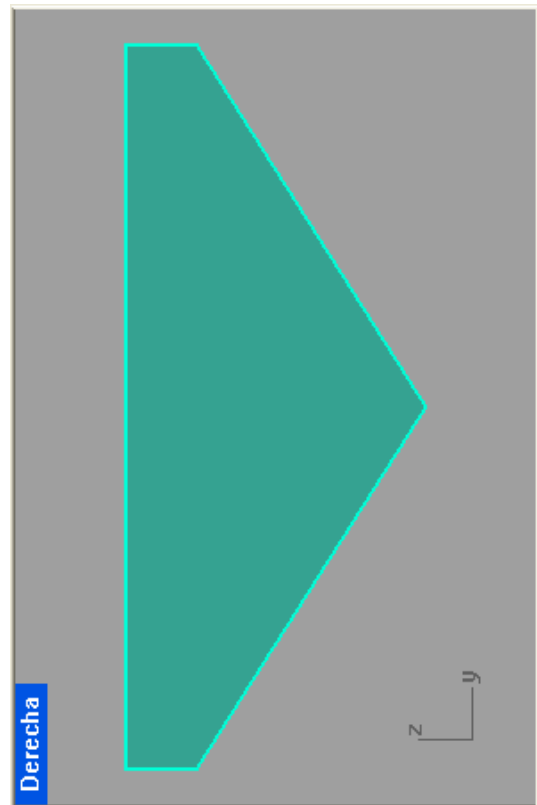
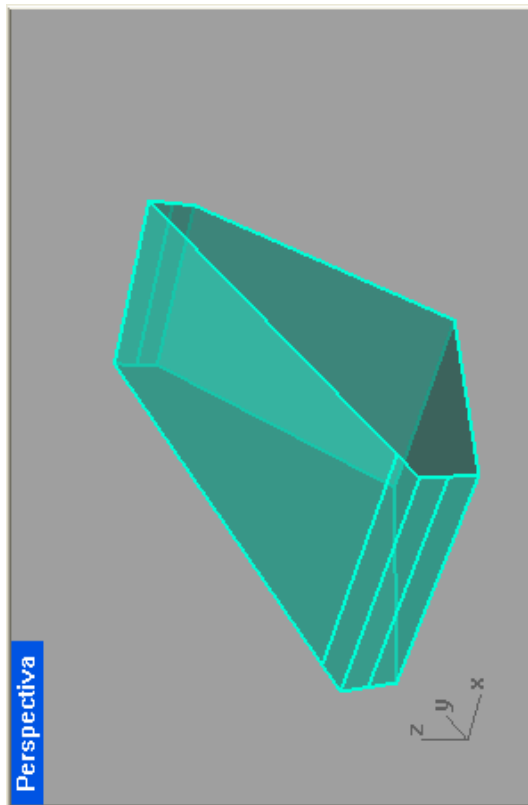


DEPÓSITO DE AGUA

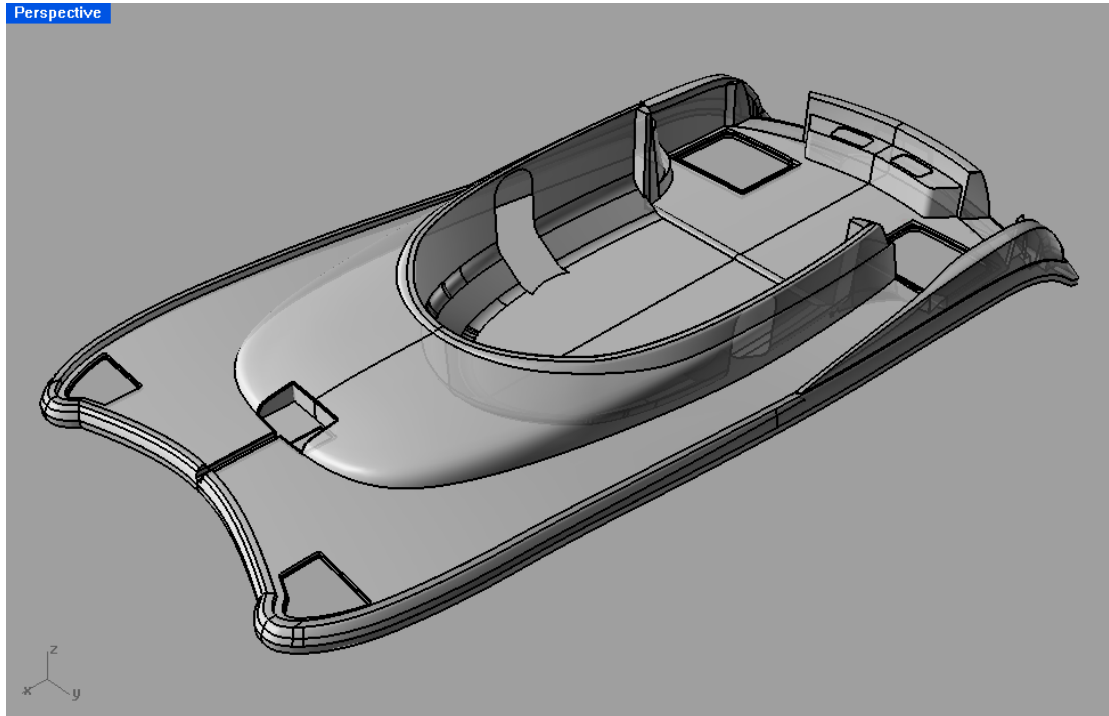


Superficie (m²)	2,6
Peso fibra (Kg)	7
Peso resina (Kg)	19
Peso total (Kg)	26

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	WR	500	0,614	750	1250
6	CSM	450	0,939	1125	1575
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	450	0,939	1125	1575
Total		3100	5,61	7350	9850



CUBIERTA



Superficie (m²)	106,92
Peso fibra (Kg)	517
Peso resina (Kg)	1012
Peso total (Kg)	1529

LAMINADO BASE

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575

ZONA AMARILLA

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
8	Coremat	210	3	2000	2210
9	CSM	450	0,939	1125	1575
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	300	0,626	750	1050
Total		4060	10,175	11225	14685

ZONA VERDE

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
8	WR	500	0,614	400	900
9	CSM	450	0,939	1125	1575
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	450	0,939	1125	1575
12	WR	500	0,614	750	1250
13	CSM	450	0,939	1125	1575
14	WR	500	0,614	750	1250
15	CSM	300	0,626	750	1050
Total		6250	10,895	10000	19025

ZONA AZUL

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
8	PVC	800	10	400	1200
9	CSM	450	0,939	1125	1575
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	300	0,626	750	1050
Total		4650	17,175	9625	13675

ZONA ROSA

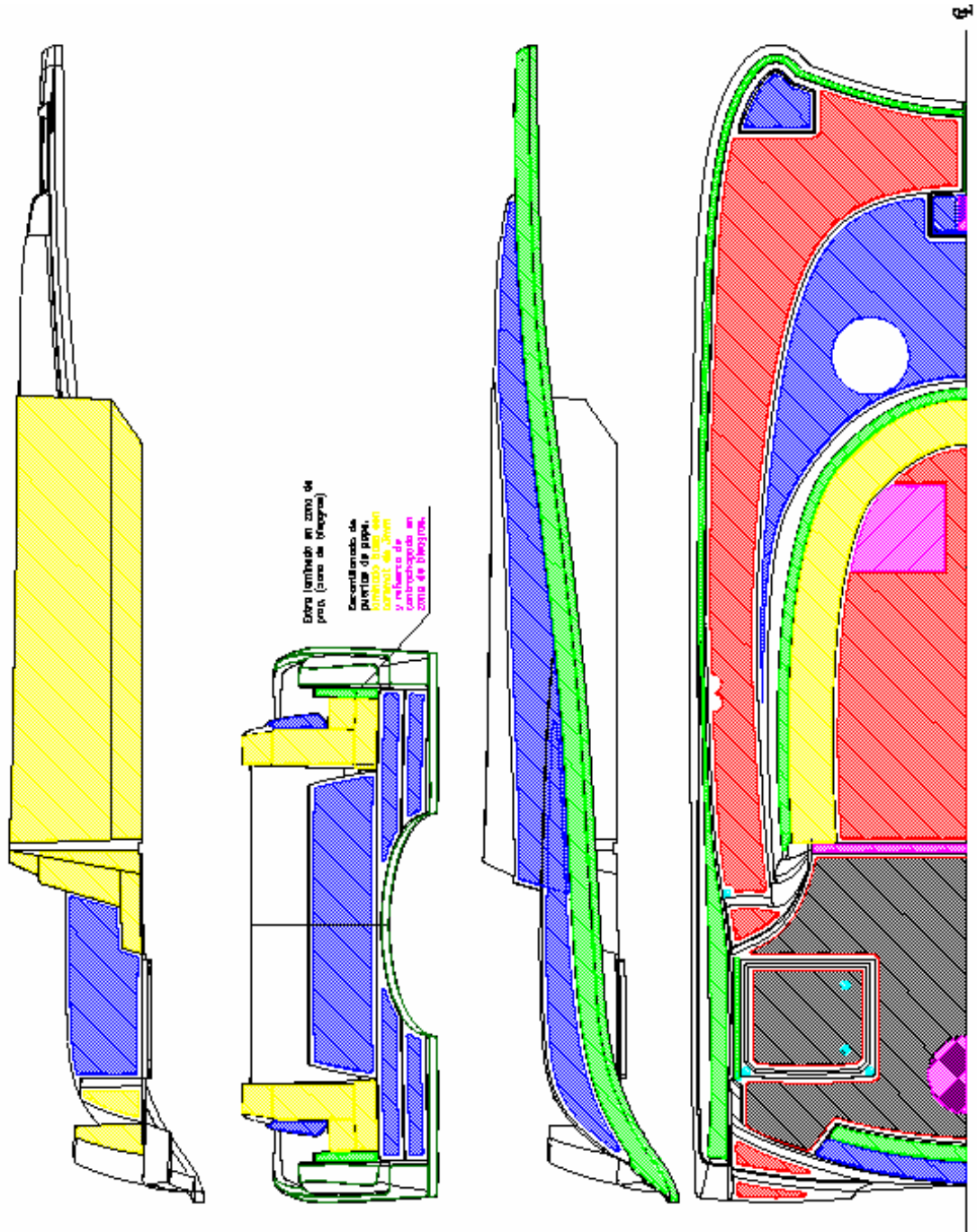
Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
8	Tablero	6000	12	400	6400
9	CSM	450	0,939	1125	1575
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	300	0,626	750	1050
Total		9850	19,175	9625	18875

ZONA ROJA

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
8	PVC	1600	20	400	2000
9	CSM	450	0,939	1125	1575
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	300	0,626	750	1050
Total		5450	27,175	9625	14475

ZONA GRIS

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
8	WR	500	0,614	400	900
9	CSM	450	0,939	1125	1575
10	WR	500	0,614	750	1250
11	CSM	450	0,939	1125	1575
12	PVC	800	10	400	1200
13	WR	450	0,614	675	1125
14	CSM	500	0,626	1250	1750
15	CSM	300	0,626	750	1050
Total		6550	19,968	13075	19025

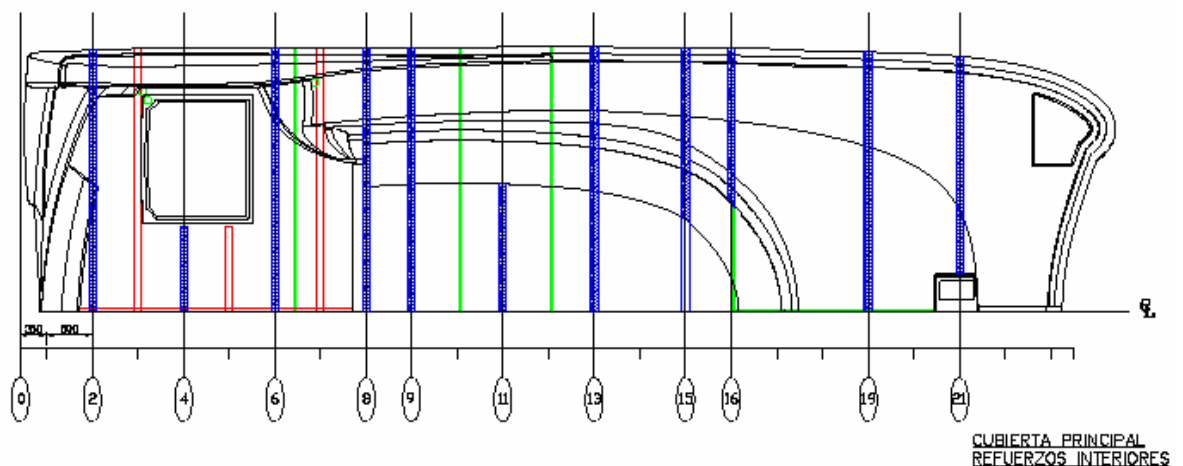


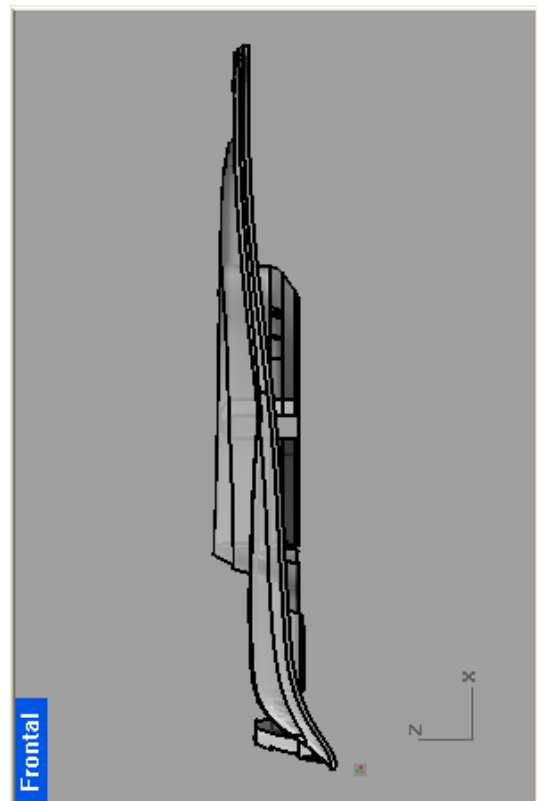
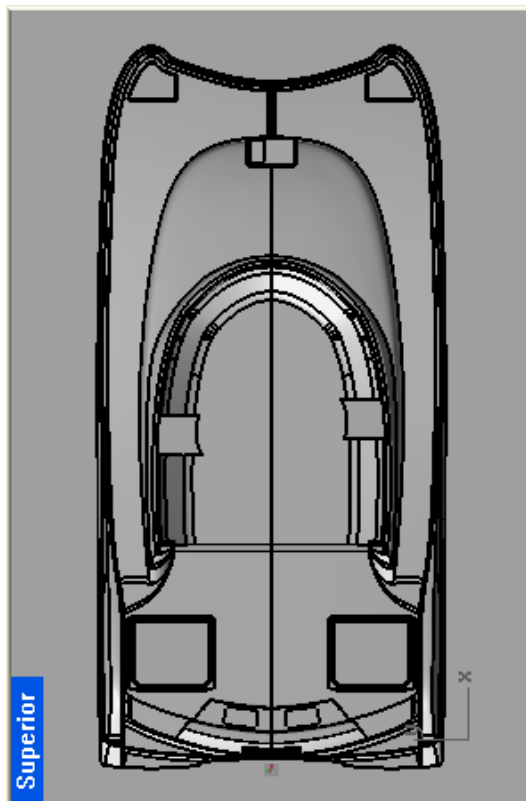
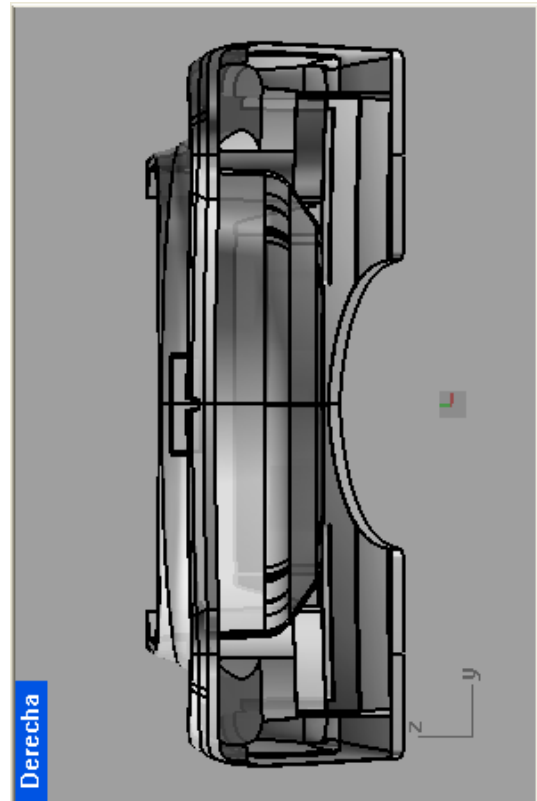
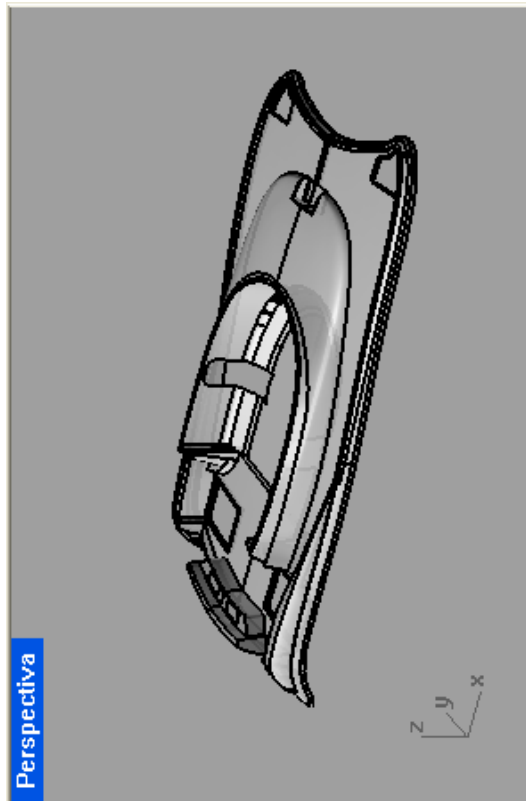
BAOS PLATAFORMA

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	CSM	300	0,626	510	810
2	WR	500	0,614	440	940
3	CSM	600	0,626	440	1040
4	WR	500	0,614	440	940
5	CSM	300	0,626	510	810
6	WR	500	0,614	440	940
7	CSM	300	0,626	510	810
8	WR	500	0,614	440	940
Total		3500	4,96	3730	7230

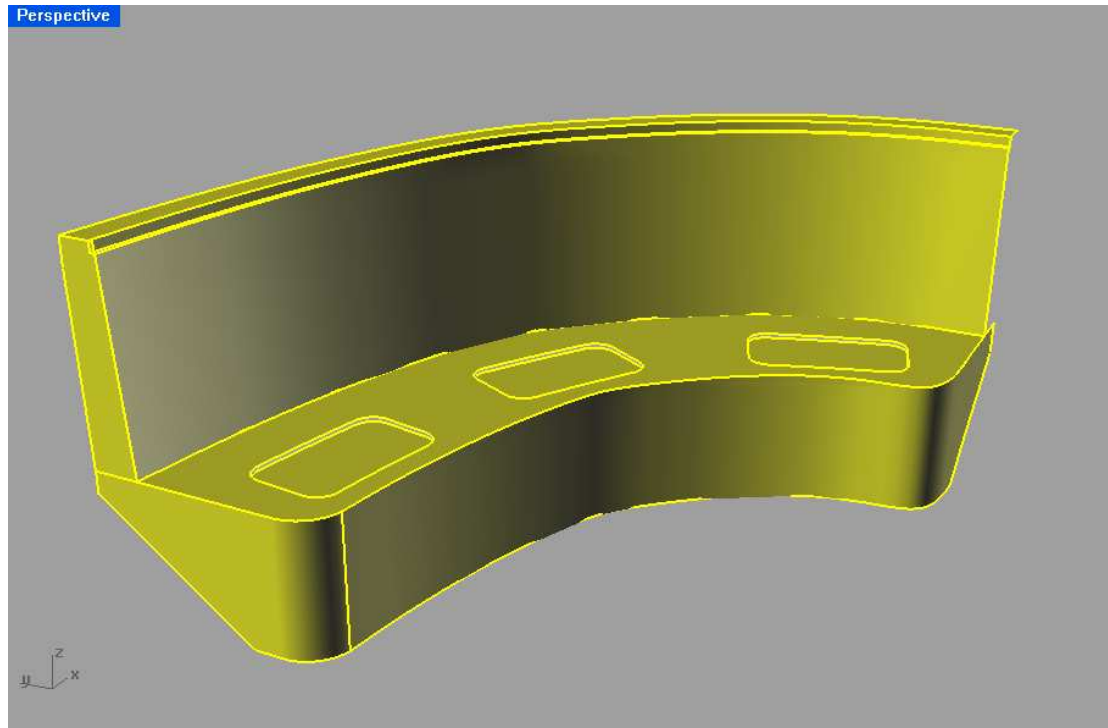
REFUERZOS CUBIERTA

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	CSM	300	0,6	510	810
2	WR	500	0,73	440	940
3	CSM	300	0,6	510	810
4	WR	500	0,73	440	940
5	CSM	300	0,6	510	810
Total		1900	3,26	2410	4310



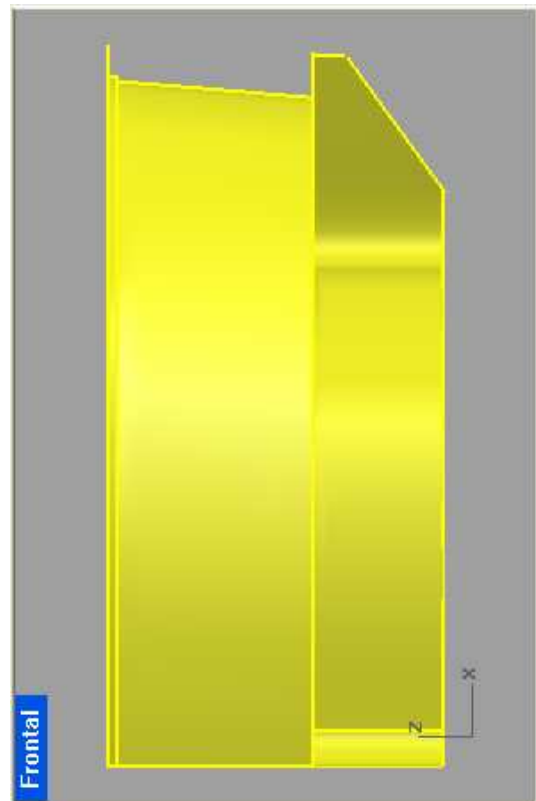
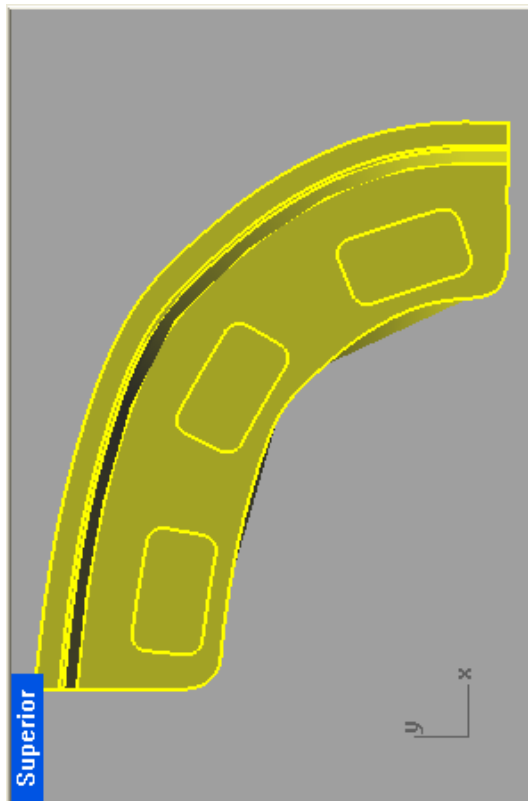
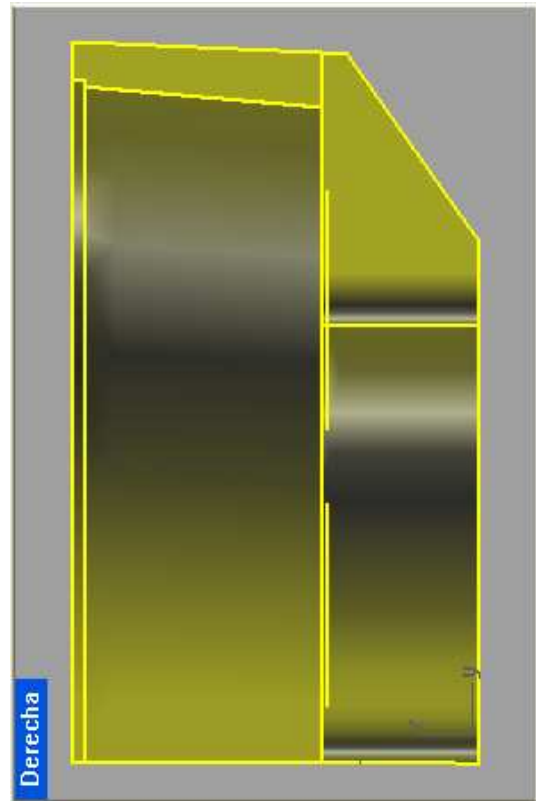
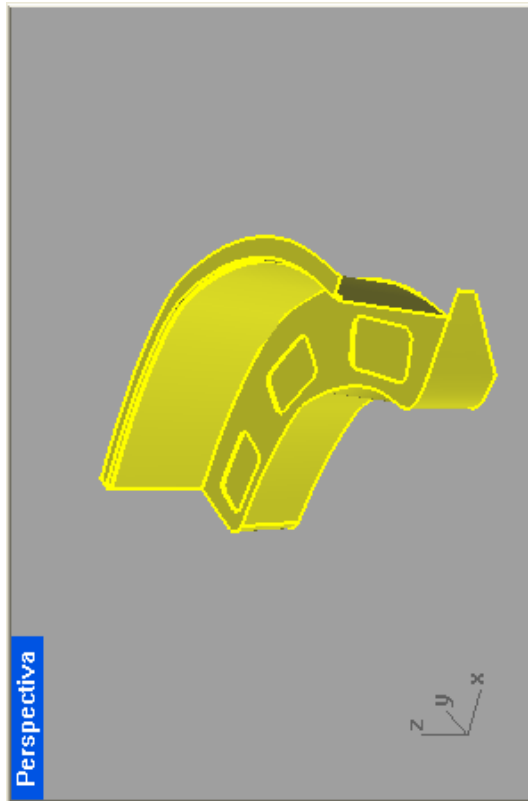


SOFÁ SALÓN

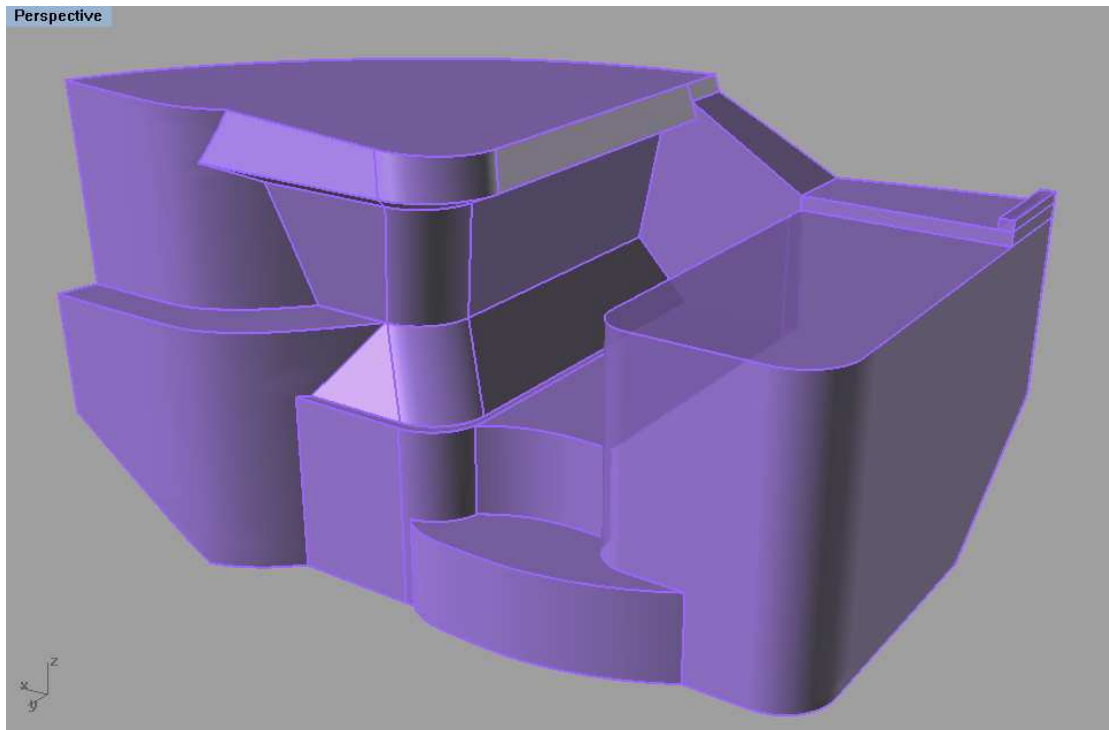


Superficie (m²)	6,02
Peso fibra (Kg)	13
Peso resina (Kg)	39
Peso total (Kg)	52

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

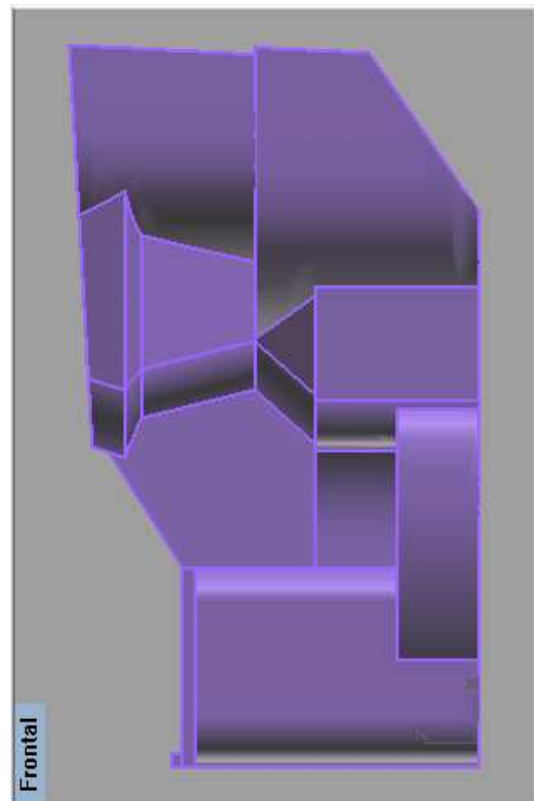
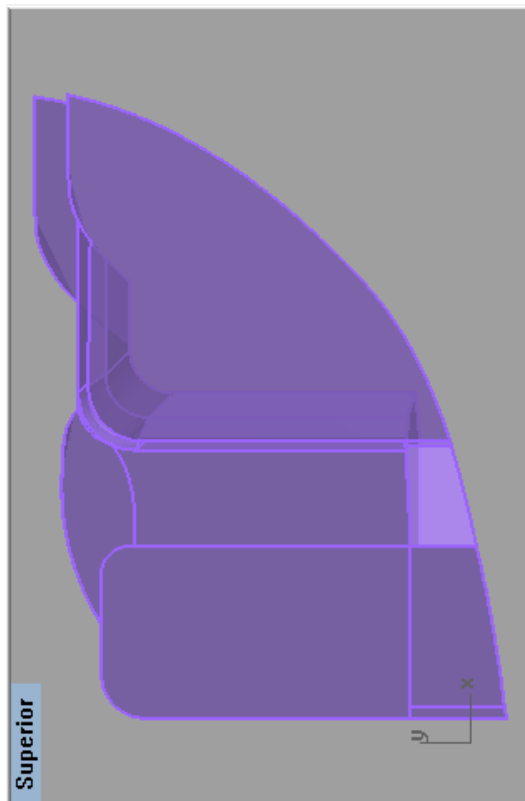
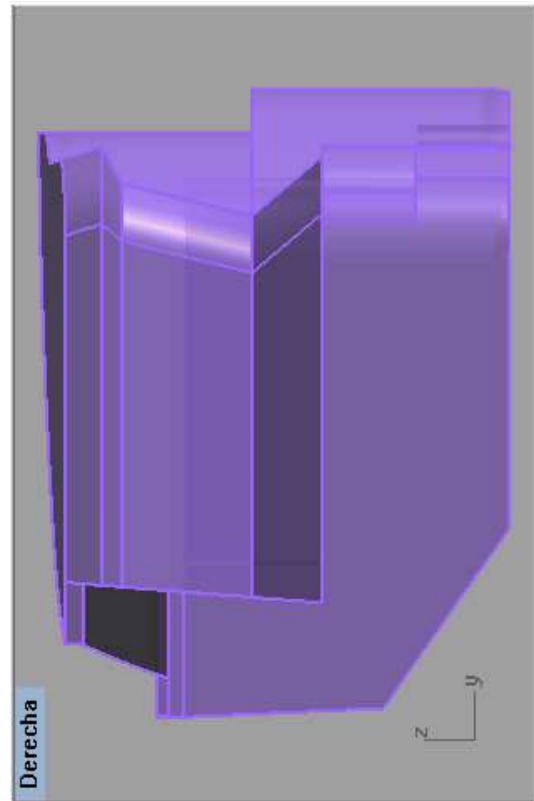
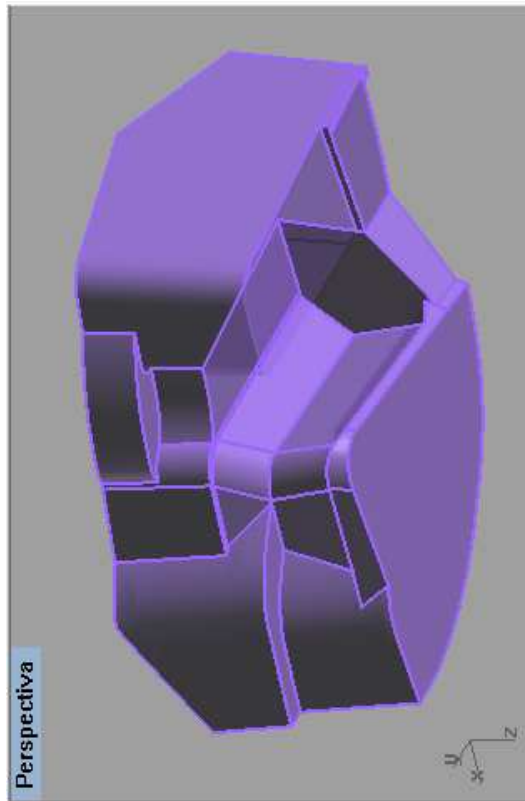


CONSOLA SALÓN

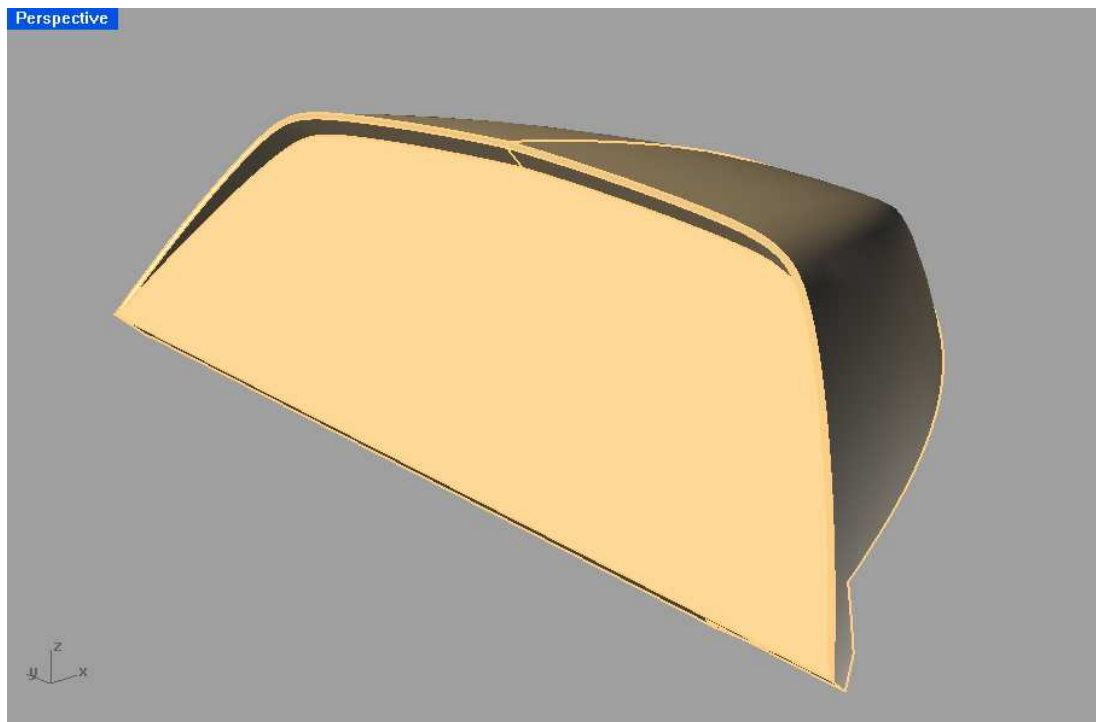


Superficie (m²)	7,17
Peso fibra (Kg)	16
Peso resina (Kg)	47
Peso total (Kg)	62

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

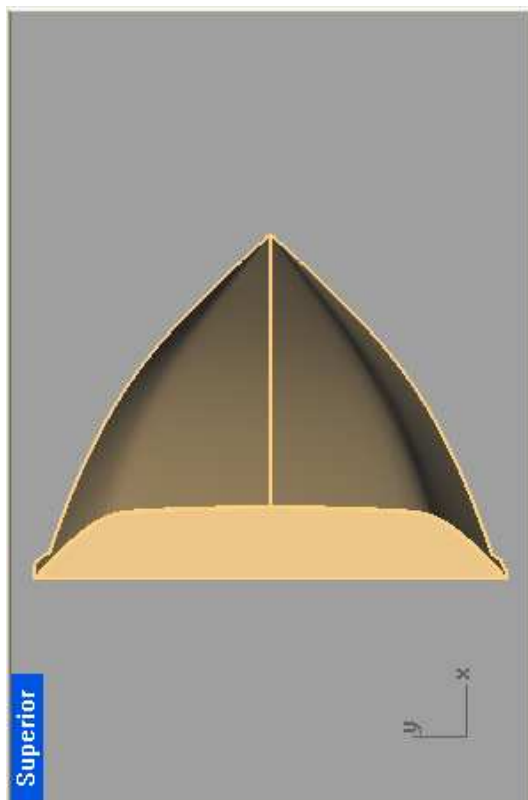
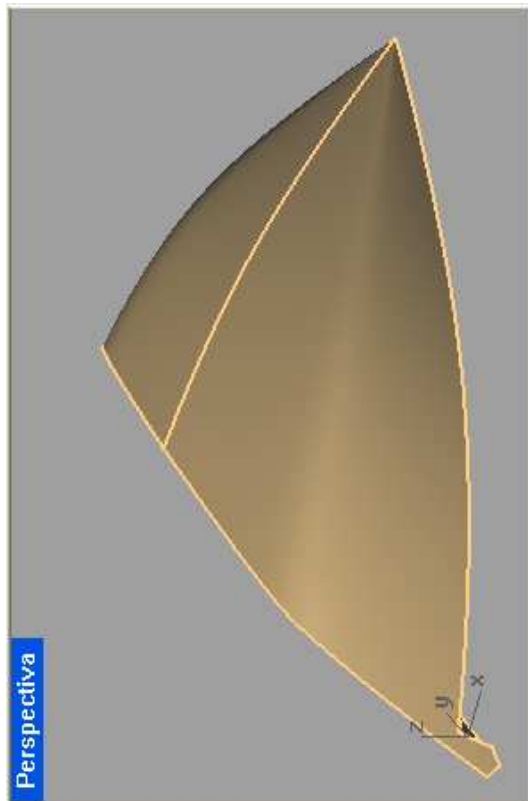


PUESTO DE GOBIERNO

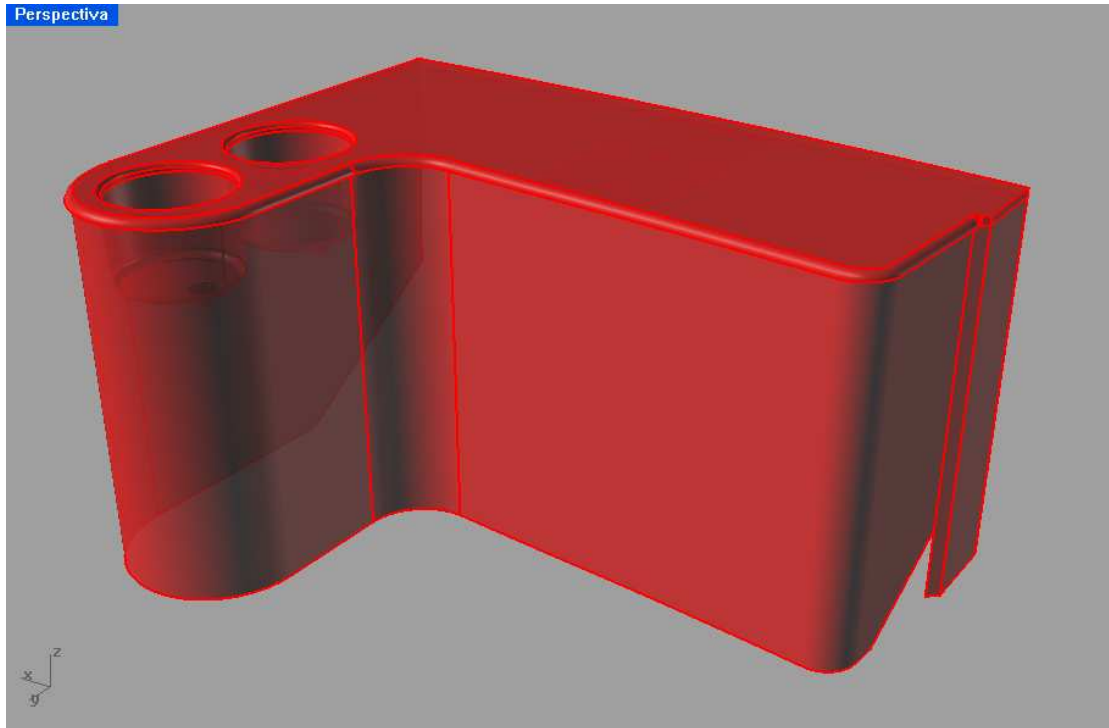


Superficie (m²)	0,95
Peso fibra (Kg)	2
Peso resina (Kg)	6
Peso total (Kg)	8

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

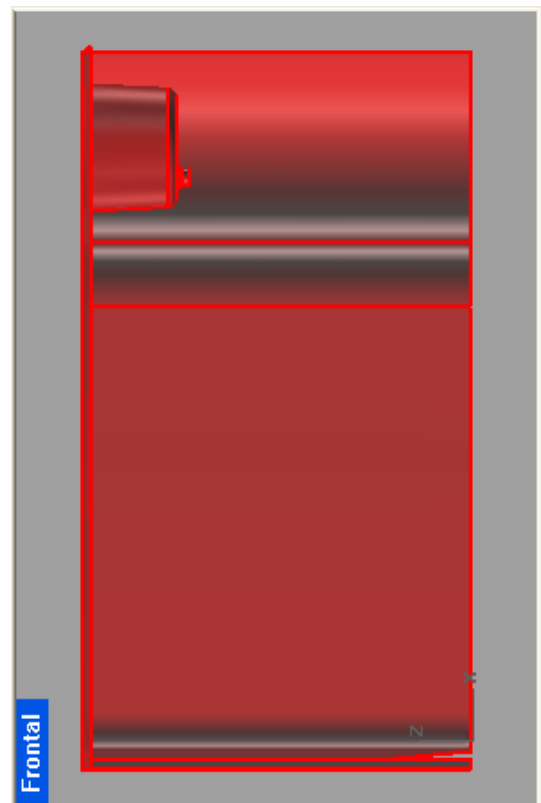
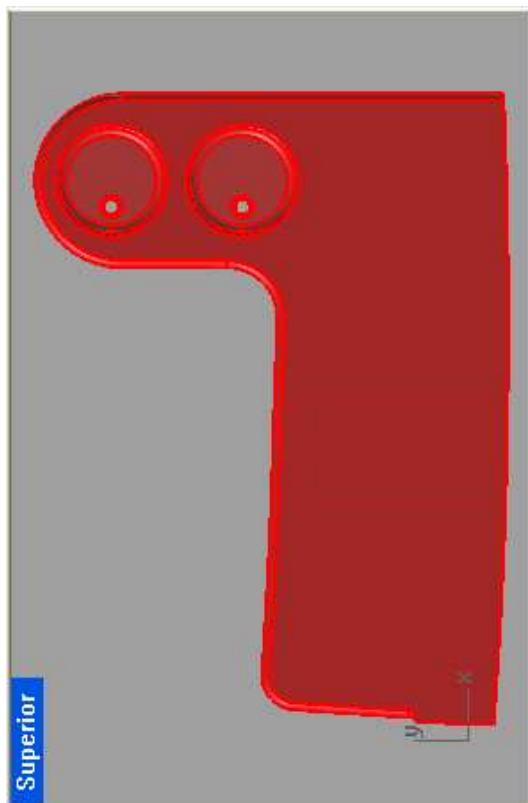
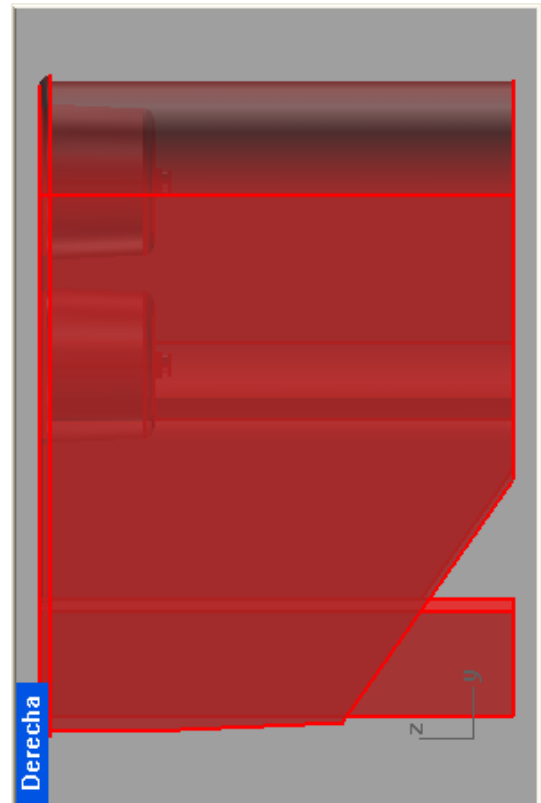


COCINA SALÓN

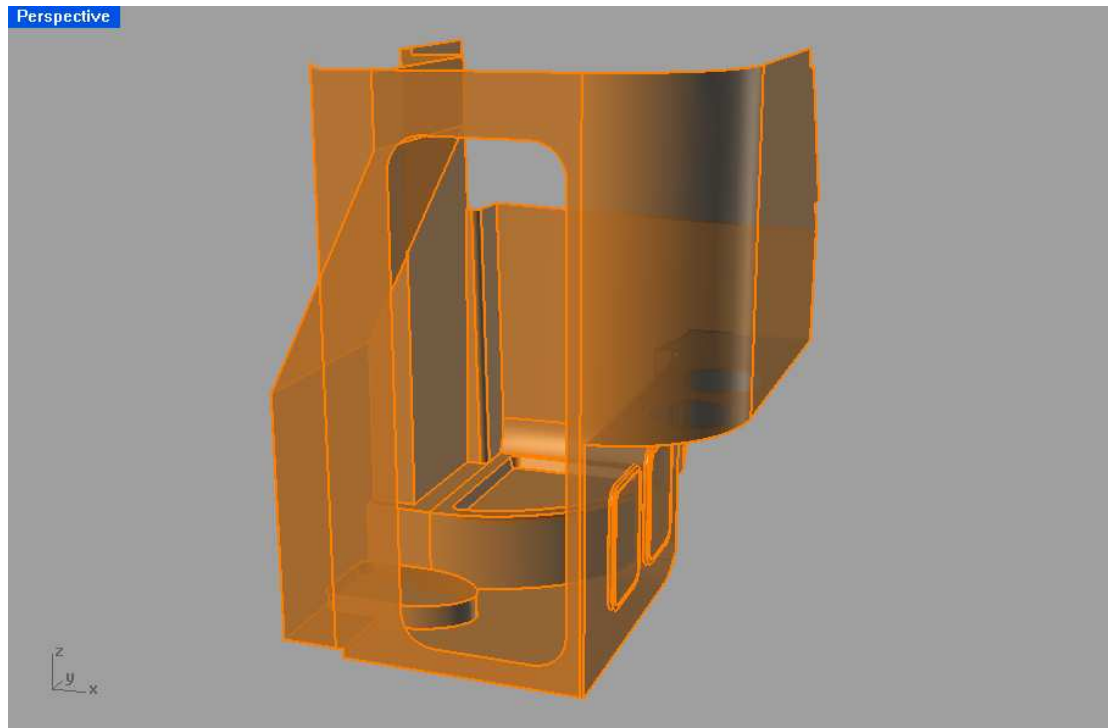


Superficie (m²)	6,84
Peso fibra (Kg)	15
Peso resina (Kg)	44
Peso total (Kg)	60

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

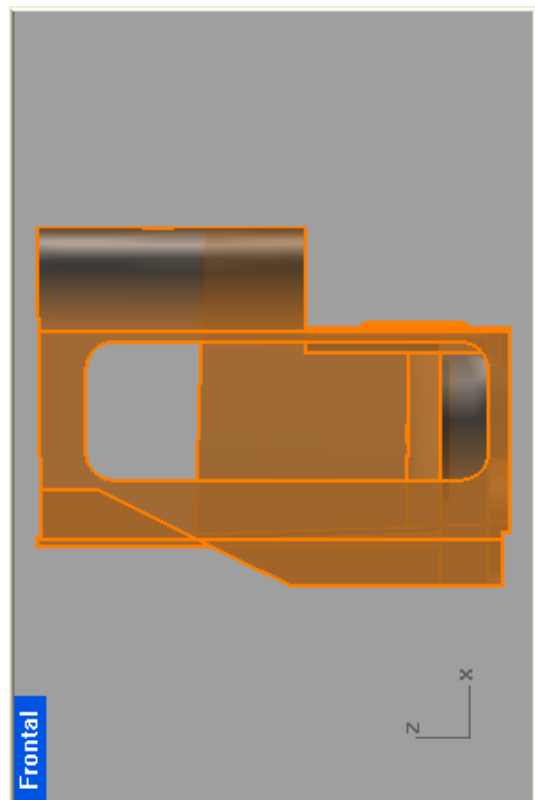
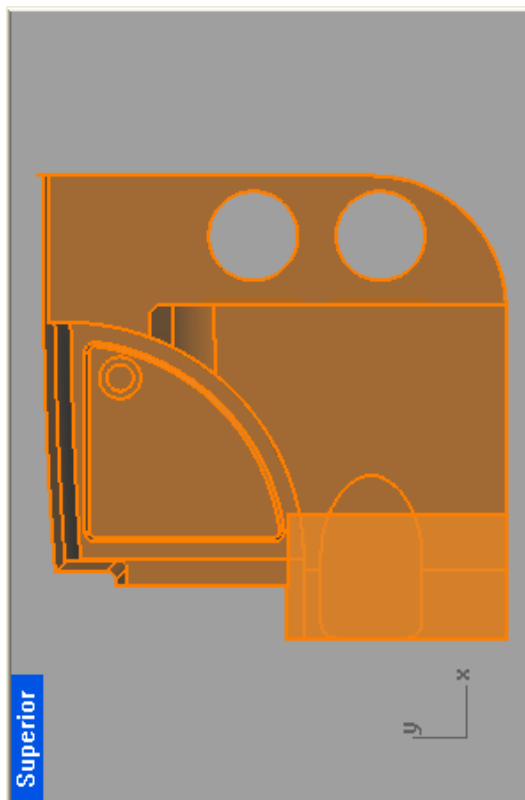
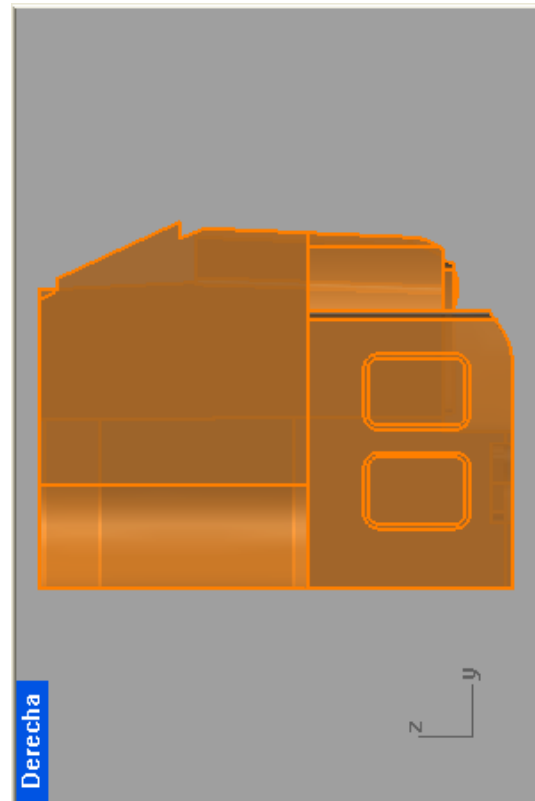
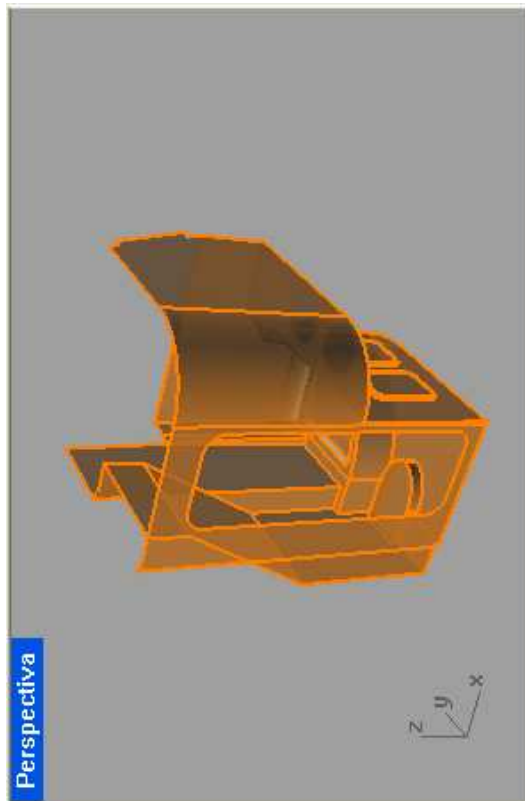


BAÑO SALÓN

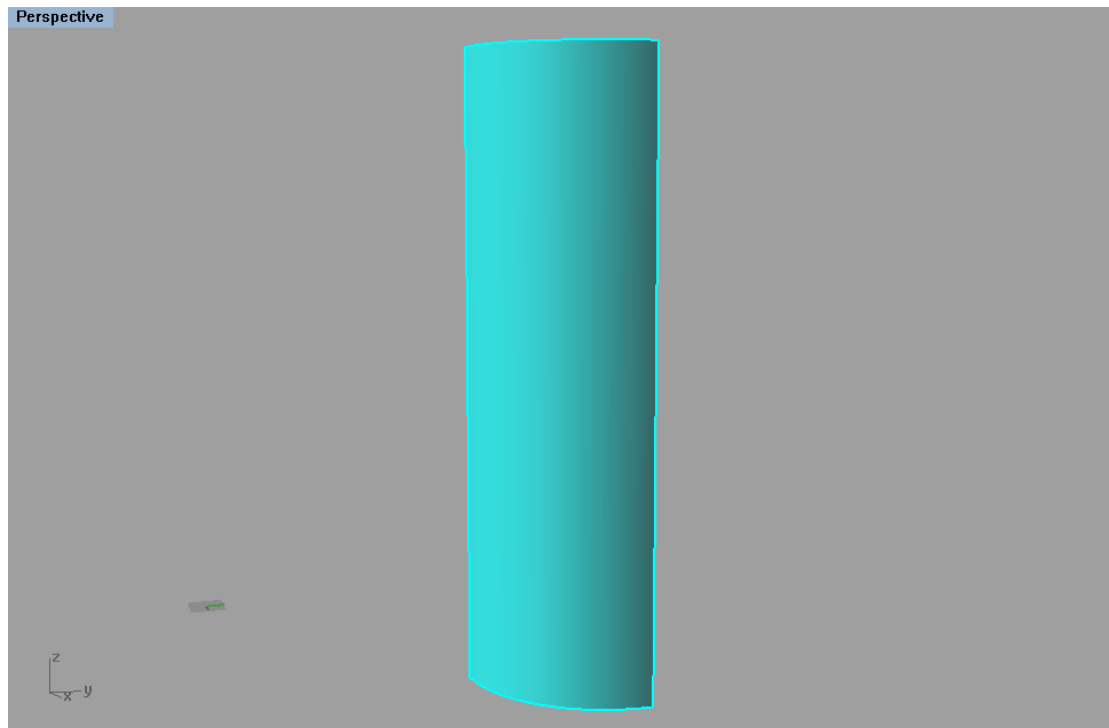


Superficie (m²)	11,47
Peso fibra (Kg)	25
Peso resina (Kg)	75
Peso total (Kg)	100

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

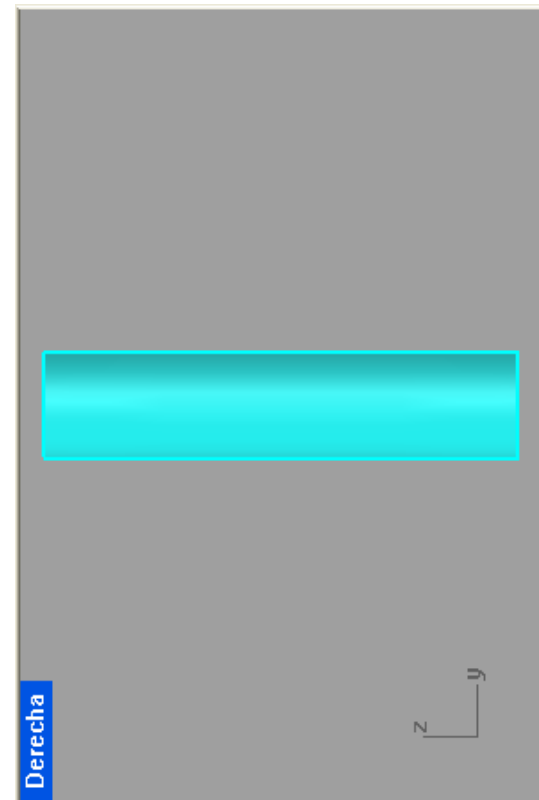
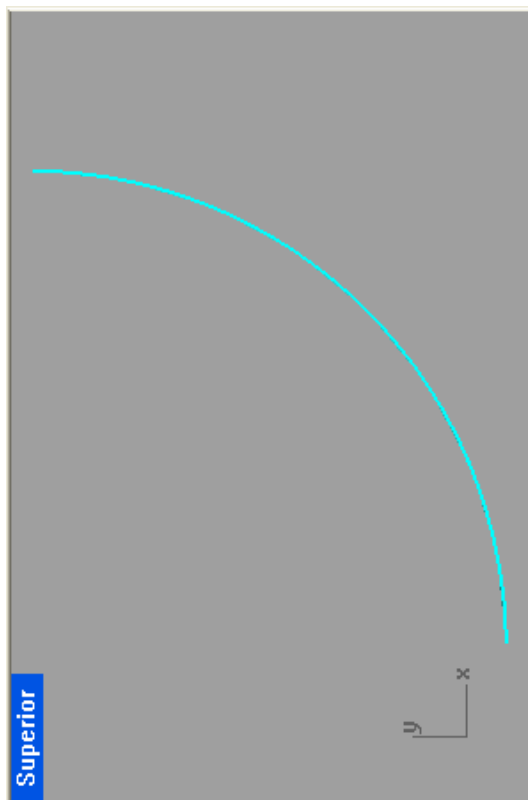
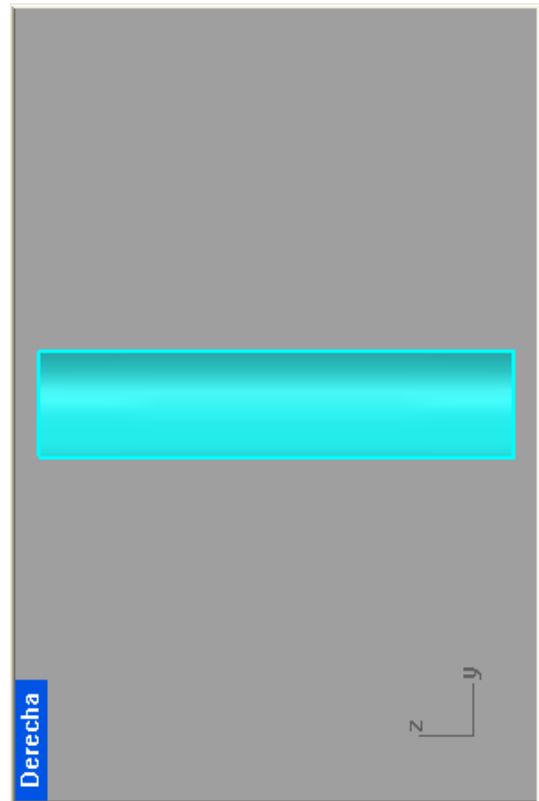
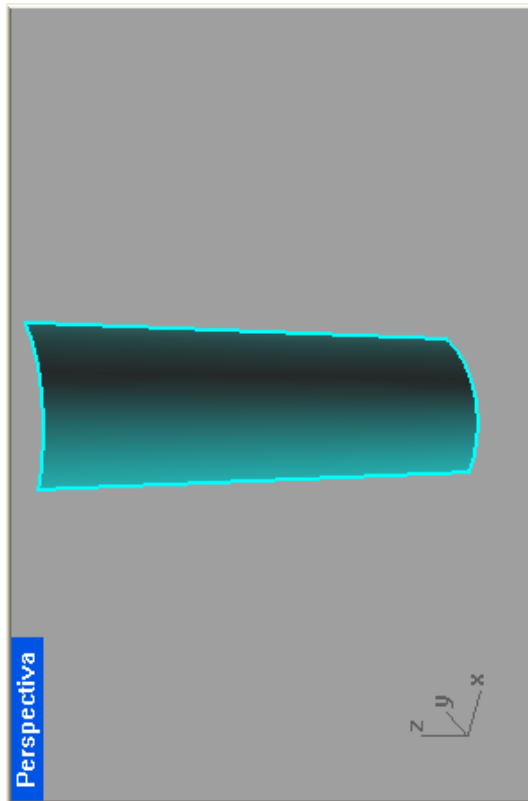


PILAR DEL SALÓN



Superficie (m²)	1,48
Peso fibra (Kg)	6
Peso resina (Kg)	10
Peso total (Kg)	13

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m²)	Peso Laminado (g/m²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

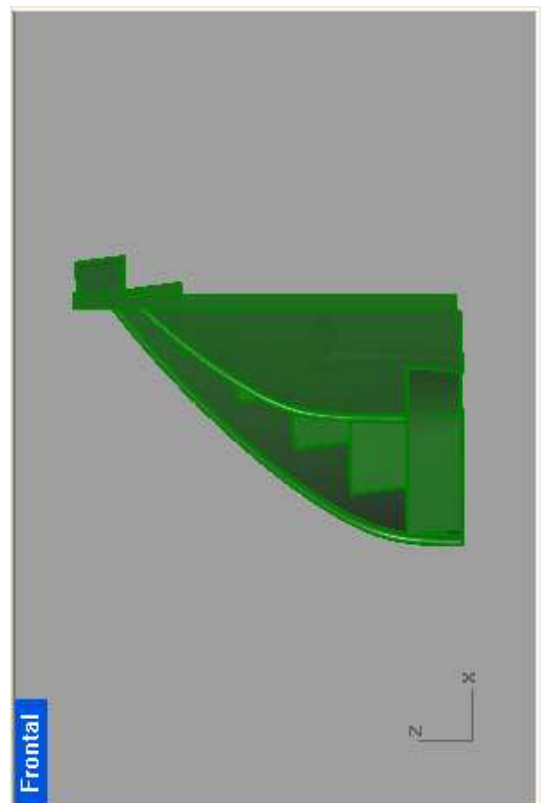
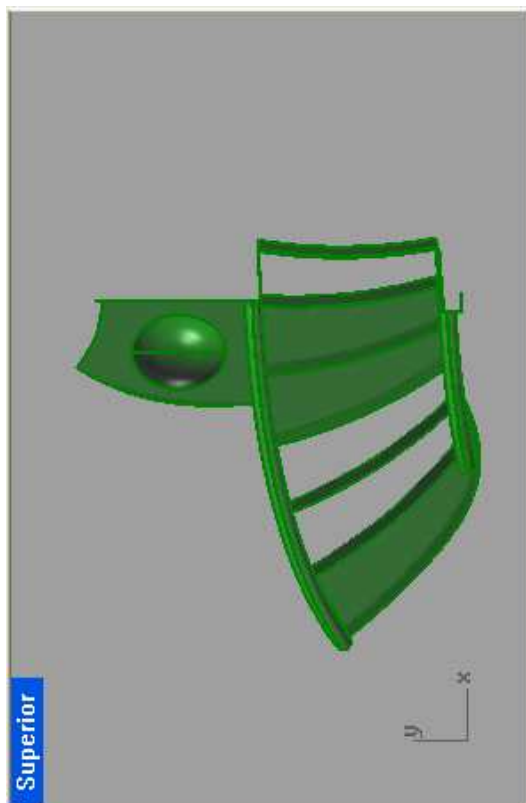
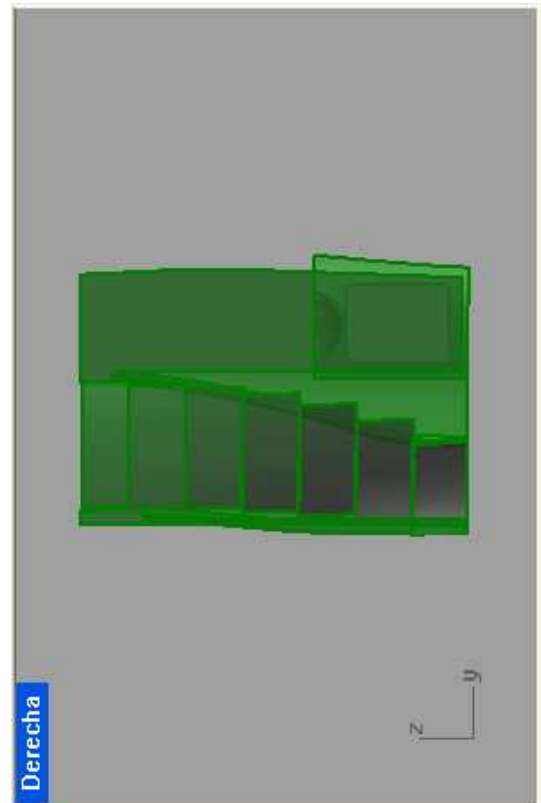
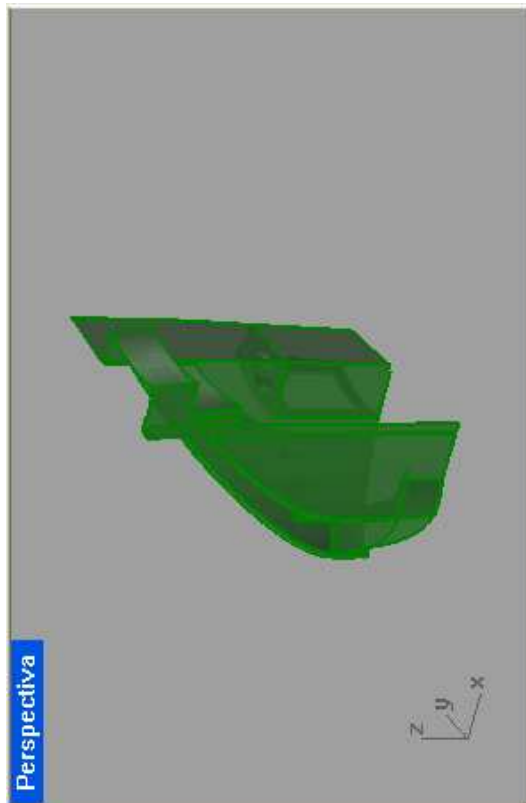


ESCALERA DE SUBIDA AL *FLY BRIDGE*

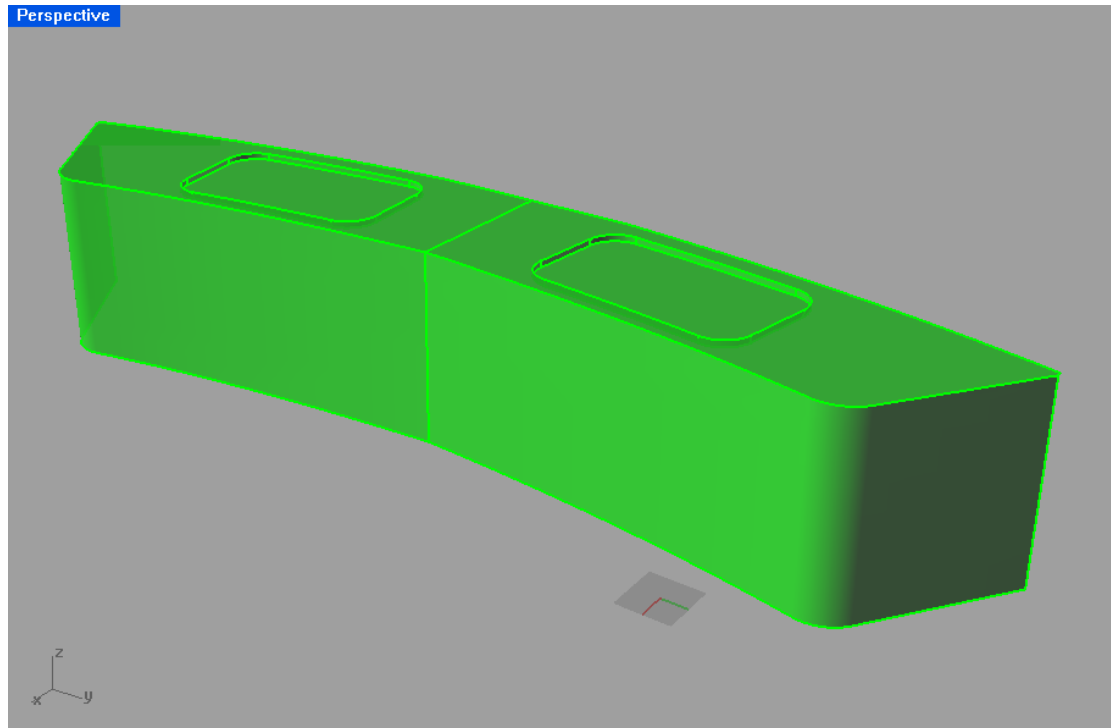


Superficie (m²)	8,13
Peso fibra (Kg)	18
Peso resina (Kg)	53
Peso total (Kg)	71

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

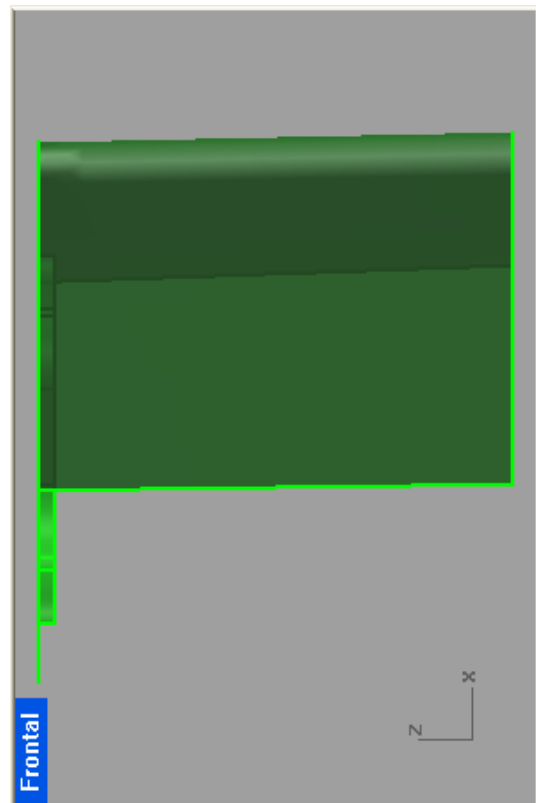
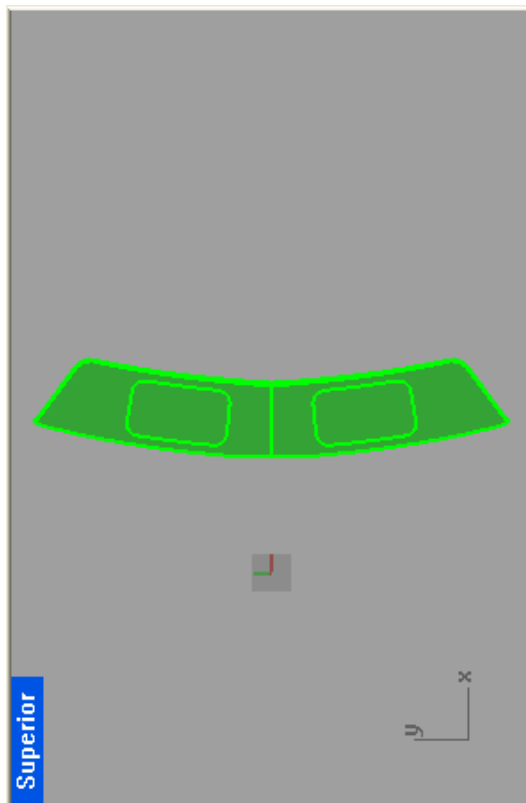
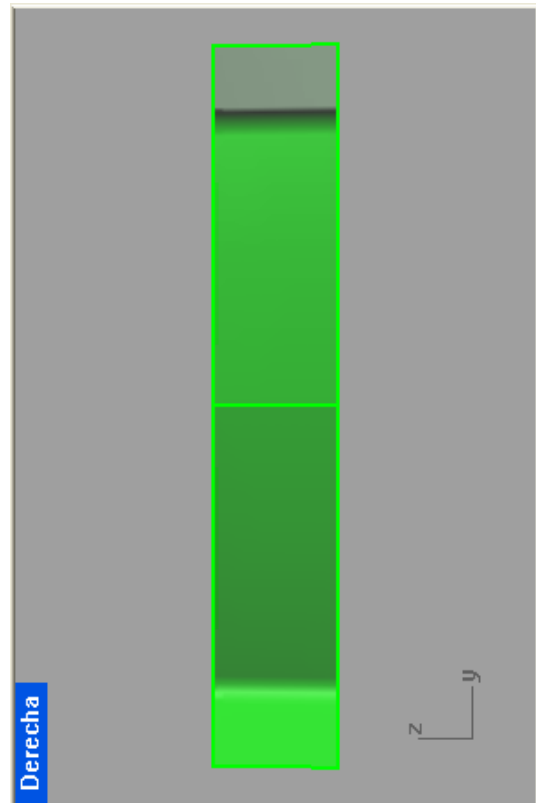
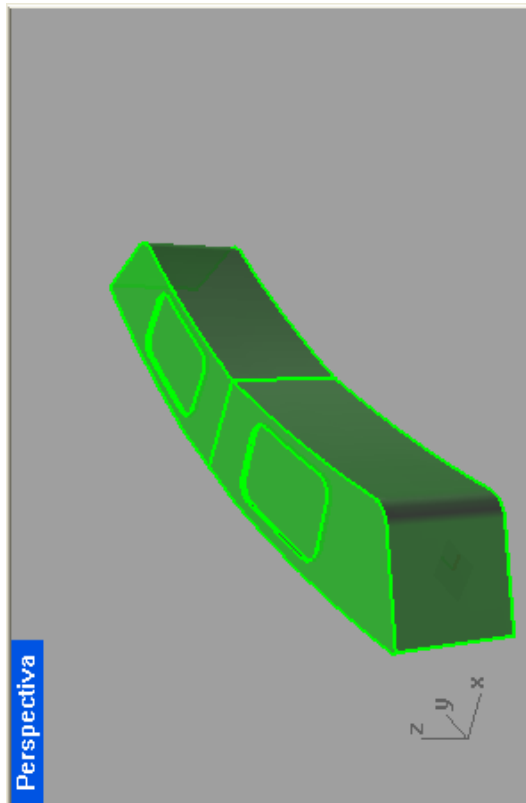


BANCO POPA BAÑERA

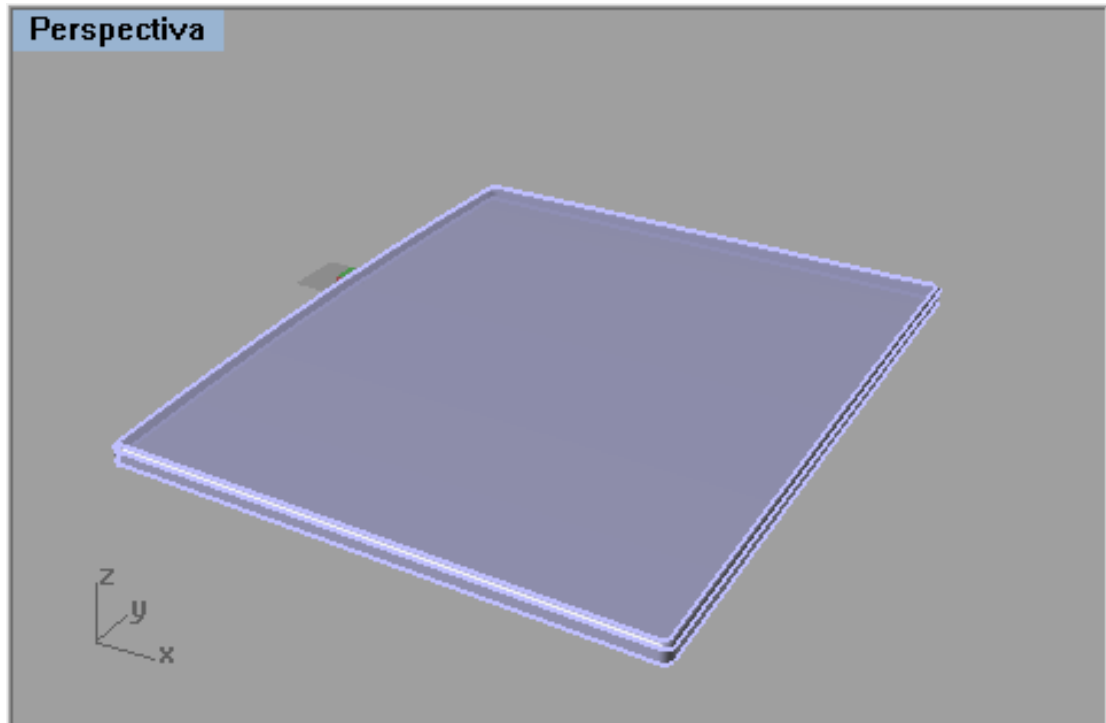


Superficie (m²)	2,29
Peso fibra (Kg)	5
Peso resina (Kg)	15
Peso total (Kg)	20

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

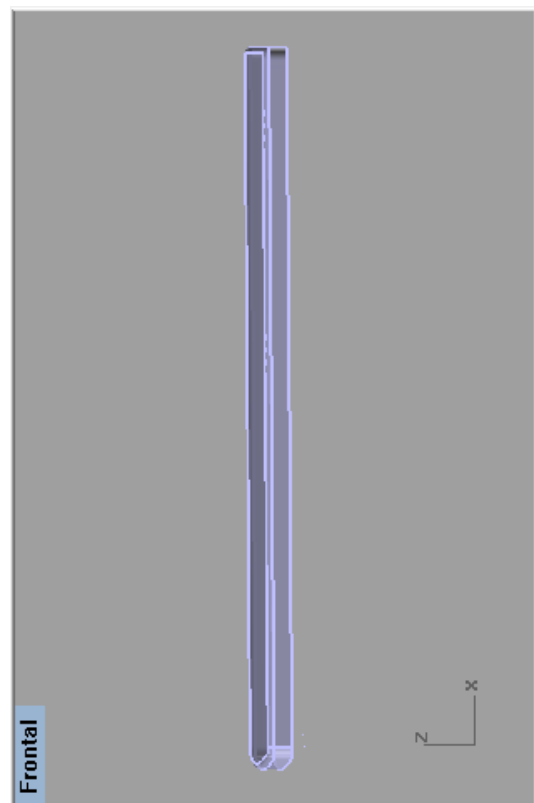
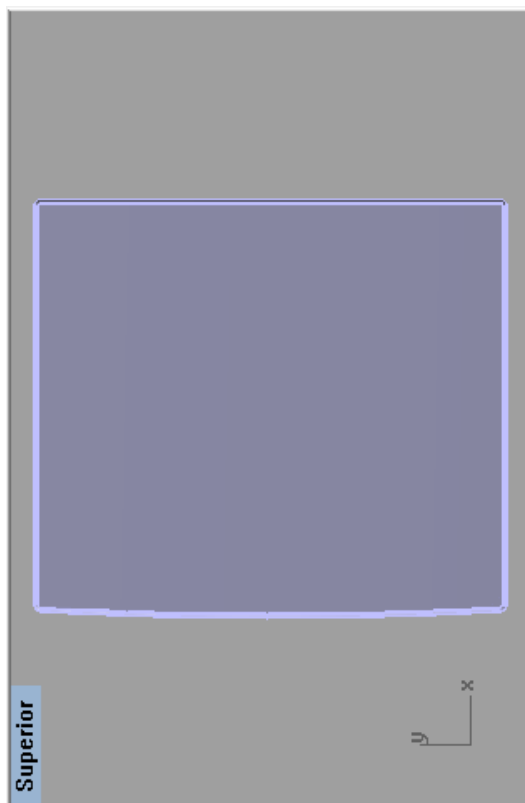
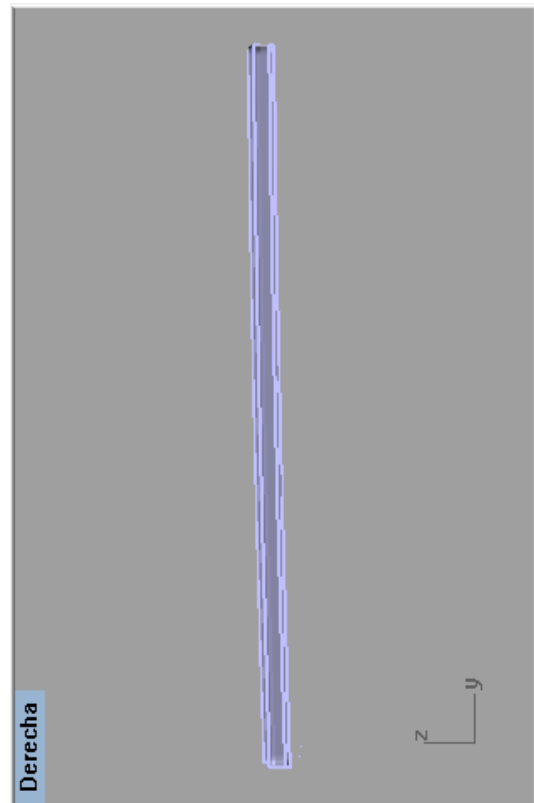
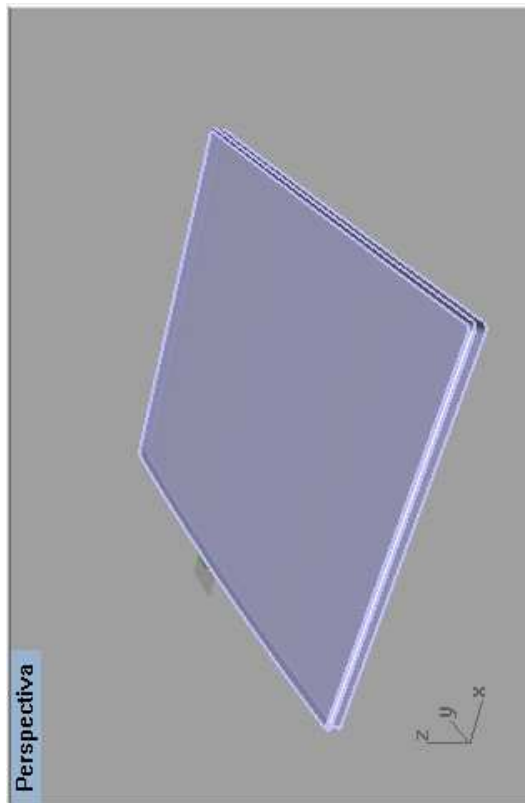


TAPA MOTOR ESTRIBOR

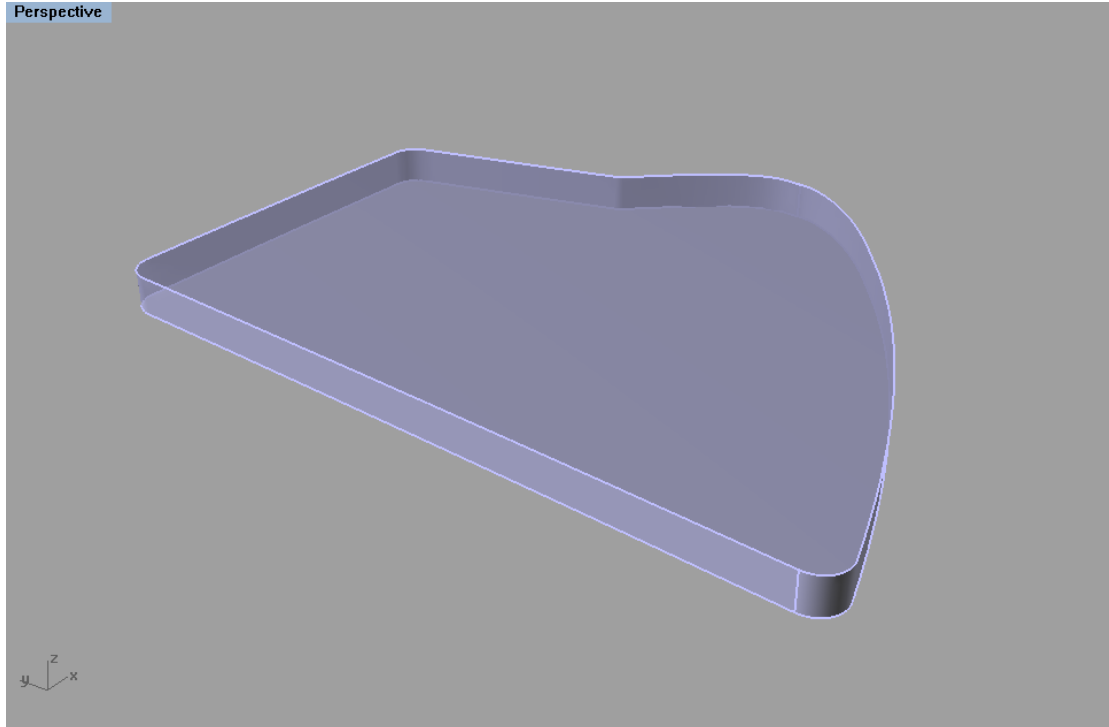


Superficie (m²)	1,86
Peso fibra (Kg)	10
Peso resina (Kg)	17
Peso total (Kg)	27

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,6	750	1050
3	CSM	450	0,9	1125	1575
4	CSM	450	0,9	1125	1575
5	CSM	450	0,9	1125	1575
6	WR	500	0,73	750	1250
7	CSM	450	0,9	1125	1575
8	PVC 80	1600	20	400	2000
9	CSM	450	0,9	1125	1575
10	WR	500	0,73	750	1250
11	CSM	300	0,9	750	1050
Total		5450	27,46	9025	14475

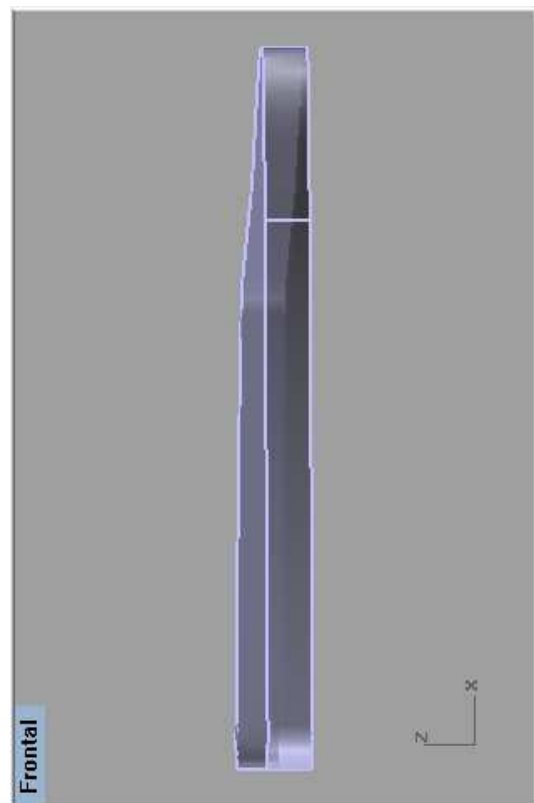
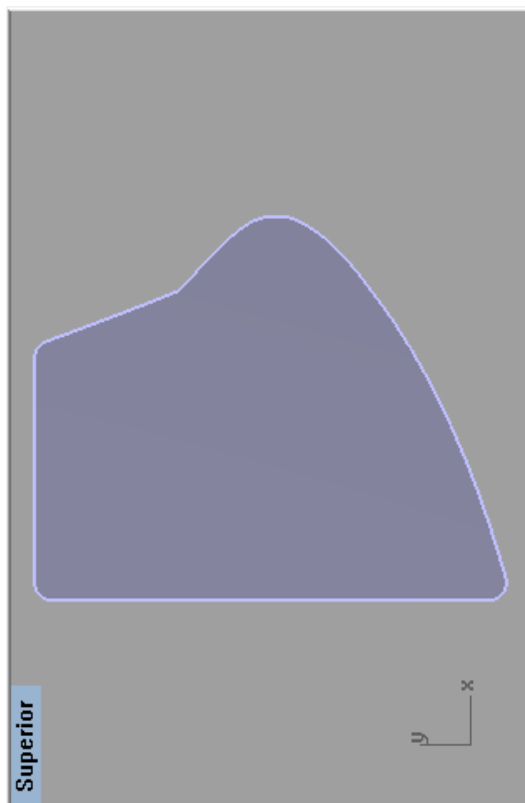
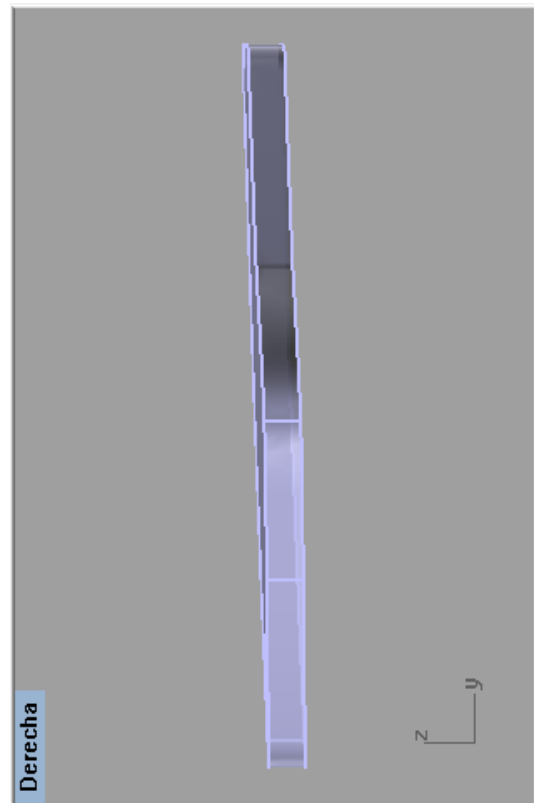
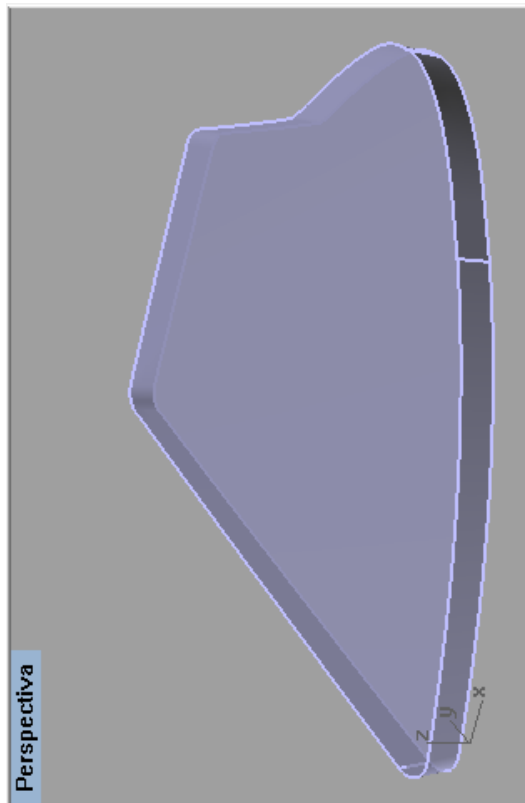


TAPAS CAJONES ESTIBAS ESTRIBOR

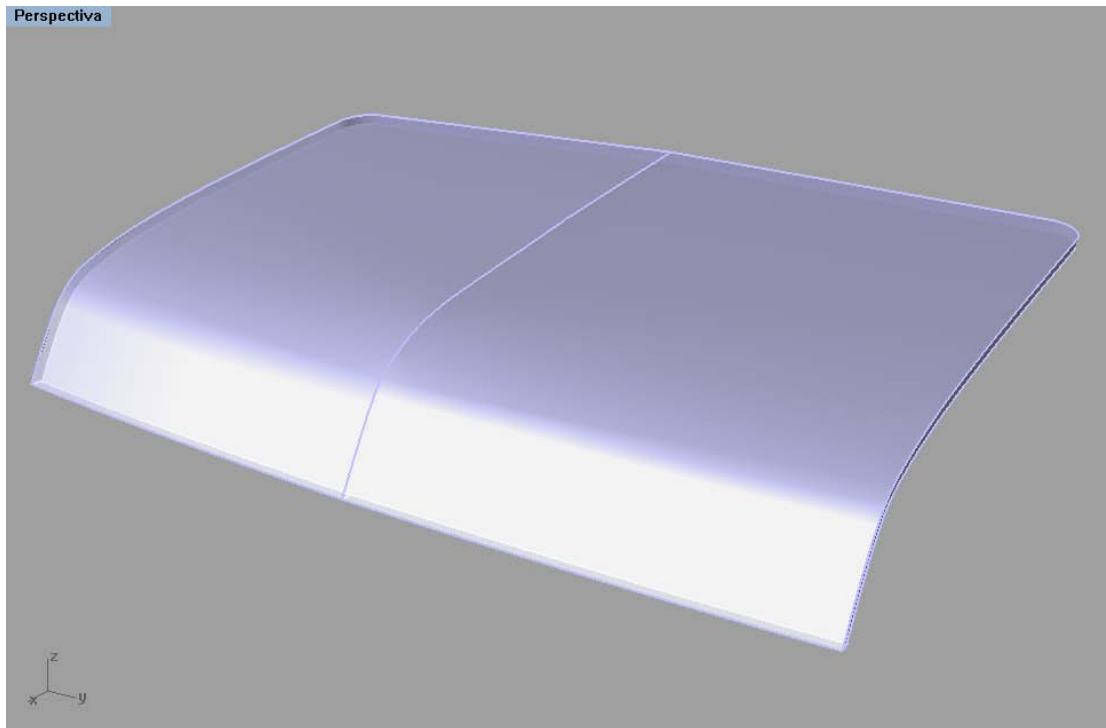


Superficie (m²)	0,48
Peso fibra (Kg)	3
Peso resina (Kg)	4
Peso total (Kg)	7

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,6	750	1050
3	CSM	450	0,9	1125	1575
4	CSM	450	0,9	1125	1575
5	CSM	450	0,9	1125	1575
6	WR	500	0,73	750	1250
7	CSM	450	0,9	1125	1575
8	PVC 80	1600	20	400	2000
9	CSM	450	0,9	1125	1575
10	WR	500	0,73	750	1250
11	CSM	300	0,9	750	1050
Total		5450	27,46	9025	14475

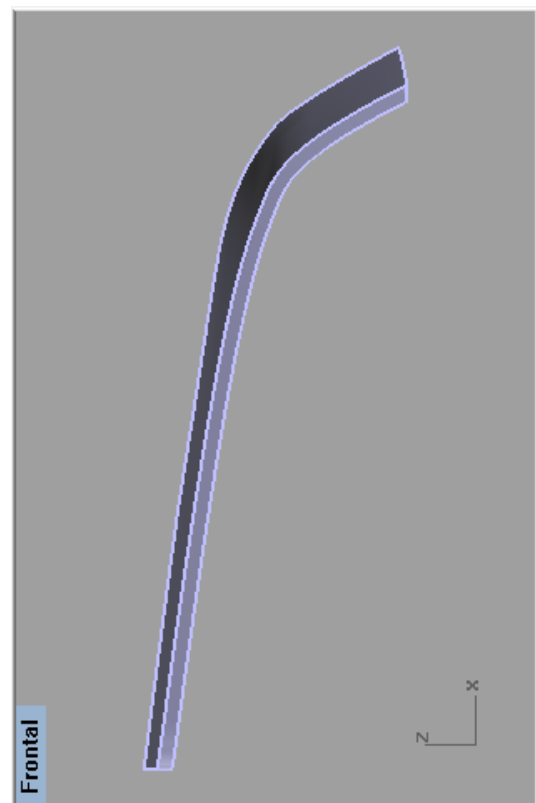
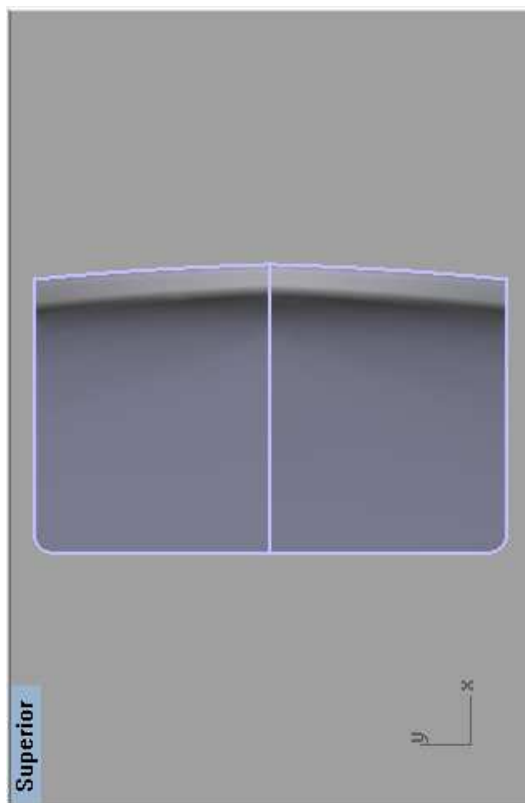
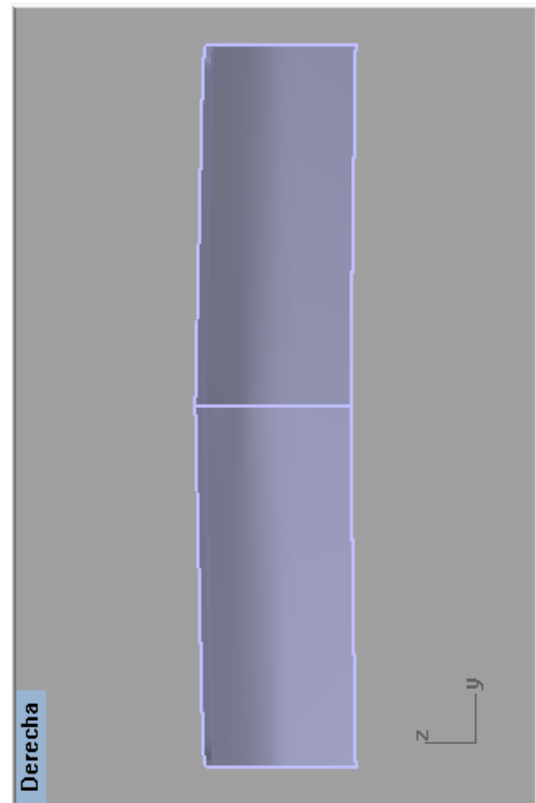
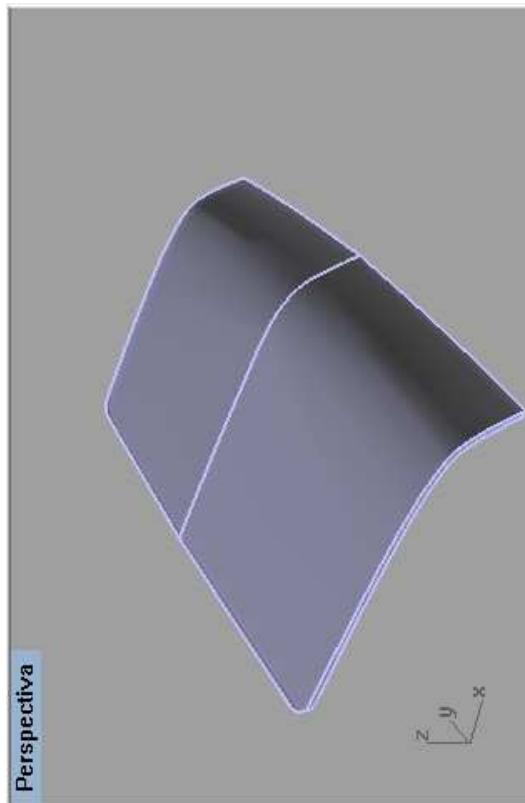


TAPA MOLINETE

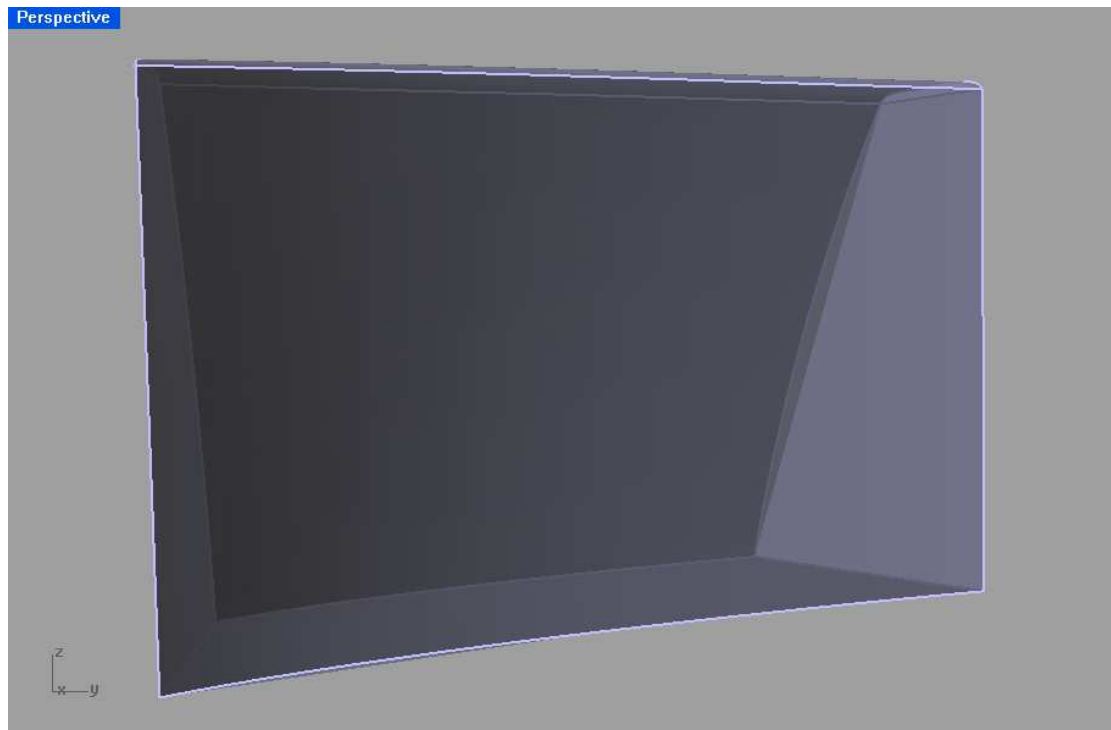


Superficie (m²)	0,44
Peso fibra (Kg)	2
Peso resina (Kg)	4
Peso total (Kg)	6

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,6	750	1050
3	CSM	450	0,9	1125	1575
4	CSM	450	0,9	1125	1575
5	CSM	450	0,9	1125	1575
6	WR	500	0,73	750	1250
7	CSM	450	0,9	1125	1575
8	PVC 80	1600	20	400	2000
9	CSM	450	0,9	1125	1575
10	WR	500	0,73	750	1250
11	CSM	300	0,9	750	1050
Total		5450	27,46	9025	14475

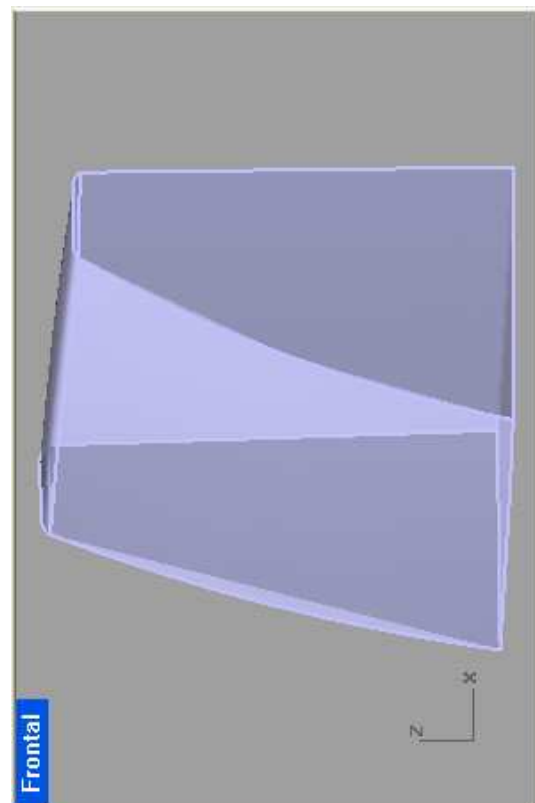
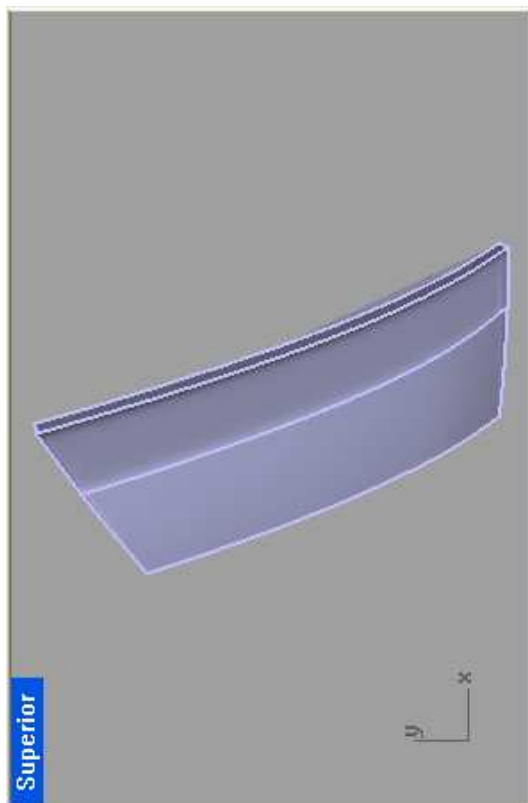
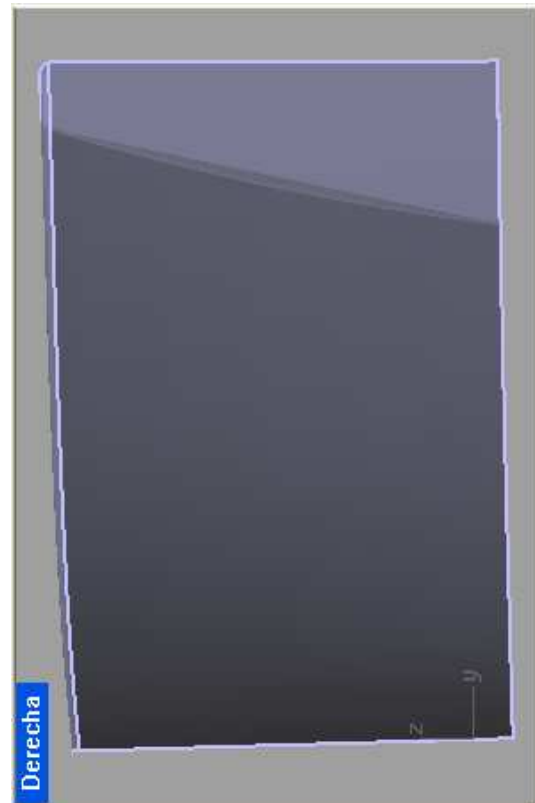
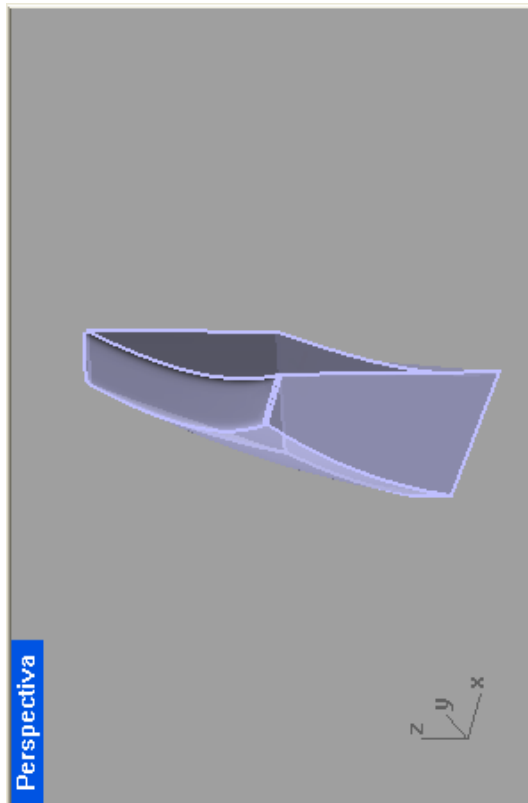


PUERTA POPA BAÑO DE ESTRIBOR

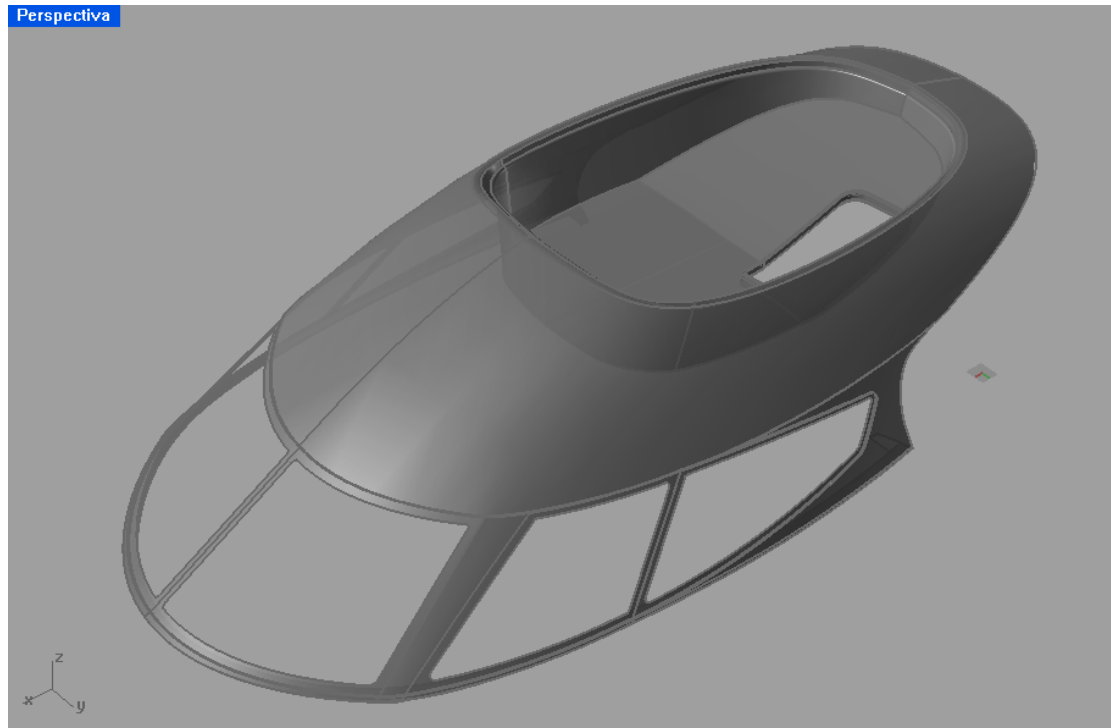


Superficie (m²)	2,12
Peso fibra (Kg)	5
Peso resina (Kg)	13
Peso total (Kg)	18

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710



FLY BRIDGE



Superficie (m²)	29,34
Peso fibra (Kg)	145
Peso resina (Kg)	319
Peso total (Kg)	464

LAMINADO BASE

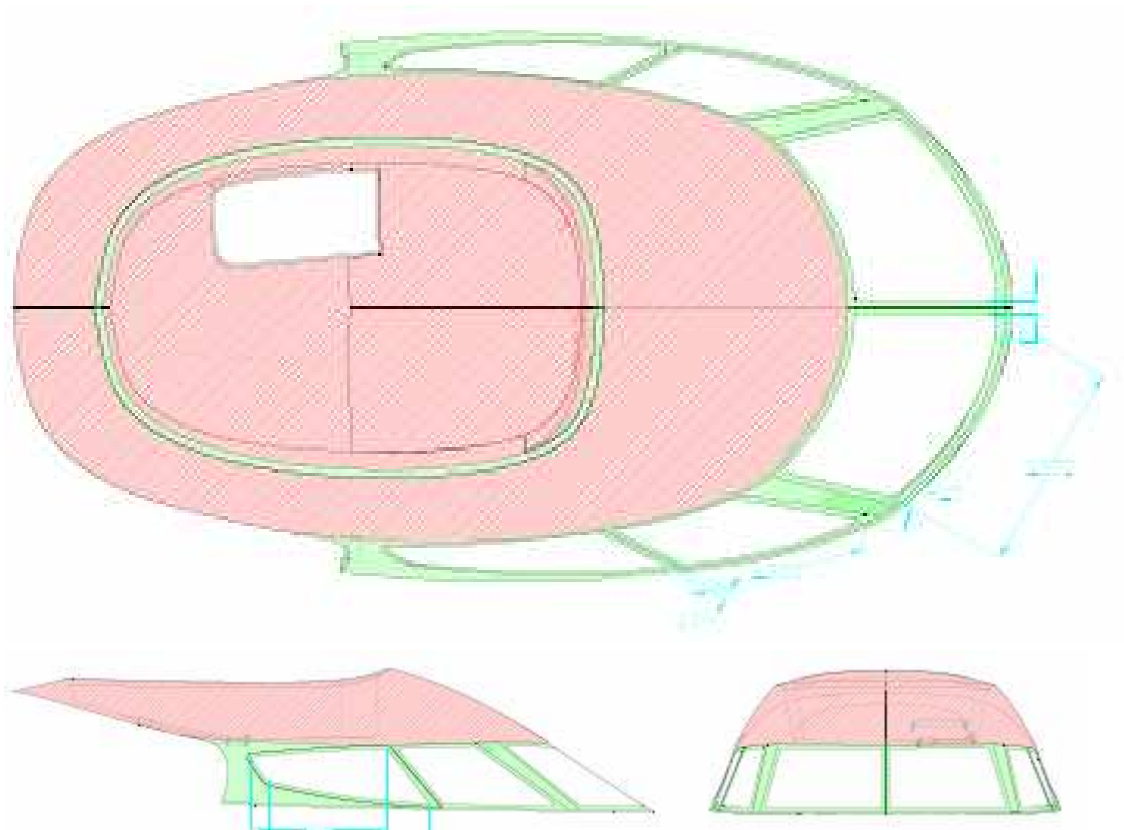
Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
Total		2600	4,996	6000	8600

ZONA NUCLEO

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
8	CSM	300	0,626	750	1050
9	WR	300	0,307	450	750
10	CSM	300	0,626	750	1050
Total		900	1,559	1950	2850

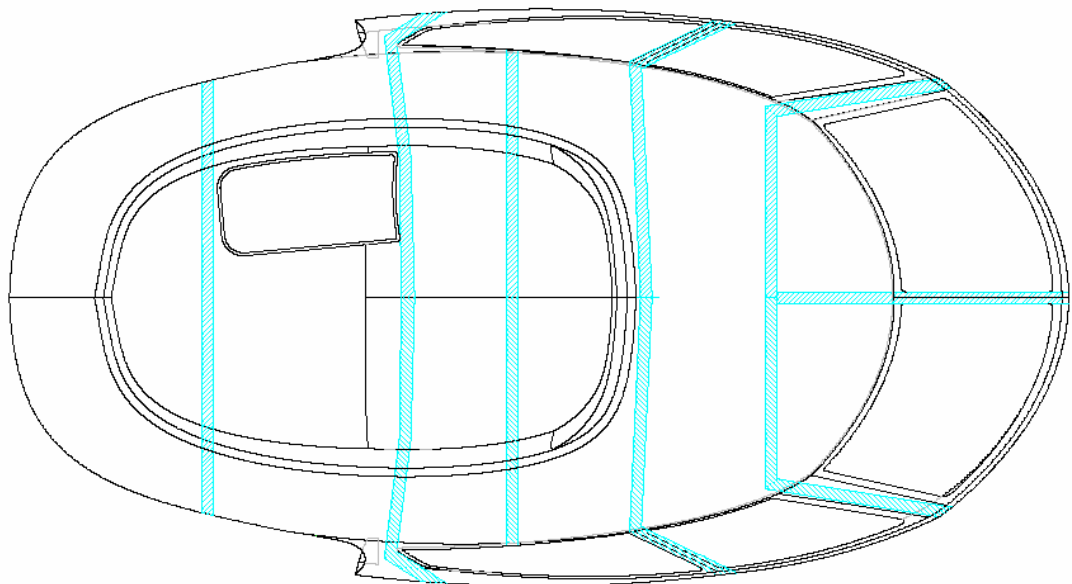
ZONA EXTRA

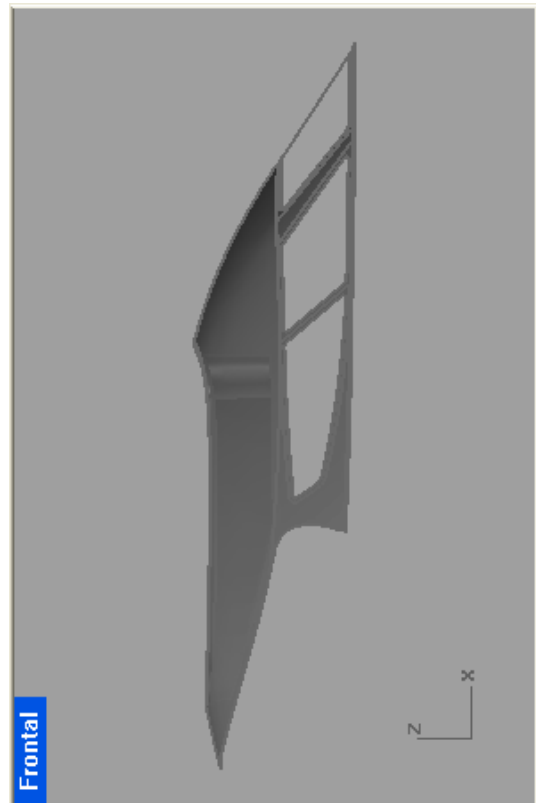
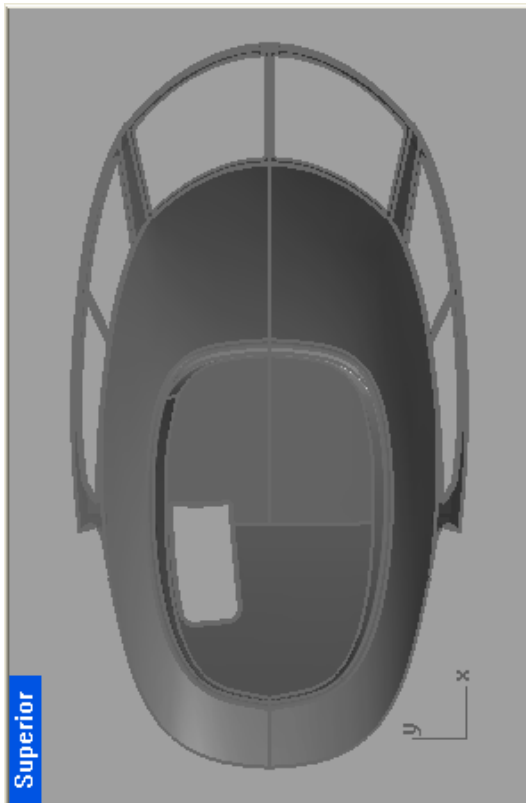
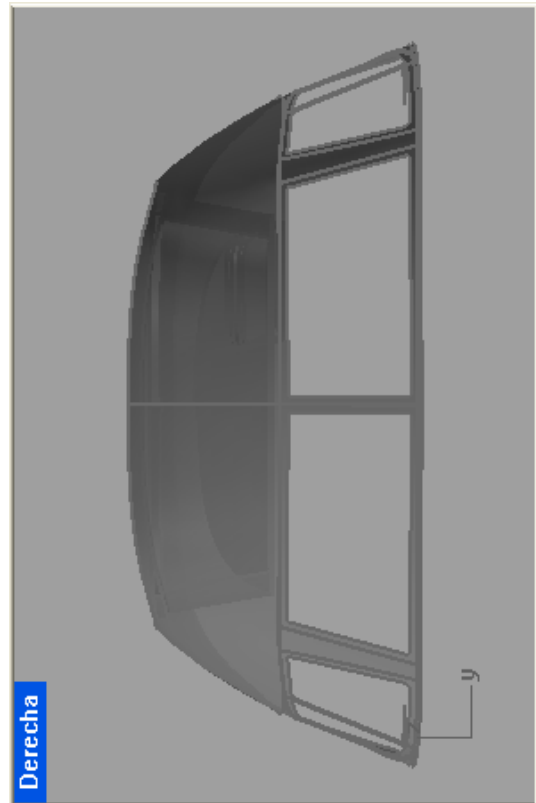
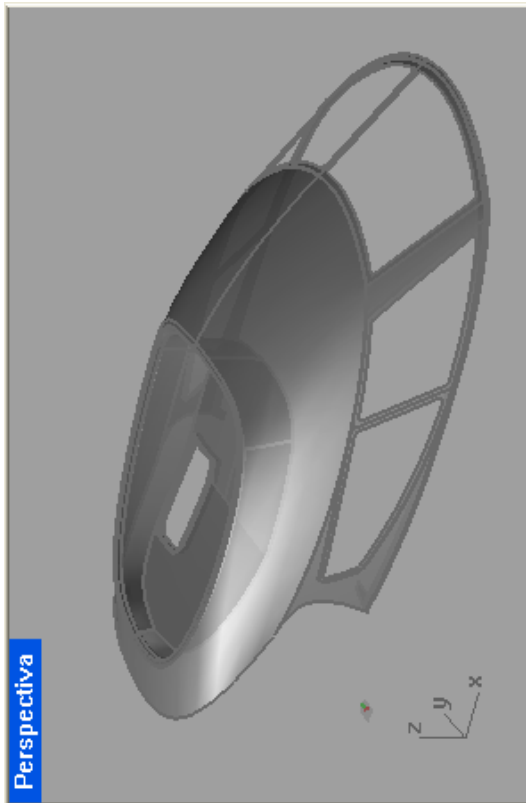
Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
8	CSM	450	0,939	1125	1575
9	WR	500	0,614	750	1250
10	CSM	450	0,939	1125	1575
11	WR	500	0,614	750	1250
12	CSM	450	0,939	1125	1575
Total		2350	4,045	4875	7225



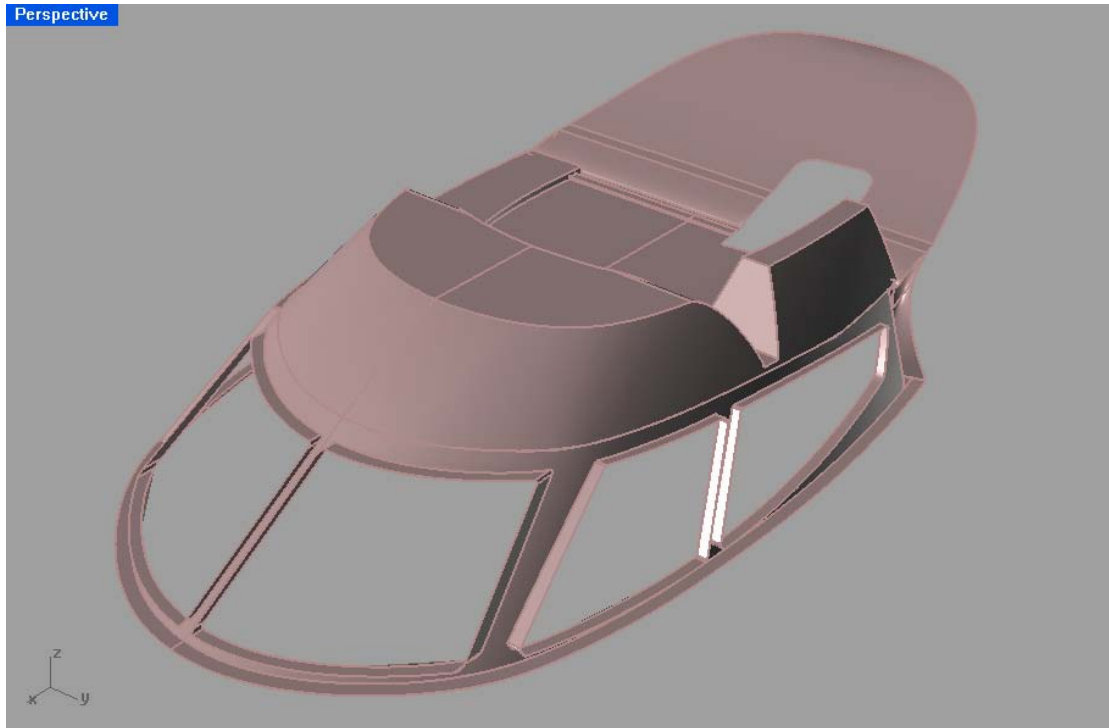
REFUERZOS

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	CSM	300	0,6	510	810
2	WR	500	0,73	440	940
3	CSM	300	0,6	510	810
4	WR	500	0,73	440	940
5	CSM	300	0,6	510	810
Total		1900	3,26	2418,584	4310



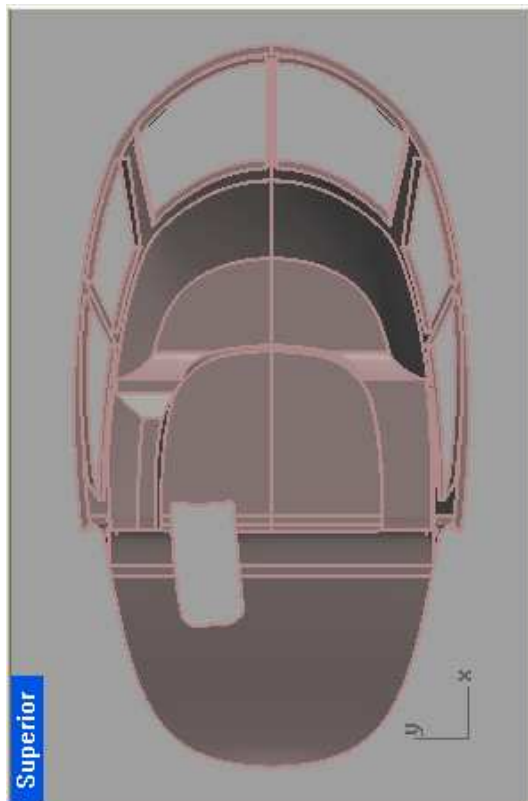
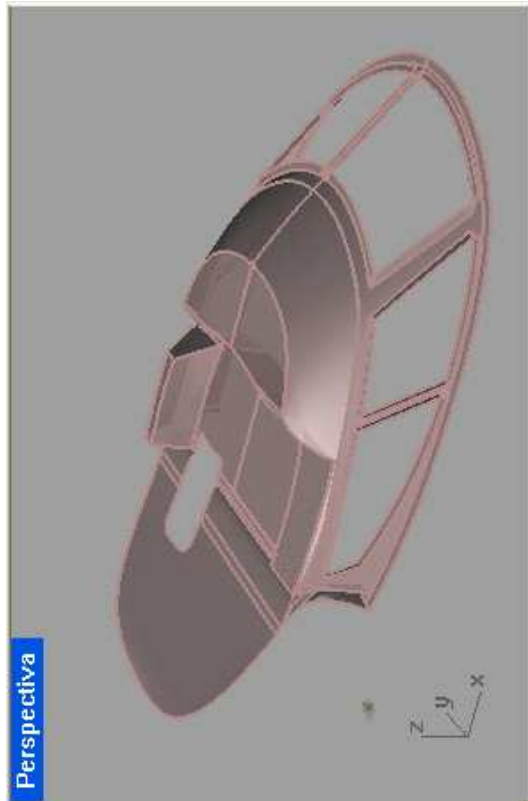


CONTRAMOLDE *FLY BRIDGE*

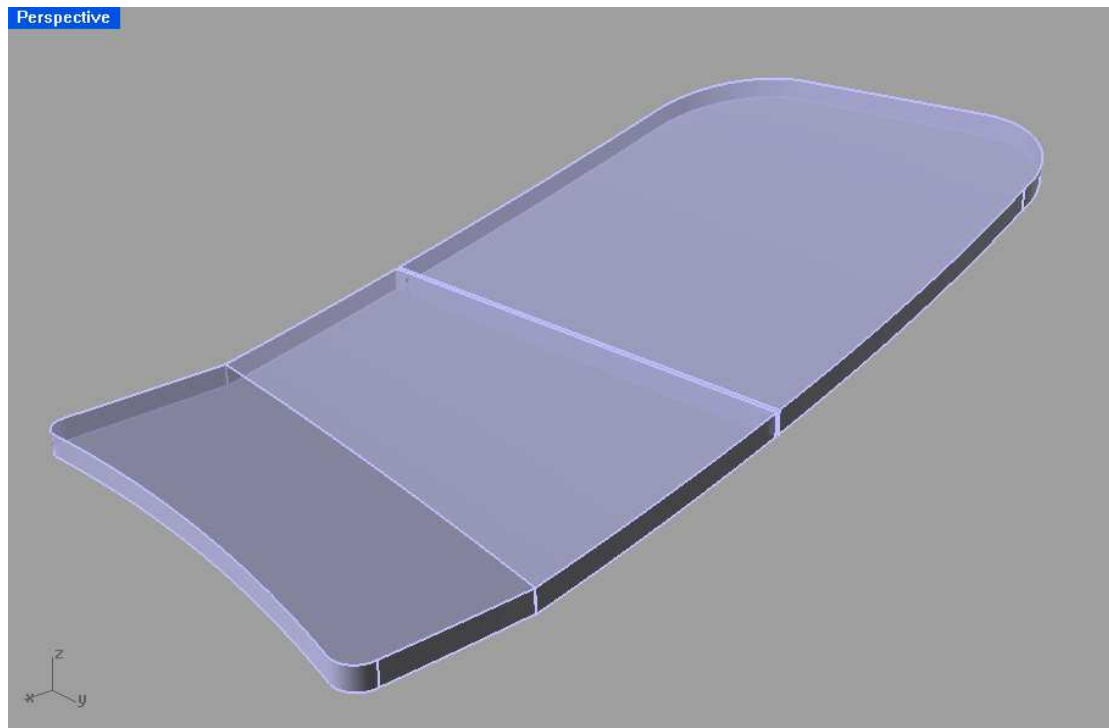


Superficie (m²)	25,45
Peso fibra (Kg)	56
Peso resina (Kg)	165
Peso total (Kg)	222

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

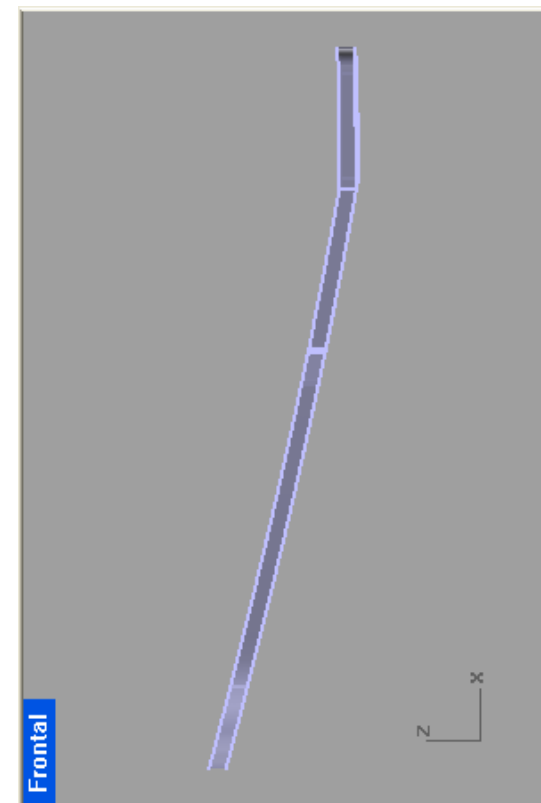
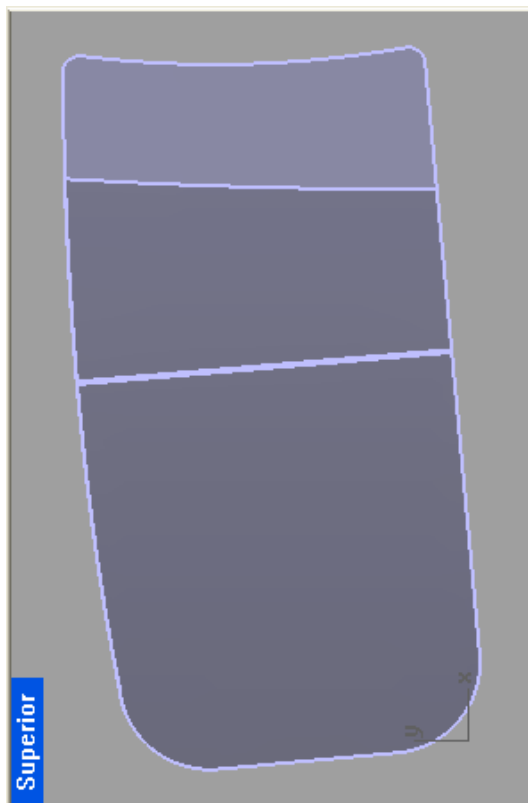
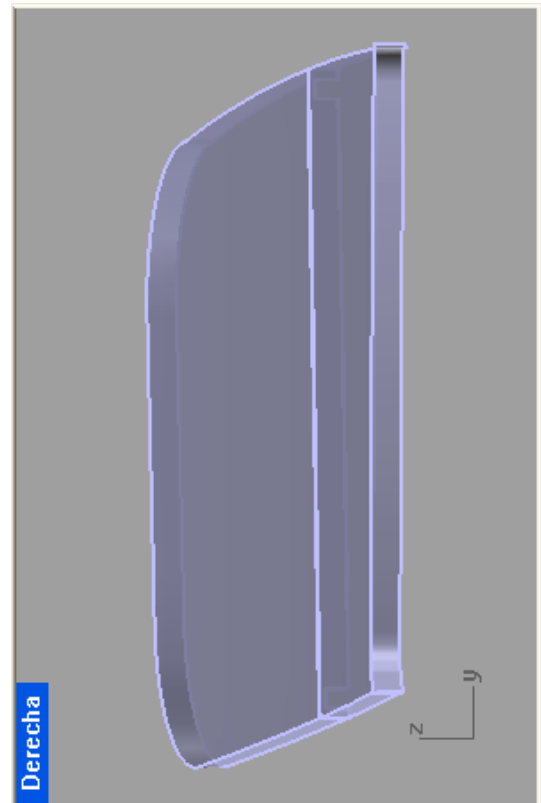
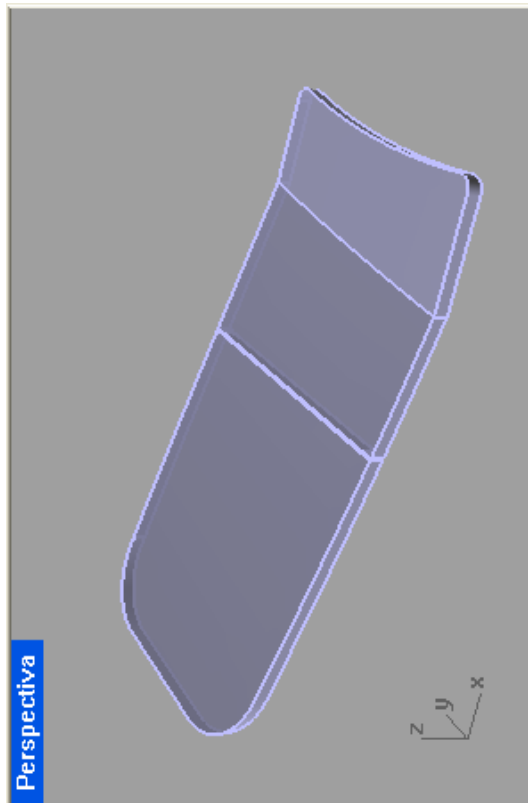


TAPA SUBIDA FLY BRIDGE

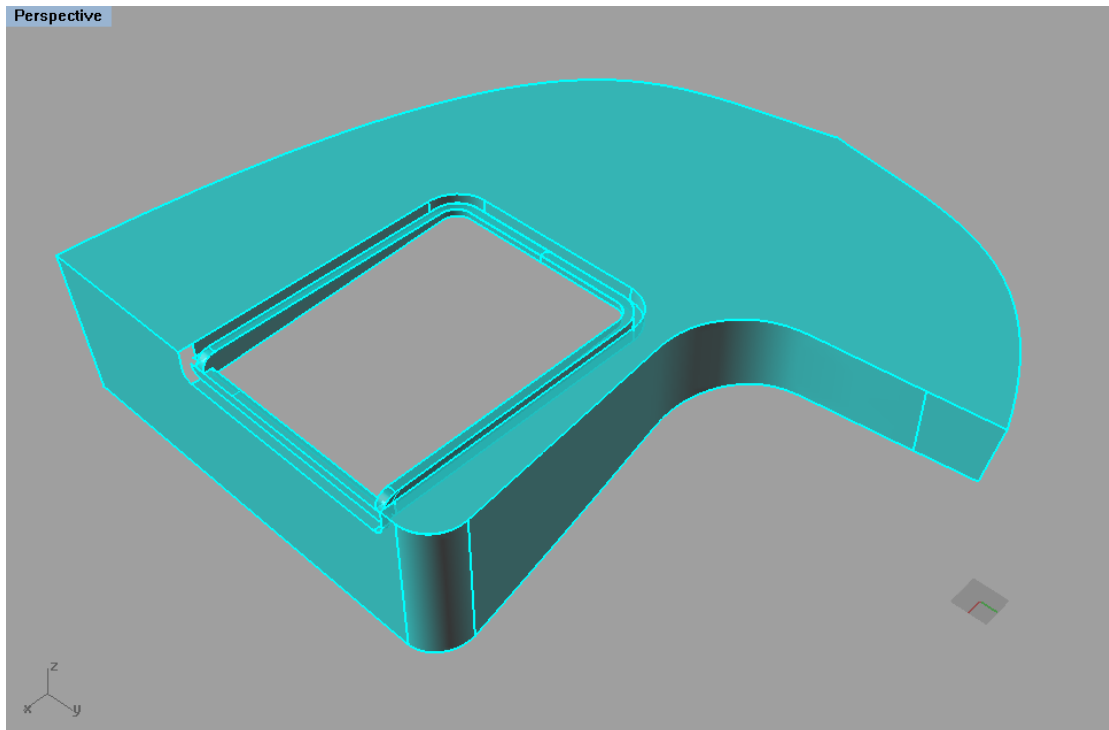


Superficie (m²)	0,96
Peso fibra (Kg)	2
Peso resina (Kg)	6
Peso total (Kg)	8

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

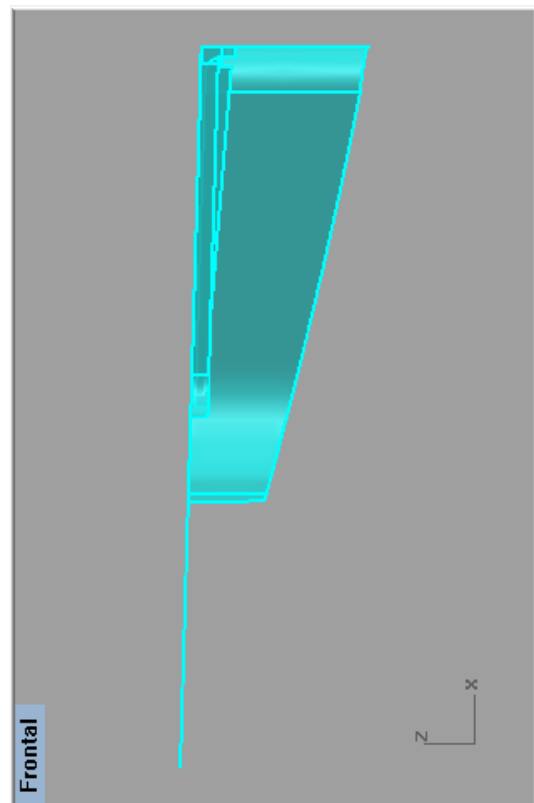
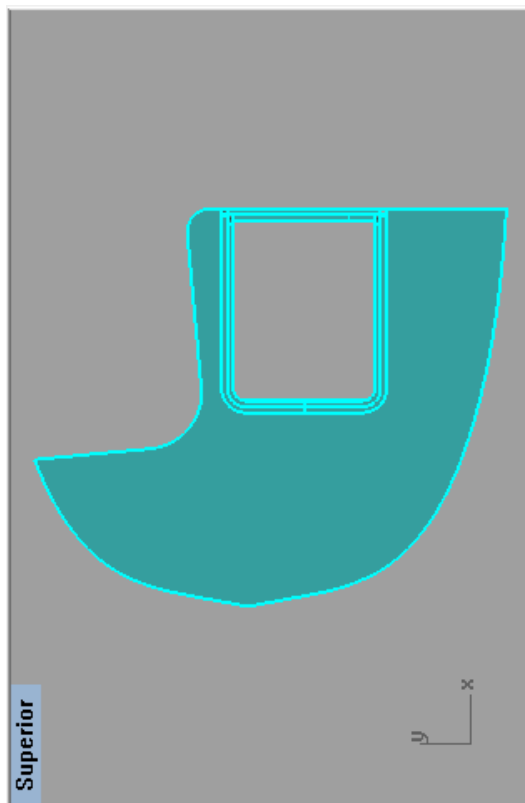
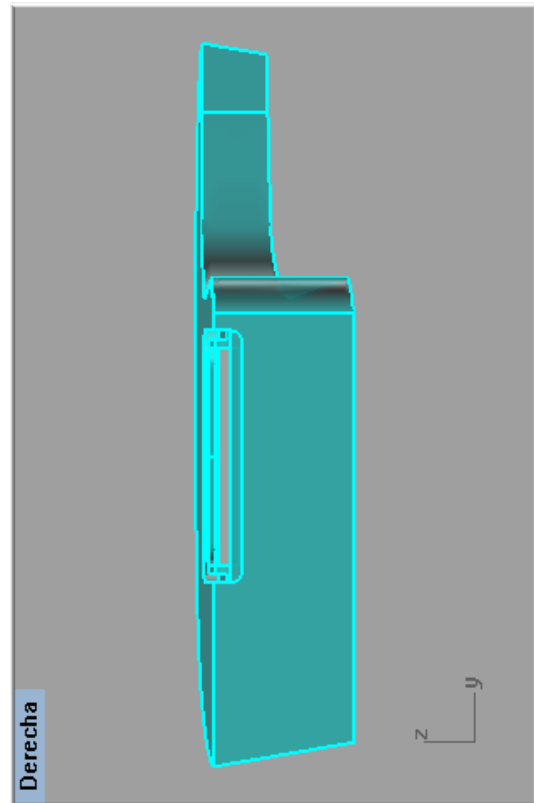
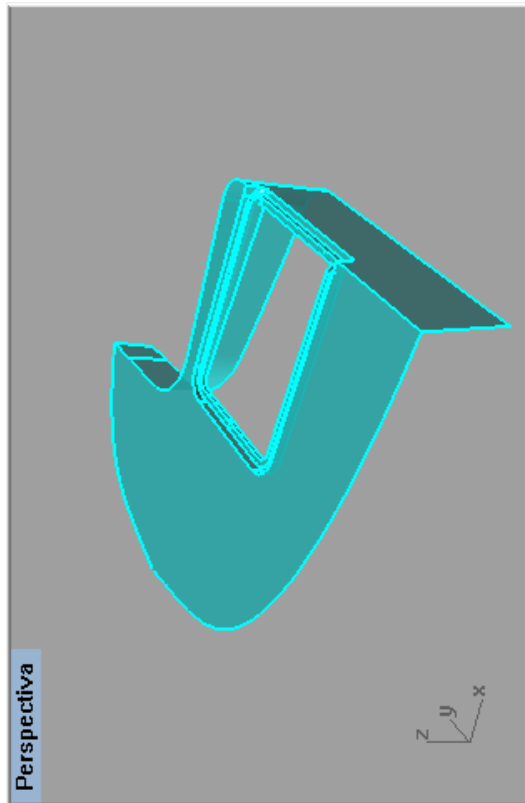


SOLARIUM FLY BRIDGE

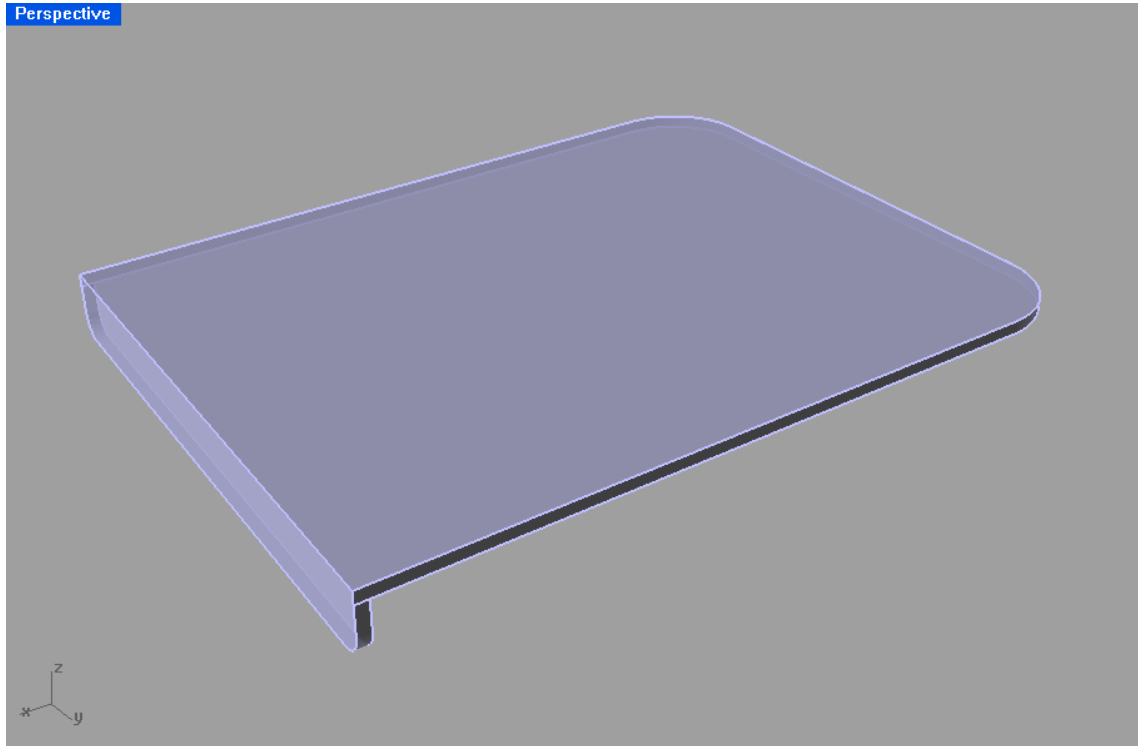


Superficie (m²)	2,90
Peso fibra (Kg)	6
Peso resina (Kg)	19
Peso total (Kg)	25

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

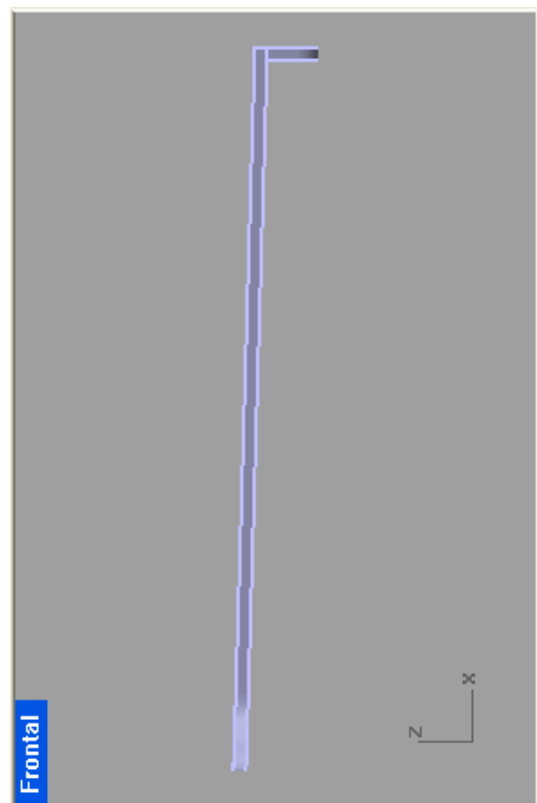
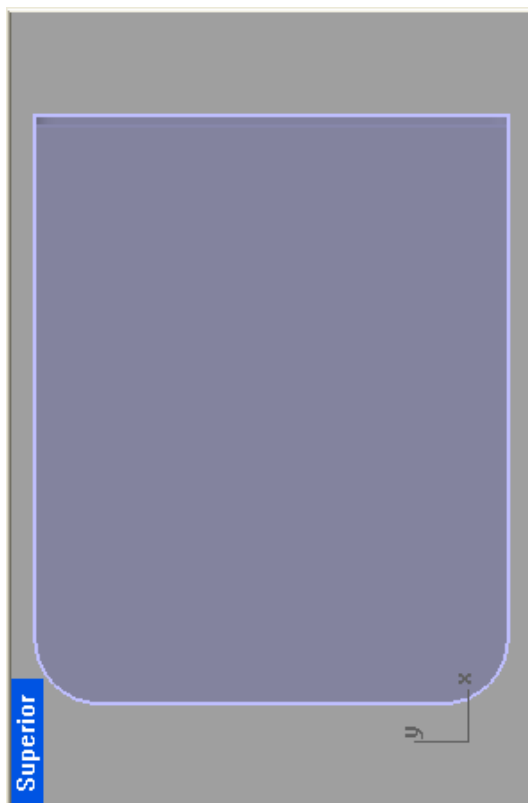
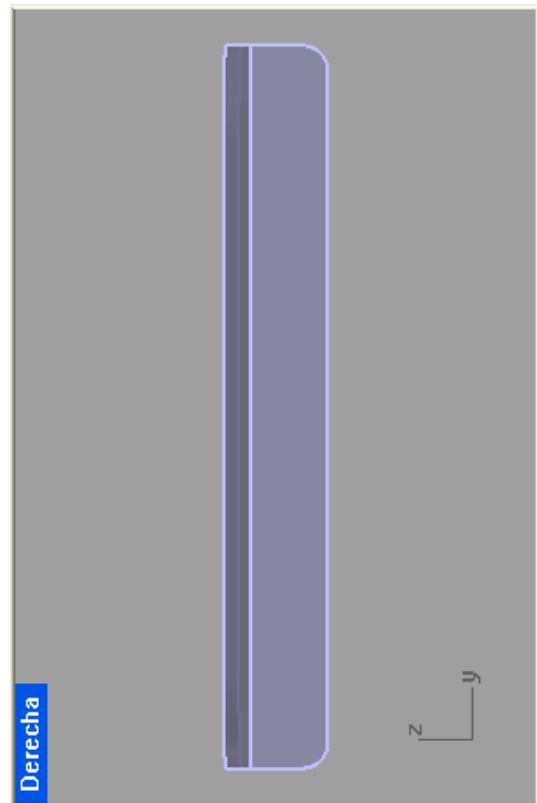
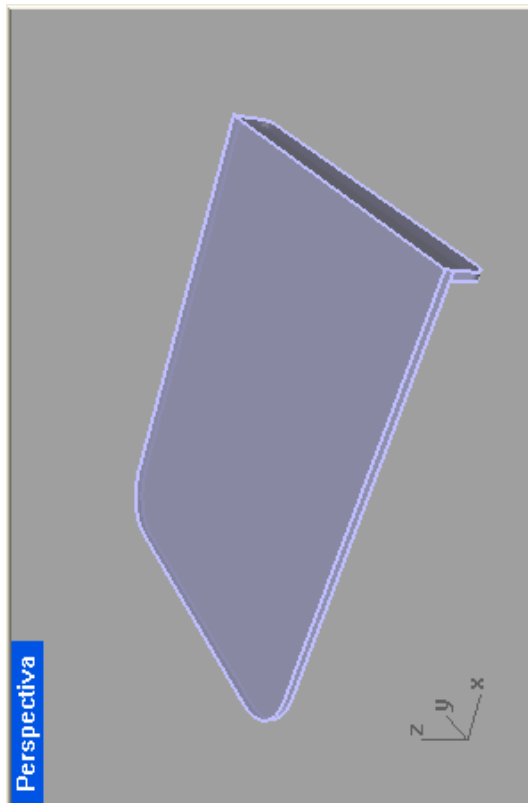


TAPA SOLARIUM FLY BRIDGE

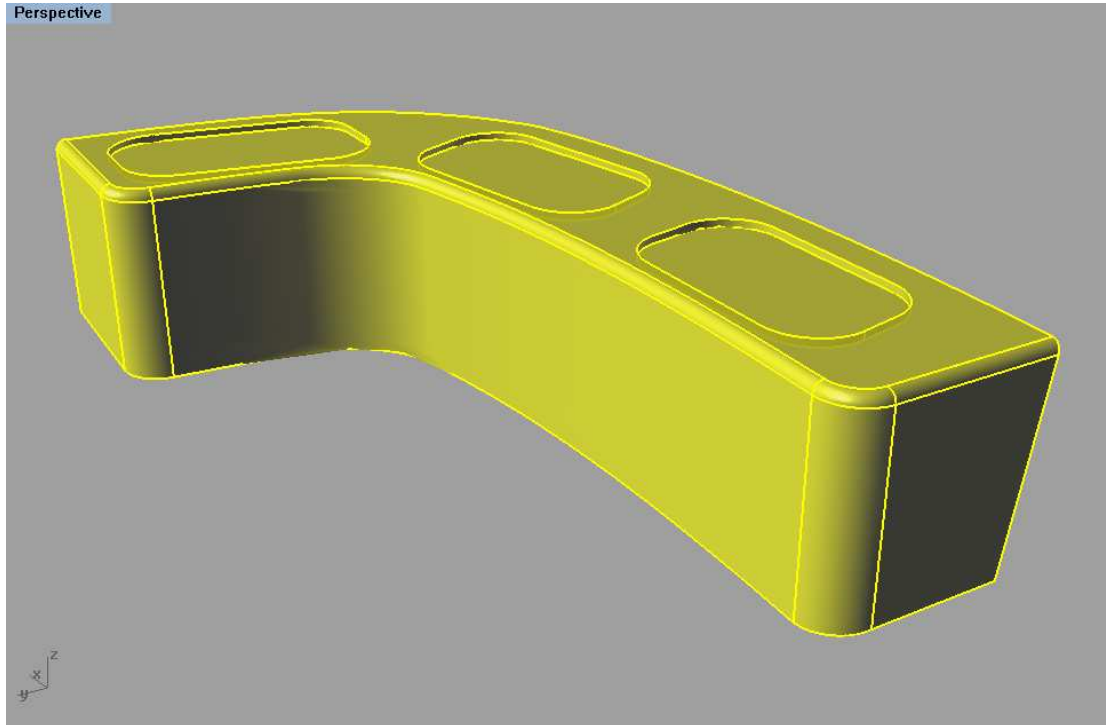


Superficie (m²)	0,7
Peso fibra (Kg)	1,4
Peso resina (Kg)	4,6
Peso total (Kg)	6

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

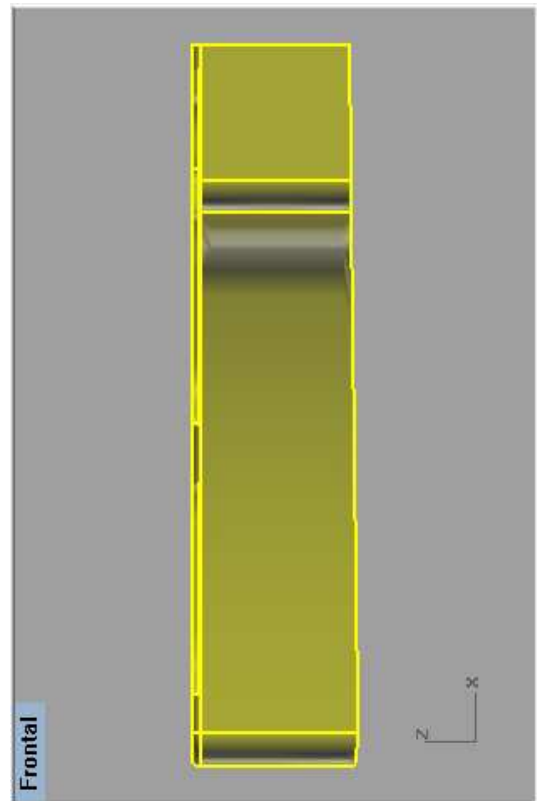
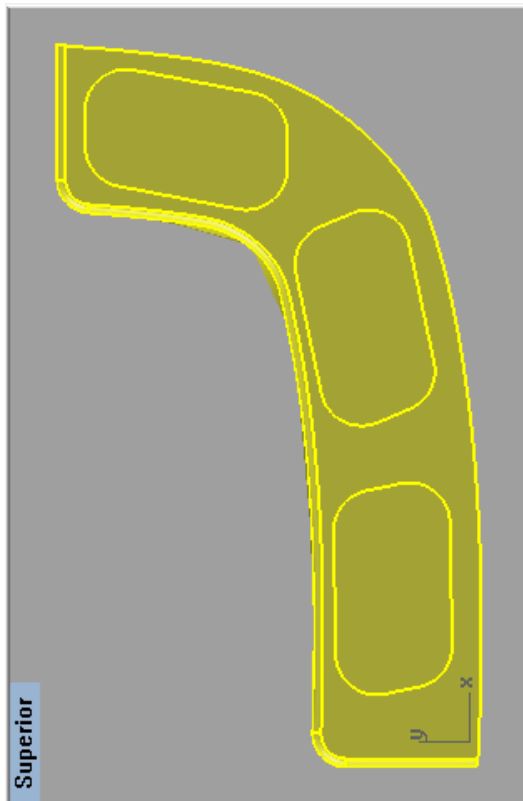
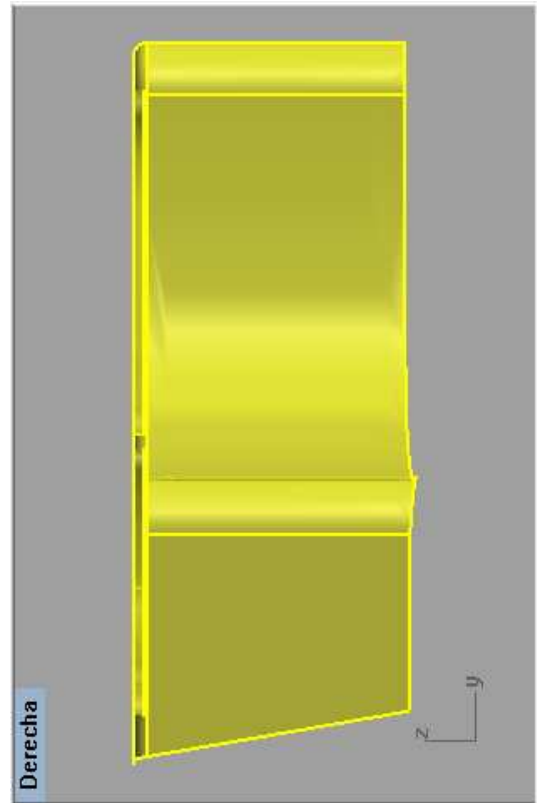
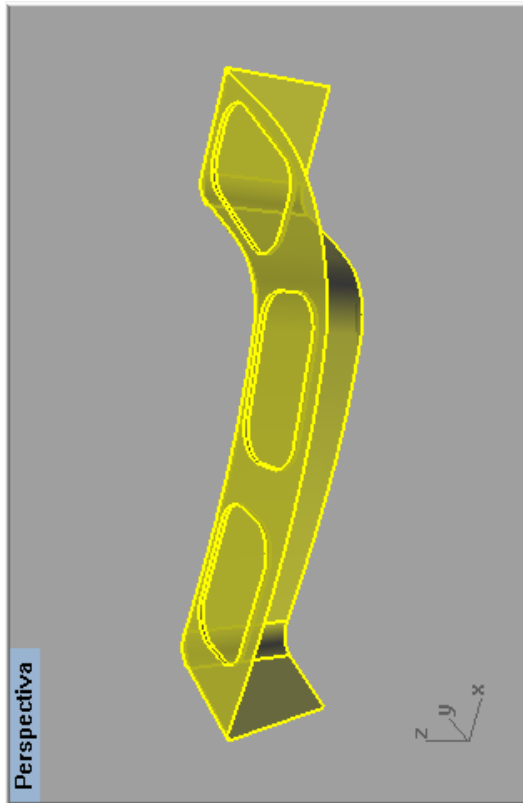


BANCO FLY BRIDGE

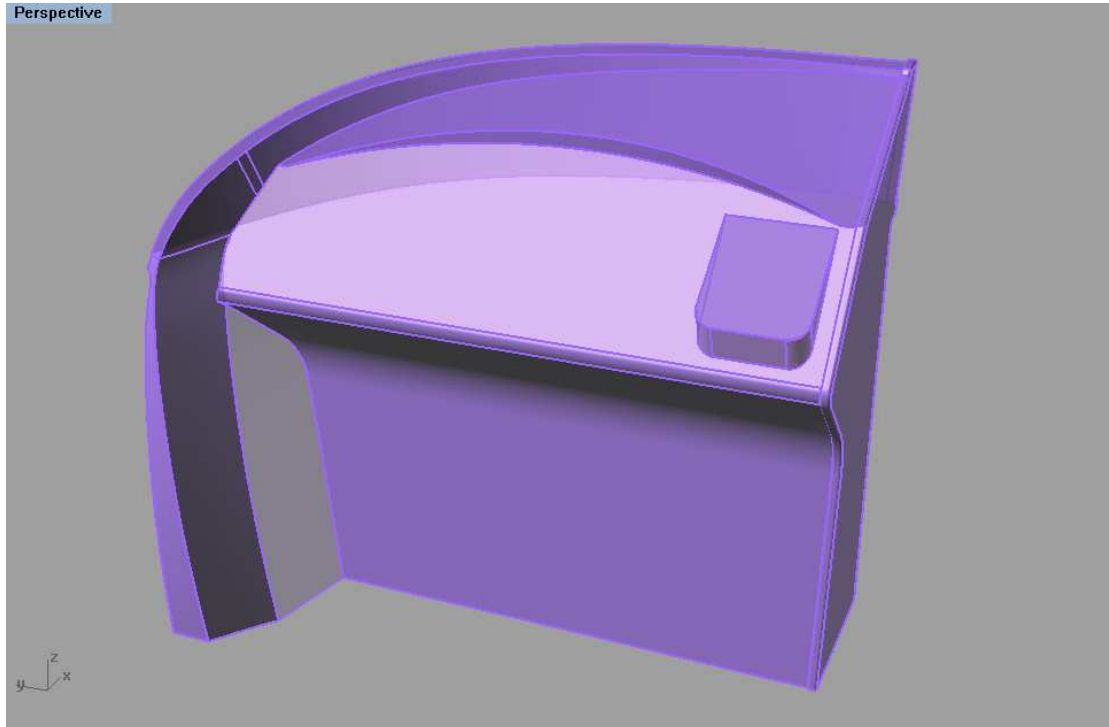


Superficie (m²)	1,84
Peso fibra (Kg)	4
Peso resina (Kg)	12
Peso total (Kg)	16

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m²)	Peso Laminado (g/m²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

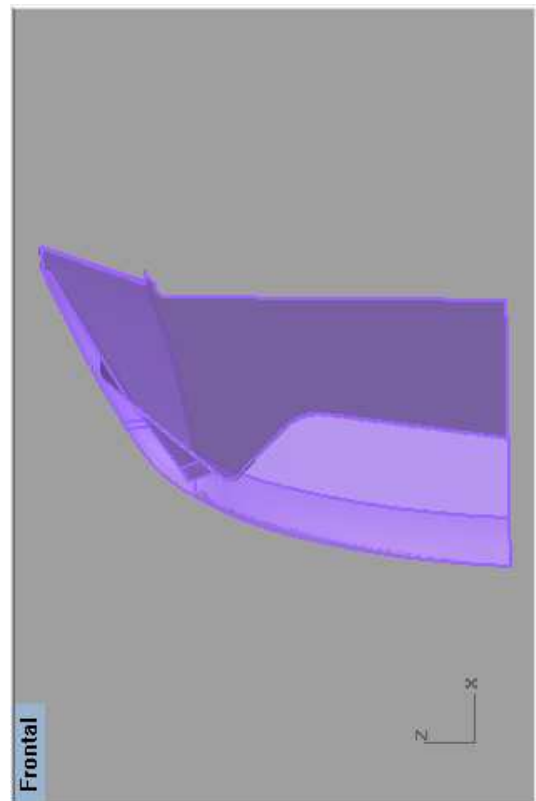
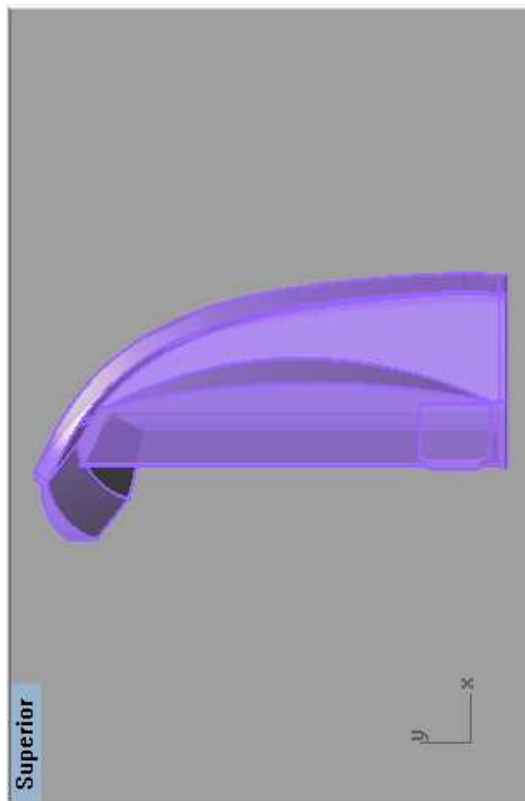
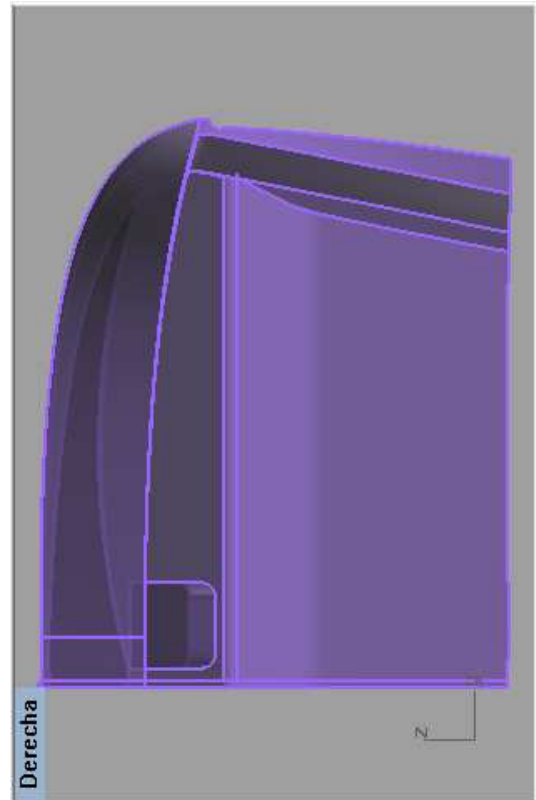
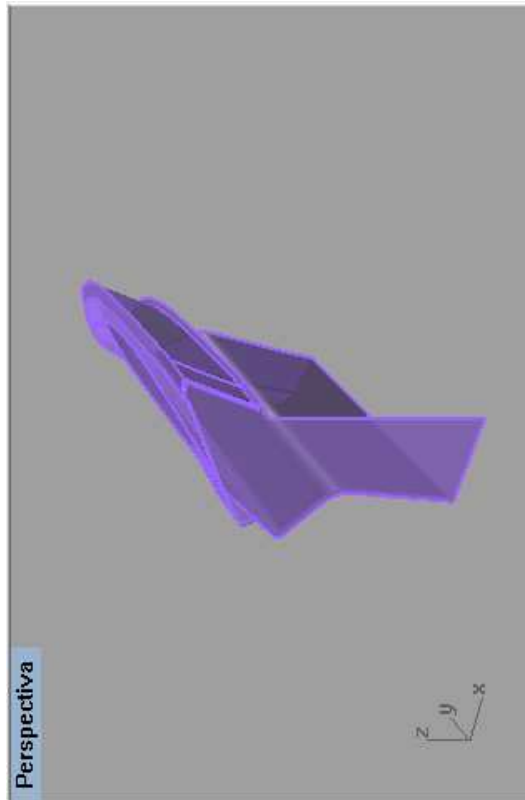


CONSOLA FLY BRIDGE

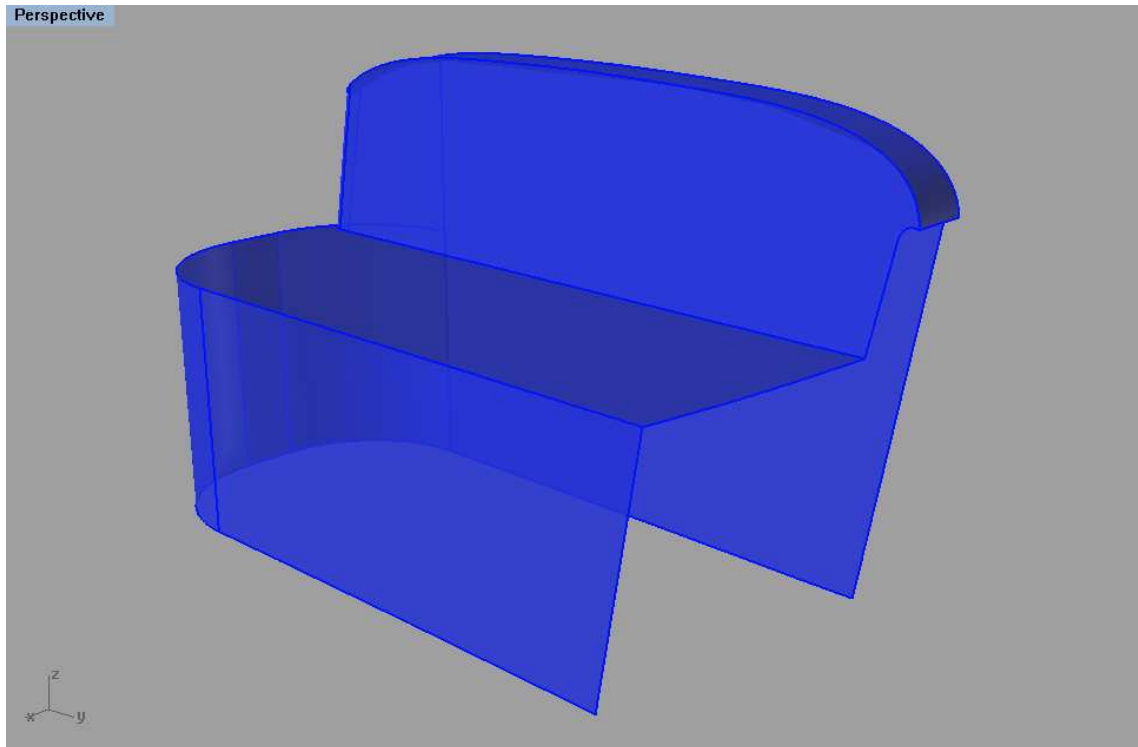


Superficie (m²)	1,92
Peso fibra (Kg)	4
Peso resina (Kg)	12
Peso total (Kg)	17

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710

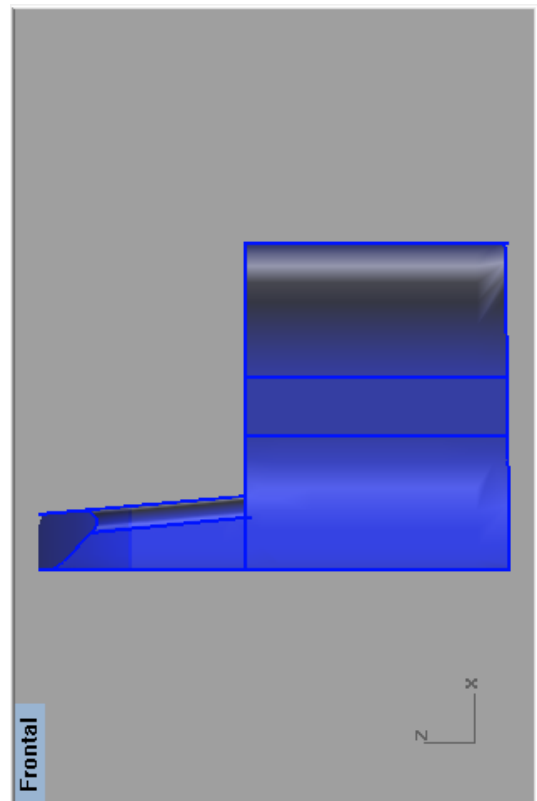
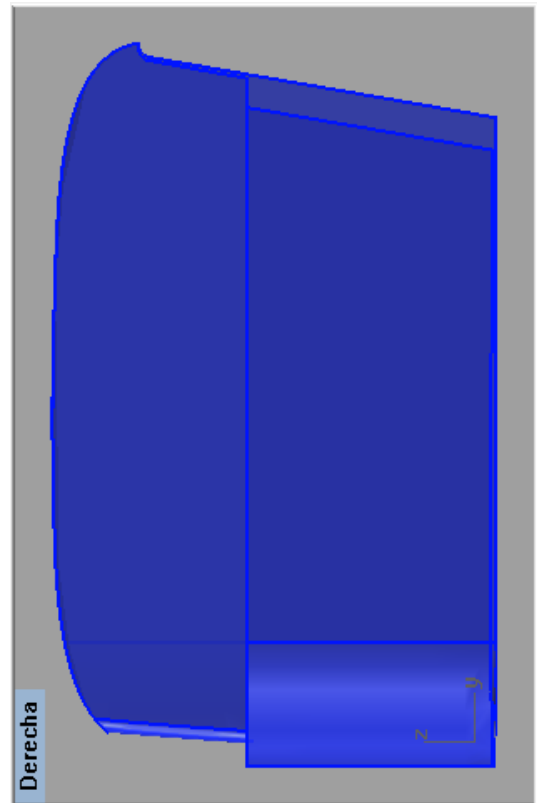
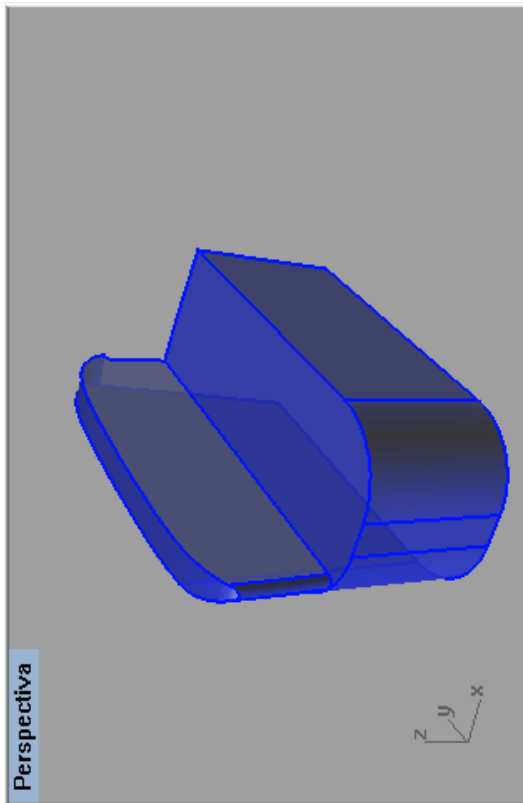


ASIENTO CONSOLA *FLY BRIDGE*

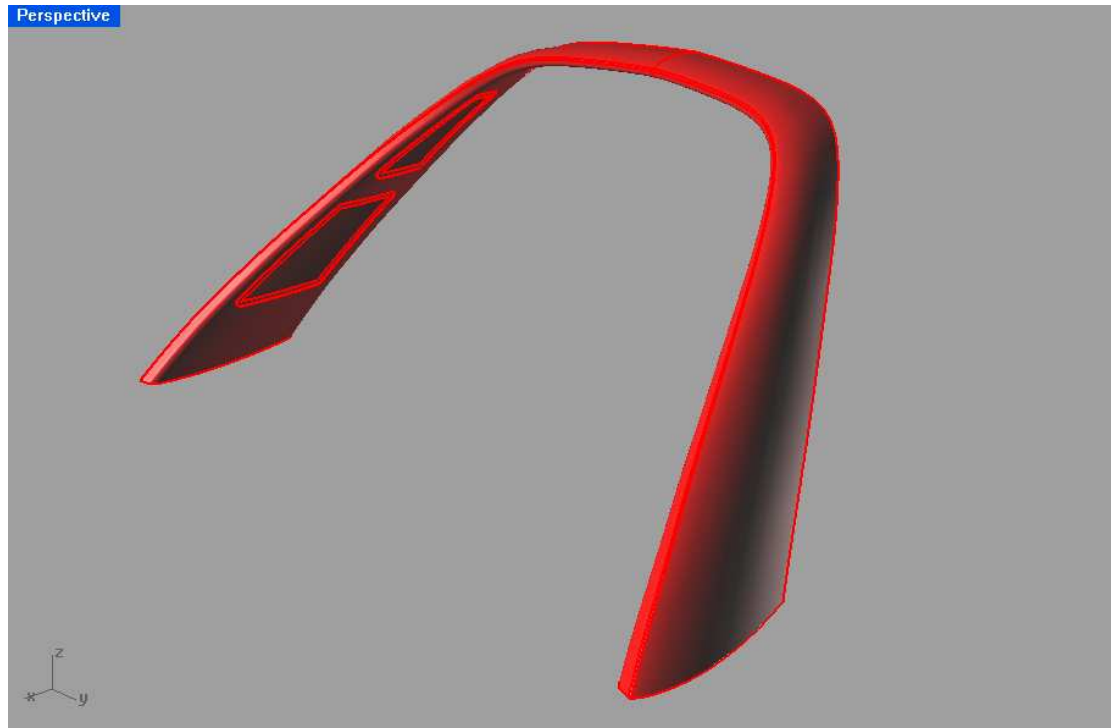


Superficie (m²)	2,11
Peso fibra (Kg)	5
Peso resina (Kg)	14
Peso total (Kg)	18

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	300	0,626	750	1050
4	CSM	300	0,626	750	1050
5	CSM	300	0,626	750	1050
6	Coremat	210	3	2000	2210
7	WR	500	0,614	750	1250
8	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2210	6,744	6500	8710



ARCO RADAR

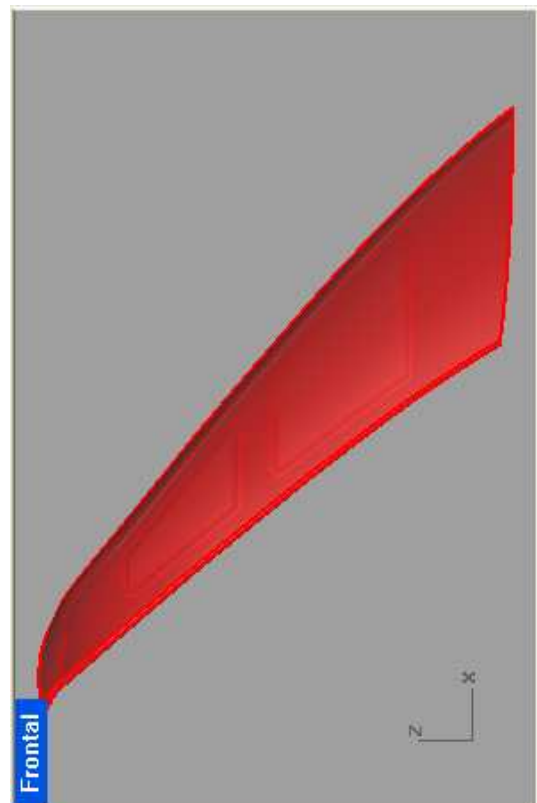
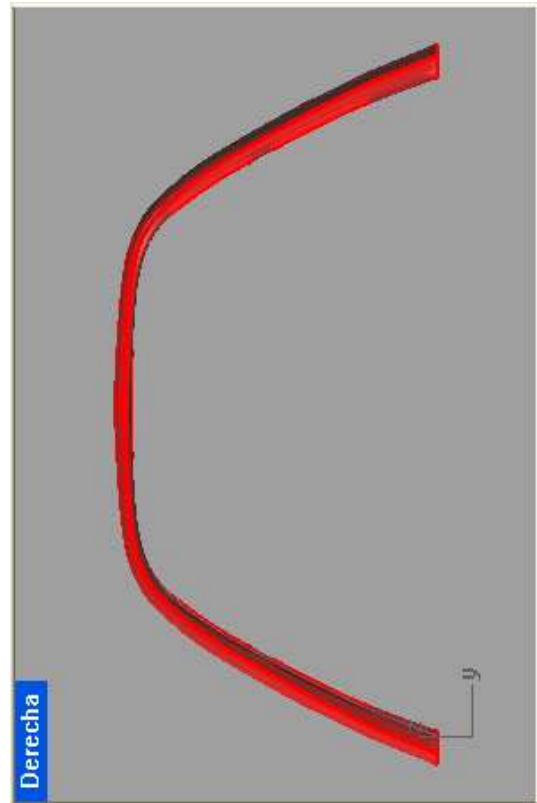


Superficie (m²)	2,77
Peso fibra (Kg)	8
Peso resina (Kg)	21
Peso total (Kg)	29

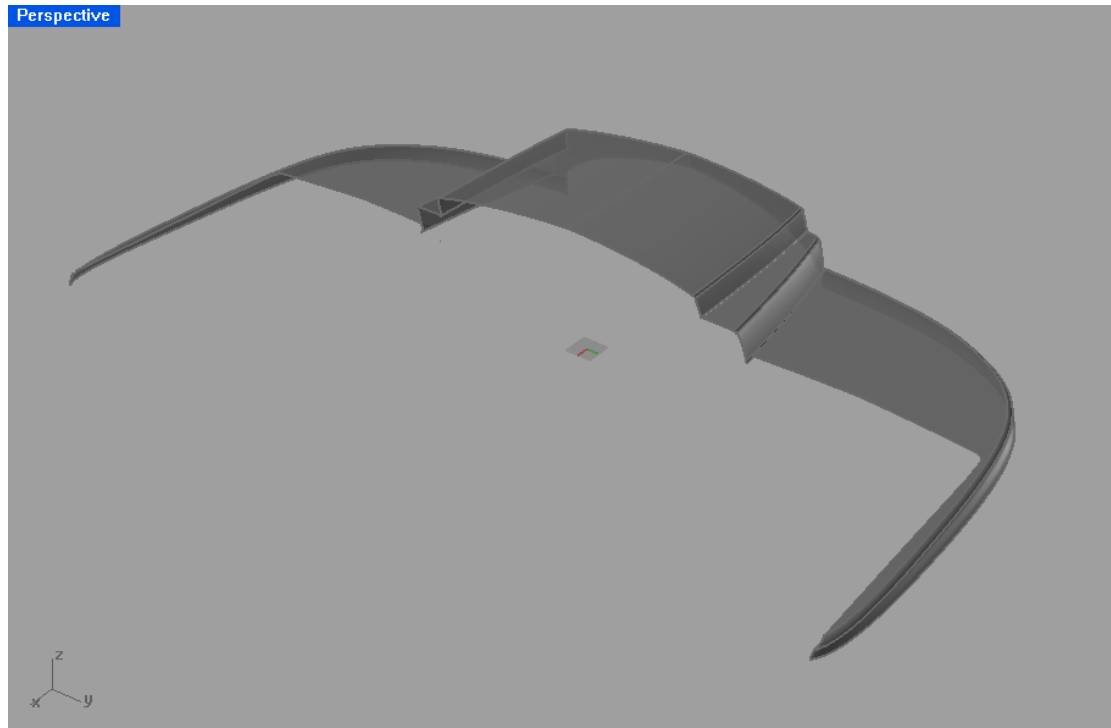
Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	500	0,614	750	1250
6	WR	300	0,626	750	1050
7	CSM	500	0,614	750	1250
8	WR	300	0,626	750	1050
9	CSM	450	0,939	1125	1575
Total		3250	5,923	7725	10375

REFUERZO

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	500	0,614	750	1250
6	WR	300	0,626	750	1050
7	CSM	500	0,614	750	1250
8	WR	300	0,626	750	1050
9	CSM	450	0,939	1125	1575
10	CSM	500	0,614	750	1250
11	WR	300	0,626	750	1050
12	CSM	500	0,614	750	1250
13	WR	300	0,626	750	1050
14	CSM	450	0,939	1125	1575



PLATAFORMA DE BAÑO



Superficie (m²)	9,25
Peso fibra (Kg)	24
Peso resina (Kg)	56
Peso total (Kg)	80

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m²)	Peso Laminado (g/m²)
1	Gelcoat	0		600	
2	CSM	300	0,626	750	1050
3	CSM	450	0,939	1125	1575
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	CSM	450	0,939	1125	1575
6	WR	500	0,614	750	1250
7	CSM	450	0,939	1125	1575
8	CSM	450	0,939	1125	1575
9	WR	500	0,614	750	1250
10	CSM	300	0,626	750	1050
Total		2600	4,996	6000	8600

AREA ROJA

Superficie (m²)	3,86
Peso total (Kg)	8

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	PVC 80	20	20	400	2000

AREA AMARILLA

Superficie (m²)	0,51
Peso total (Kg)	1

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Coremat	210	3	2000	2210

AREA VERDE

Superficie (m²)	5,14
Peso fibra (Kg)	12
Peso resina (Kg)	23
Peso total (Kg)	35

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	WR	500	0,614	750	1250
2	CSM	450	0,939	1125	1575
3	WR	500	0,614	750	1250
4	CSM	450	0,939	1125	1575
5	WR	500	0,614	750	1250
Total		2400	3,72	4500	6900

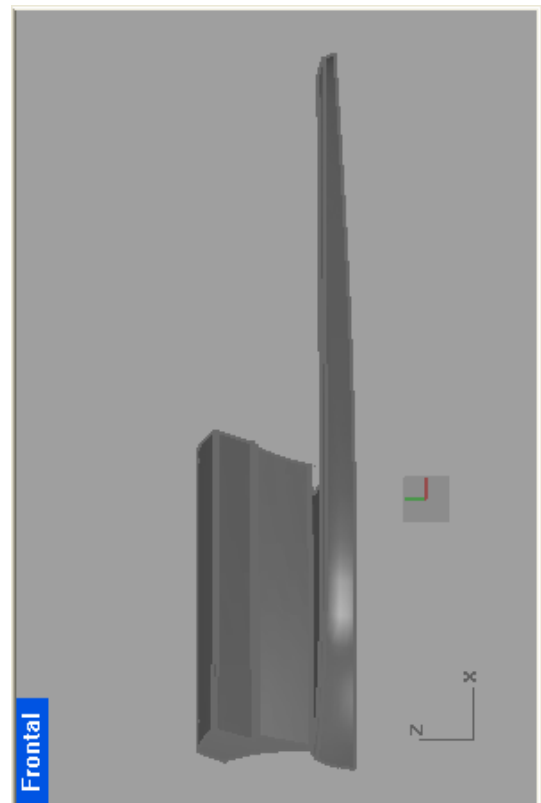
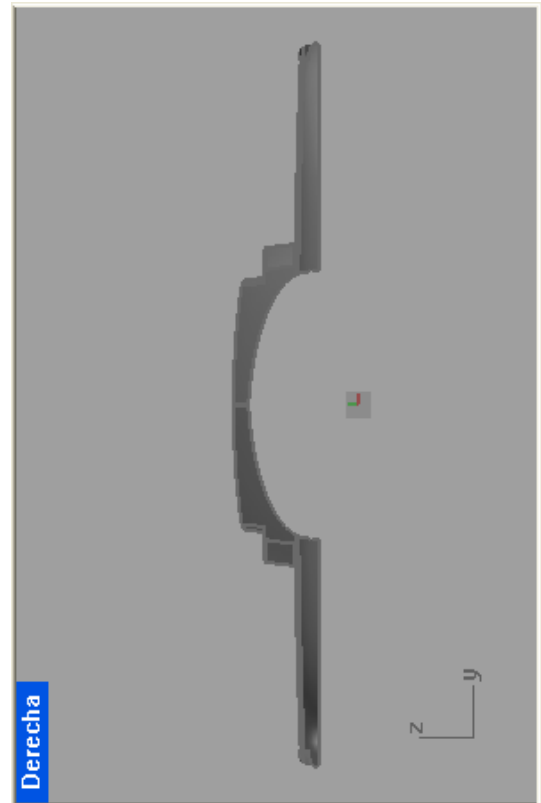
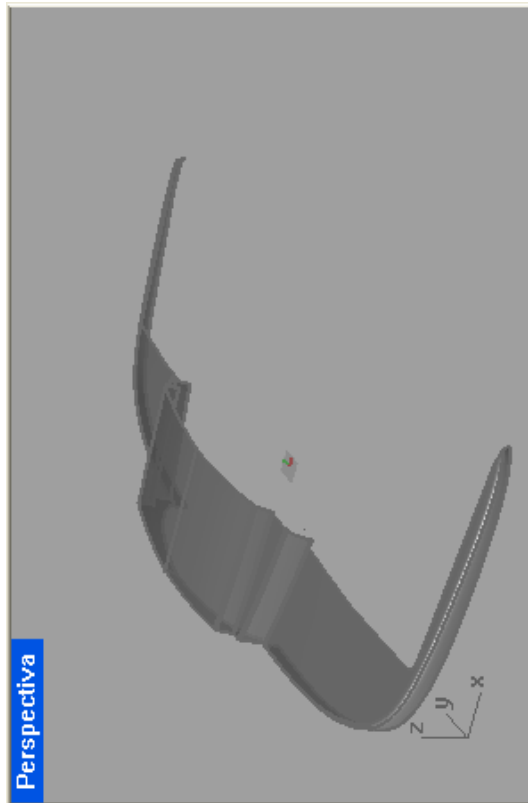
ÁREA ROSA

Superficie (m²)	1,7
Peso total (Kg)	11

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	Contra-chapado	6000	12	400	6400

BAOS PLATAFORMA

Capa	Refuerzo	Peso Fibra (g/m ²)	Espesor Laminado (mm)	Peso Resina (g/m ²)	Peso Laminado (g/m ²)
1	CSM	300	0,626	510	810
2	WR	500	0,614	440	940
3	CSM	600	0,626	440	1040
4	WR	500	0,614	440	940
5	CSM	300	0,626	510	810
6	WR	500	0,614	440	940
7	CSM	300	0,626	510	810
8	WR	500	0,614	440	940
Total		3500	4,96	3730	7230



PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

A continuación se expone una planificación de trabajo llevada a cabo en el Astillero. Esta planificación vendrá realizada como diagrama de Gantt, herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de que, en principio, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades, la posición de cada tarea a lo largo del tiempo hace que se puedan identificar dichas relaciones e interdependencias.

La planificación está realizada para una producción de dos catamaranes. Los catamaranes fabricados no son de configuración estándar, sino que a petición del cliente llevaba cierto equipamiento opcional, los cuales vendrán identificados en la planificación escritos en cursiva.

El comienzo de las obras se produjo en enero, finalizando las mismas en mayo de este mismo año.

Se ha tomado este periodo de tiempo ya que en el Astillero constructor fue el que se llevó a cabo en dichos meses, consiguiéndose resultados satisfactorios. Al igual que se ha tomado este periodo de tiempo a modo de ejemplo, se puede tomar cualquier otro para continuar con la producción del Astillero.

GLOSARIO

- **Ancla:** Instrumento fuerte de hierro forjado, en forma de arpón o anzuelo doble, compuesto de una barra, llamada caña, que lleva unos brazos terminados en uña, dispuestos para aferrarse al fondo del mar y sujetar la nave.
- **Babor:** Lado izquierdo de la embarcación mirando de popa a proa.
- **Bao:** Cada uno de los miembros de madera, hierro o acero que, puestos de trecho en trecho de un costado a otro del buque, sirven de consolidación y para sostener las cubiertas.
- **Barco:** Cualquier construcción cóncava, de cualquier tamaño, movida por cualquier procedimiento, destinada a la navegación.
- **Bitá:** Cada uno de los postes de madera o de hierro que, fuertemente asegurados a la cubierta en las proximidades de la proa, sirven para dar vuelta a los cables del ancla cuando se fondea la nave.
- **Borda:** Canto superior del costado de un buque. Parte comprendida entre la cubierta y la regala (por encima de la obra muerta).
- **Buque:** barco
- **Cabo:** Cualquiera de las cuerdas que se usan en una embarcación, construidas con fibras textiles, animales, vegetales o sintéticas; reciben diferentes nombres según su grosor. Estructura: Varias fibras torsionadas forman la filástica, varias filásticas componen el cordón y varios cordones el cabo.
- **Cabotaje:** Navegación o tráfico que se hace de puerto a puerto por las inmediaciones de la costa y tomando por guía principal los puntos conocidos de ésta.

- **Candeleros:** Cada uno de los puntales verticales, generalmente de metal, que se colocan en diversos lugares de una embarcación para asegurar en ellos cuerdas, telas, listones o barras y formar barandales, batayolas y otros accesorios.
- **Calado:** Profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de un barco.
- **Caña:** Parte del timón que sirve para empuñarlo. Parte correspondiente entre la cruz y el arganeo de un ancla.
- **Casco:** Cuerpo del buque, sin máquinas, arboladura ni pertrechos.
- **Catamarán:** Embarcación de dos cascos unidos por una cubierta.
- **Cincha:** Tira de lona que sirve para enganchar los pies y poder sacar el cuerpo fuera de borda.
- **Cintón:** Listón de madera que va por la parte exterior del buque en toda su longitud y sirve para defender el costado. En embarcaciones pequeñas se denomina verduguillo.
- **Cornamusa:** Pieza de madera, plástico, hierro o metal, en forma de T que sirve para amarrar por medio de vueltas los cabos de labor.
- **Costado:** Cada uno de los lados de un casco de proa a popa y desde la línea de flotación hasta la cubierta.
- **Cuaderna:** Cada una de las piezas curvas cuya base o parte inferior encaja en la quilla del buque y desde allí arrancan a derecha e izquierda, en dos ramas simétricas, formando como las costillas del casco.
- **Cubierta:** Cada uno de los pisos ó suelos de la embarcación que se sujetan en los costados del casco.
- **Cubierta principal:** Cubierta superior, que por antonomasia se llama solamente cubierta. La cubierta principal cierra el casco dándole estanqueidad y resistencia.

- **Desplazamiento:** Es el peso del volumen de agua de mar desplazado por la parte sumergida de la embarcación. Se expresa en toneladas.
- **Desplazamiento en rosca:** Valor expresado en toneladas métricas, que representa el peso de una embarcación sin carga, combustible, lubricantes, lastre, agua dulce, (tanques, tuberías y calderas secas), provisiones de consumo y sin pasajeros o tripulación ni sus efectos.
- **Disyuntor:** Dispositivo que corta automáticamente la corriente eléctrica cuando ésta sobrepasa una determinada intensidad.
- **Embarcación:** Toda construcción destinada a navegar, cualquiera que sea su clase y dimensión.
- **Enjaretado:** Especie de rejilla formada por barrotes y listones cruzados a escuadra.
- **Escotilla:** Cada una de las aberturas que hay en las diversas cubiertas para el servicio del buque.
- **Eslora:** Longitud que tiene la nave sobre la primera o principal cubierta desde el codaste a la roda por la parte de adentro.
- **Estanqueidad:** Propiedad de un casco o compartimiento del mismo de no permitir el ingreso de líquidos.
- **Estiba:** Colocación conveniente de los pesos de un buque, y en especial de su carga.
- **Estribor:** Lado derecho de la embarcación mirando de popa a proa.
- **Fondeo:** Fijar una embarcación en un lugar mediante un ancla. / Acción de dejar caer el ancla al fondo.
- **Gatera:** Agujero circular, revestido de hierro y abierto en las cubiertas de los buques, por el cual sale la cadena de la caja donde está estibada.
- **GPS:** Sigla de *Global Positioning System* o *Sistema de Posicionamiento Global*. Es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la

posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y utiliza 24 satélites geoestacionarios de la red Navstar.

- **Guardamancebo:** Cabo o cable que pasa de proa a popa por los extremos de los candeleros para seguridad de la tripulación.
- **Imbornal:** Agujero o registro en los trancaniles para dar salida a las aguas que se depositan en las respectivas cubiertas, y muy especialmente a la que embarca el buque en los golpes de mar.
- **Latiguillo:** Tubo delgado y flexible que comunica dos conductos.
- **Limera:** Tubo dentro del cual gira el eje del timón.
- **Línea de flotación:** Es la que determina el agua en la parte exterior del casco, separando la obra viva de la obra muerta.
- **Mamparo:** Tabique de tablas o planchas de hierro con que se divide en compartimentos el interior de un barco.
- **Manga:** Anchura mayor de un buque.
- **Mecha:** Eje del timón.
- **Molinete:** Artefacto mecánico de eje horizontal que sirve principalmente para levar la cadena del ancla. Pueden ser movido por energía eléctrica, hidráulica o manualmente. Su pieza fundamental es el barbotén, que es una corona con unas muescas que hacen que al enrollarse la cadena, ésta se acople perfectamente; va provisto de un freno.
- **Obra muerta:** Es la parte del casco que sobresale de la superficie del agua.
- **Obra viva:** Parte del casco comprendida desde la quilla hasta la línea de flotación. También se la denomina carena.
- **Pasacasco:** Válvula que atraviesa el casco

- **Plan:** La parte más plana y horizontal del casco, próxima a la quilla.
- **Popa:** Parte trasera de la embarcación.
- **Portillo:** Abertura estanca, generalmente redonda, que se encuentra en las cámaras o casco de la embarcación, para dar luz y ventilación.
- **Proa:** Parte delantera de la embarcación.
- **Puente de mando:** Lugar sobre la cubierta más alta desde el que se gobierna la nave y se monta, en caso de haberla, la guardia permanente.
- **Púlpito:** Baranda que va colocada a proa del buque, que cumple la misma función que el guardamancebo y sirve para afirmarlo.
- **Puntal:** Altura de la nave desde su plan hasta la cubierta principal o superior.
- **Quilla:** Pieza que corre de proa a popa, a lo largo de la línea media más baja del buque, siendo el principal refuerzo longitudinal, en el cual descargan los demás. Es la columna vertebral de una embarcación, la base de sustentación en donde encastran las cuadernas, la roda y el codaste.
- **Radar:** Aparato por medio del cual los objetos son localizados por ondas electromagnéticas. Una onda electromagnética transmitida es reflejada por un objeto, recibida e ilustrada por un osciloscopio o pantalla de rayos catódicos
- **Regala:** Tablón que cubre todas las cabezas de las ligazones en su extremo superior y forma el borde de las embarcaciones.
- **Roda:** Pieza que prolonga la quilla, empalmándose a ésta en dirección vertical o inclinada hasta la cubierta, rematando al casco por la proa.
- **Rueda de timón:** Rueda manejada por el timonel que transmite sus movimientos al timón.

- **Sentina:** Cavidad inferior de la nave, que está sobre la quilla y en la que se reúnen las aguas que, de diferentes procedencias, se filtran por los costados y cubierta del buque, de donde son expulsadas después por las bombas.
- **Sonda:** Aparato para medir la profundidad del mar.
- **Tambucho:** Escotilla protegida que da acceso a las habitaciones de la tripulación.
- **Timón:** Plancha o pala que se instala en la popa de la embarcación y, girando sobre un eje, sirve para darle dirección.
- **Timonel:** Quien gobierna el timón.
- **Trancanil:** Serie de maderos fuertes tendidos tope a tope y desde la proa a la popa, para ligar los baos a las cuadernas y al forro exterior.
- **Vagra:** Pieza longitudinal que se coloca en el casco, para trabar las cuadernas.
- **Varenga:** Pieza transversal que une la cuaderna y la quilla. Son muy importantes para reforzar lateralmente la estructura del barco.

BIBLIOGRAFIA

Ciencia e ingeniería de los materiales / Donald R. Askeland
Madrid: Paraninfo/Thomson Learnig, cop. 2001

Materiales compuestos / Derek Hull
Barcelona: Reverté, 1987

Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales / William F. Smith
4ª ed.
Madrid: McGraw-Hill, 2006

Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales / William D.
Callister
Barcelona: Reverté, 1995 (2004-2005 reimp.)

**Modelismo naval: tratado descriptivo y constructivo de modelos de
navíos y sus partes constitutivas** / Luis Segal
Buenos Aires: Ed. Hobby, [196-']

The fiberglass boat handbook / Jack Wiley
Blue Ridge Summit, PA: TAB Books, 1987

Apuntes de Fundamentos de la construcción naval / Prof. D. Jerónimo
Pérez Sánchez, Prof. D. Ricardo Miguel de la Villa, Prof. D Juan A. Lamas
León

Recursos electrónicos:

Enciclopedia multimedia Microsoft Encarta Premium 2008

Wikipedia, La enciclopedia libre

<http://www.wikipedia.org/>

Diccionario náutico

<http://www.diccionario-nautico.com.>

Arqhys

<http://www.arqhys.com>

Polímeros compuestos

<http://www.polimeroscompuestos.cl>

Chemia S.A.

<http://www.chemia.com.ar/>

Yanmar

<http://www.touron-nautica.com/yanmar.htm>

Volvo Penta

<http://www.volvo.com/volvopenta/>

DOCUMENTO Nº 2

PLIEGO DE CONDICIONES

1. ALCANCE Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL

El alcance del presente Proyecto es el “Diseño del Proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero”. Atendiendo a este propósito, en el Pliego de Condiciones se indican las especificaciones técnicas que debe presentar la embarcación fabricada. Este pliego puede ser adaptado a cualquier modelo similar de embarcación, pues aquí se especifican cuales son los parámetros necesarios tener en cuenta para su construcción, y qué especificaciones debe cumplir según su diseño, el cual no entra dentro del alcance del presente proyecto, por esta razón el Pliego de Condiciones únicamente está adaptado a las especificaciones que debe cumplir el producto objeto, que en nuestro caso es un catamarán fabricado en fibra de vidrio.

2. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA EMBARCACIÓN

La embarcación se construirá de acuerdo con las especificaciones siguientes:

Dimensiones generales del catamarán:

- Eslora total: 13,20 m.
- Eslora de casco: 11,98 m
- Manga máxima: 5,74 m.
- Calado: 0,95 m.
- Desplazamiento: 9.920 Kg.
- Potencia desde: 2x180 H.P. hasta 300 H.P.
- Velocidad máxima: \approx 24 nudos (según motorización)
- Capacidad combustible: 2x450 L.

- Capacidad agua dulce: 2x250 L.

El Constructor se compromete y obliga a construir un Buque según las condiciones descritas anteriormente, cuyos elementos principales y especificaciones generales son las siguientes:

- Cascos, plataforma central, cubierta, contramoldes, *fly bridge* y sus necesarios refuerzos contruidos en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

Sistemas de embarcación:

- Sistemas de refrigeración independiente por motor.
- 2 bombas sumergibles con alarma y accionamiento automático.
- 2 Bombas de achique manual en cámaras de máquinas.
- Sistema de imbornales en bañera, *fly bridge* y cubierta.
- 2 tanques de combustible de acero inoxidable 450 litros c/u.
- 2 tanques de agua dulce de PRFV 250 litros c/u.
- Ducha y toma de agua dulce en bañera.
- Tanque de aguas negras con filtro antiolor para cada uno de los inodoros instalados
- Ventilación de cámara de máquinas natural y forzada con ventiladores y extractores.
- Sistema de escape de gases húmedo.
- Dirección hidráulica.
- 2 extintores portátiles de polvo seco.
- 2 ánodos de sacrificio y 2 cónicos en los extremos de los ejes propulsores, aislador galvánico, y placa de masas independiente para los equipos eléctricos.

- Tratamiento preventivo ósmosis.

Elementos de casco, cubierta y herrajes:

- Molinete de 1500 W.
- 6 bitas de acero inoxidable.
- 6 gateras de acero inoxidable.
- 2 Limpiaparabrisas.
- Púlpito, asideros y barandillas en tubo de acero inoxidable pulido.
- 2 escaleras de baño telescópicas en acero inoxidable.
- Aislamiento insonorizante en cámara de máquinas.
- Cintón de aluminio anodizado. Ventanas frontales de vidrio templado, laterales correderas en vidrio templado, totalmente estancas.
- 2 mamparas de popa de acero inoxidable con cristales templados.
- 6 cañeros de acero inoxidable en bañera
- Puerta de acceso a interior, tipo corredera de acero inoxidable con cristales templados.

Habilitación:

- CAMAROTE PROA BABOR: Suelo en Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) con panas de contrachapado marino melaminado con madera barnizada. Cama doble con repisa lateral. Armario cabecero con luz y baldas. 2 Armarios laterales con perchero detrás de la puerta de acceso y a estribor de la puerta. Despacho con mesa. Sofá con respaldo y tambucho inferior. Alumbrado general mediante luces halógenas. Mobiliario y puertas en sándwich melaminado. Escotilla circular en el techo y portillo practicable de aluminio anodinado en el

lateral del camarote. Techos y laterales superiores forrados en cuero artificial.

- BAÑO DE CAMAROTE DE PROA BABOR: Paredes, suelo y techo en PRFV. Encimera y lavabo en PRFV. Ducha independiente con enjaretado de teca. Mueble de baño realizado en PRFV. Grifería monomando. Espejo. Portillo practicable de aluminio anodizado. Inodoro marino eléctrico.
- CAMAROTE PROA ESTRIBOR: Suelo en PRFV forrado con madera barnizada. Cama doble con repisa lateral. Armario cabecero con luz y baldas. Armario lateral con perchero. Sofá con respaldo y tambucho inferior. Alumbrado general mediante luces halógenas. Mobiliario y puertas en madera. Escotilla circular en el techo y portillo practicable de aluminio anodizado. Techos y laterales superiores forrados en cuero artificial.
- BAÑO DE CAMAROTE DE PROA ESTRIBOR: Paredes, suelo y techo en PRFV. Encimera y lavabo en PRFV. Ducha independiente. Mueble de baño realizado en PRFV. Grifería monomando. Espejo. Portillo practicable de aluminio anodizado. Inodoro marino eléctrico.
- CAMAROTE DE POPA BABOR: Suelo en PRFV forrado con madera barnizada. Mobiliario y puertas en madera. Cama doble con armario superior. Alumbrado general mediante luces halógenas. Portillo practicable de aluminio. Techos y laterales superiores forrados en cuero artificial.
- CAMAROTE DE POPA ESTRIBOR: Suelo en PRFV forrado con madera barnizada. Mobiliario y puertas en madera. Cama doble con armario superior. Alumbrado general mediante luces halógenas. Portillo practicable de aluminio. Techos y laterales superiores forrados en cuero artificial.
- BAÑO SUPERIOR: Paredes, suelo y techo en PRFV. Encimera en SILESTONE y lavabo en acero inoxidable. Ducha independiente. Mueble de baño realizado en PRFV. Grifería monomando. Espejo. Extractor eléctrico. Inodoro marino eléctrico Vetus.

- PUESTO PILOTO: Consola de PRFV en dos niveles. Asiento piloto doble tapizado en cuero artificial. Cuadro eléctrico compuesto por 12 disyuntores y controles de sistema eléctrico. Mandos completos de motores y relojes.
- COCINA: Mobiliario realizado en PRFV y madera. Dos fregaderos de acero inoxidable. Encimera de Silestone®. Cocina vitrocerámica de 2 fuegos. Nevera. Grifería monomando. Suelos de PRFV forrado con madera barnizada.
- SALÓN: Sofá principal en forma de L con capacidad para 7 personas, tapizado cuero artificial, tapizado en cuero artificial. Mobiliario realizado en PRFV y madera. Mesa central realizada en madera. Iluminación general compuesta por luces halógenas. Radio CD con altavoces aptos para el exterior. Suelos de PRFV forrado con madera barnizada. Techos realizados en PRFV imitación rugoso.
- *FLY BRIDGE*: Asiento piloto doble tapizado en cuero artificial. Mandos completos de motores y relojes, sofá en forma de L con colchonetas. Amplio solarium en popa. Arco radar en PRFV. Parabrisas de metacrilato en proa.
- BAÑERA: piso en PRFV con antideslizante. Escalera de acceso al *fly bridge* integrada con pasamanos en acero inoxidable. Mueble de servicio con lavamanos incorporado. Doble acceso a plataforma de baño. 6 cañeros de acero inoxidable. Asientos de popa con tambuchos. Accesos a salas de máquinas. Amplia plataforma de baño dotada de dos escaleras de baño, asideros y cofre de estiba de balsa.
- CÁMARA DE MÁQUINAS: Motores principales, con reductoras y líneas de ejes. Extractores y ventiladores. Baterías de servicio 2x185 Ah y arranque 2x110 Ah. Sistema de dirección doble.

Equipo de navegación y comunicaciones:

- VHF con DSC con repetidor en *fly bridge*, en ambos puestos se dispone de altavoz y micrófono. Compás en ambos puestos de gobierno.

- Radar 16 millas. Furuno M-1623 Radar 16MN.
- Piloto automático con doble estación. Piloto ComNav Commander Hidráulico.
- GPS plotter. Furuno GP-1650W GPS/PLOTTER.
- Sonda gráfica de 300 W. Simrad.

Electricidad:

- Cuadro principal de 12V.
- 2 baterías de 120 Ah., para arranque de motores.
- 2 baterías de 185 Ah para servicios.
- Toma de tierra con conectores de 16 A.
- Luces interiores y luces de navegación reglamentarias.
- Enchufes de 220 V en cada camarote, baños salón, cocina y estribor del salón (preinstalación).
- Tomas de TV en camarotes de proa, babor y estribor y salón (preinstalación).

Equipamiento opcional:

- Pack piloto: Piloto automático SIMRAD con display en puesto de gobierno y *fly bridge*.
- Pack electrónica: GPS, Plotter, Sonda y Radar 36 millas SIMRAD modelos CX44E (10 pulgadas) en puesto de gobierno y modelo DS33 (6 pulgadas) en *fly bridge*.
- Generador Kohler 75 FODZ.
- Aire acondicionado marca Webasto en camarotes proa y salón.

- Recubrimiento de teca en bañera, plataforma de baño, y escaleras de acceso a *fly bridge*.
- Recubrimiento de Tekaflex en bañera, plataforma de baño, y escaleras de acceso a *fly bridge*.
- Recubrimiento de teca en pasillos laterales.
- Recubrimiento de Tekaflex en pasillos laterales.
- Recubrimiento de teca en *fly bridge*.
- Recubrimiento de Tekaflex en *fly bridge*.
- Mesa de teca para bañera.
- Cargador/Convertidor 220 v AC/12 v DC de 800 watos.
- Bimini.
- Bomba de agua salada en bañera.
- Iluminación de cortesía tipo led.
- 4 luces submarinas tipo led.
- Grabado mediante láser de nombre de la embarcación.
- Cristales laterales ampliados en camarotes de proa.
- Equipo de amarre y fondeo.
- Funda exterior para ventana de salón.
- Calentador de agua.
- *Antifouling*.
- Habilitación camarote *skipper*.
- Ice Maker.
- Antena TV. por satélite.

- Segunda nevera en cocina.
- Cortinas en todo el barco (camarotes, baños y salón).
- Potabilizadora.

DOCUMENTO Nº 3

PRESUPUESTO

1. OBJETIVO

El objetivo principal del cálculo del presupuesto es establecer si la embarcación será competitiva en el mercado, junto a productos de similares características.

Se ha procurado, por tanto, realizar una estimación del presupuesto lo más detallado posible. Para ello se ha consultado con proveedores de distintas marcas, y se ha realizado una estimación bastante exacta de todos los materiales necesarios para la construcción de la embarcación.

En cuanto a la estimación de horas-hombre necesarias para su construcción, se ha realizado un desglose de las actividades que se deben llevar a cabo, y se ha establecido un número coherente de horas que necesitan para poderlas ejecutar con satisfacción, haciendo uso de los conocimientos de un Astillero constructor.

Para la estimación del presupuesto no se tendrá en cuenta el coste de la construcción del modelo ni del molde. Se estimará el coste de construcción de una unidad y se tendrá en cuenta a la hora de establecer el precio de venta, donde se debe de amortizar la inversión inicial derivada de la construcción del modelo y molde, así como los gastos fijos derivados del funcionamiento del Astillero, gastos derivados de servicios primarios, como son los gastos de luz, agua, etc.

Para estimar el presupuesto se han considerado dos apartados diferentes: materiales y mano de obra.

A continuación se exponen las estimaciones realizadas en cada caso.

2. MATERIALES

Los gastos de construcción producidos por los materiales se han resumido englobándolos en diferentes apartados en función de sus características, los cuales coinciden con los cuatro grupos genéricos que se establecieron para la realización del montaje:

- Laminación
- Carpintería e Interiores
- Electricidad y Mecánica
- Fontanería, Herrajes y Accesorios

En los siguientes cuadros se muestra de forma extendida dicha estimación. Se tendrá en cuenta que los precios de todos los materiales aquí estudiados no incluyen el I.V.A.

2.1. LAMINACIÓN

Material	Cantidad	Precio	Coste (euros)
Mat 300	650 Kg	1,85 euros/Kg	1.202,5
Mat 450	560 Kg	1,82 euros/Kg	1.019,2
Mat 600	370 Kg	1,82 euros/Kg	673,4
Velo de Superficie 30	30 Kg	1,65 euros/Kg	49,5
Tejido 300	150 Kg	2,10 euros/Kg	315
Tejido 500	750	2,20 euros/Kg	1.650
Coremat® 3 mm	82 m ²	4,12 euros/m ²	337,84
PVC	38 m ²	24,97 euros/m ²	948,86
Poliuretano	20 m ²	10,17 euros/m ²	203,4
Gelcoat	110 Kg	8,20 euros/Kg	902
Resina	4.660 Kg	1,91 euros/Kg	8.900,6
Peróxido de MEC	95 Kg	3,6 euros/Kg	342
Acetona	400 L	0,69 euros/L	276
Parafina	50 Kg	6,65 euros/Kg	332,5
Octoato de cobalto	25 Kg	6,25 euros/Kg	156,25
Cera desmoldeante	25 u.	17,54 euros/u	438,5
Material diverso (selladores, oxido de sílice, masillas,...)			500
TOTAL			
18.247,55			

2.2. CARPINTERÍA E INTERIORES

Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Puertas	7	180	1.260
Mesa salón extensible y con pie regulable	1	420	420
Armarios de cocina	2	120	240
Puertas de armarios de cocina	4	130	520
Armarios de camarotes	2	320	640
Mesillas de camarotes	2	120	240
Mamparos de camarotes	6	180	1.080
Rodapiés y otros	1	550	550
Recubrimiento de Tecaflex en bañera, plataforma de baño, y escaleras de acceso a <i>fly bridge</i>	1	6.500	6.500
Recubrimiento de Tecaflex en pasillos laterales	1	5.600	5.600
Recubrimiento de Tecaflex en <i>fly bridge</i>	1	1.800	1.800
			TOTAL
			18.850

2.3. ELECTRICIDAD Y MECÁNICA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Batería 12 V y 120 Ah para arranque de motores	2	165	330
Batería 12 V 185 Ah para servicios	2	187,50	375
Cajas de baterías de polipropileno	4	20,62	82,48
Panel de fusibles 8 entradas	1	15,2	15,2
Bomba achique de sentina 3400 l/h	2	85,75	171,5
Contacto automático para bomba de sentina	2	36,99	73,98
Luces de techo halógenas	12	22,8	273,6
Luces de navegación babor, estribor y popa	1	46	46
Molinete del ancla 1500 W	1	1.659	1.659
Enchufes de 220 V en cada camarote, baños salón, cocina y estribor	12	6	72
Tomas de TV en camarotes de proa, babor y estribor y salón	3	10	30
Cables	1	260	260
Limpiaparabrisas eléctrico	1	228,15	228,15
			TOTAL
			3.616,91

DIRECCIÓN			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Rueda de timón	2	136,58	273,16
Conjunto dirección	2	450	900
			TOTAL
			1.173,16

SISTEMA DE COMBUSTIBLE			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Depósito de combustible 450 L	2	350	700
Boca de llenado de combustible	2	30	60
Indicador de fuel	2	19	38
Respiradero de cámaras de máquinas	2	22	44
Demás accesorios	2	50	100
			TOTAL
			942

EQUIPO DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Radars 16 millas. Furuno M-1623 Radar 16MN con cableado	1	1.215	1.215
Sonda gráfica de 300 W. Simrad transductor	1	370	370
GPS plotter. Furuno GP-1650W GPS/PLOTTER	1	1.318	1.318
VHF con DSC con repetidor en <i>fly bridge</i>	1	712,2	712,2
Piloto automático con doble estación	1	1.158,30	1.158,30
Equipo Hi-Fi con altavoces marinos	1	150	150
			TOTAL
			4.923,5

CÁMARA DE MÁQUINAS			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Motor Yanmar 4BY180 Unlimited	2	22.273	44.546
Motor Yanmar 4BY260 Unlimited	2	26.447	52.894
Motor Volvo D4300	2	30.010	60.020
Instalación completa de todos los accesorios y escapes	1	3.800	3.800
TOTAL			
	2 x 180 HP		48.346
	2 X 240 HP		56.694
	2 X 300 HP		63.820

2.4. FONTANERÍA, HERRAJES Y ACCESORIOS

ELEMENTOS DE CUBIERTA			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Cornamusas de amarre	6	15,8	94,8
Boca de llenado de agua de 45mm con manguera	2	23,5	47
Boca de succión de deposito séptico	1	40,1	40,1
Respiradero de tanque séptico con mangueras	1	12	12
Barandilla de acero inoxidable de cubierta	1	2.000	2.000
Barandilla de acero inoxidable de <i>fly bridge</i>	1	1.000	1.000
Bisagras tambucho pozo del ancla	4	5	20
Material antideslizante en cubierta	1	589,7	589,7
Cristales y policarbonatos	1	4.800	4.800
Escotillas	2	274	548
Puerta corredera salón	1	600	600
			TOTAL
			9.751,6

HABILITACIÓN			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Colchón camarotes de proa	2	350	700
Colchón camarotes de popa	2	200	400
Cojines	5	25	125
Techos forrados en cuero artificial	4	180	720
			TOTAL
			1.945

ASEOS			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
W.C. Marino eléctrico	3	400	1.200
Depósitos de aguas fecales	3	150	450
Grifo de fondo pasacasco entrada de agua W.C.	3	10	30
Grifo de fondo pasacasco salida de aguas sucias W.C.	3	25,3	75,9
Tuberías y arandelas W.C.	3	16,50	49,5
Placa de ducha	1	385	385
Lavabo de acero inoxidable	1	100	100
Tuberías grifo de fondo y abrazaderas lavabo	3	20	60
Manguera hasta deposito de agua	3	18	54
Espejos	3	60	180
Bombas fecales de achique	3	105,25	315,75
Grifería	3	140	420
Tratamiento antiósmosis	1	450	450
			TOTAL
			3.770,15

COCINA			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Vitrocerámica de 3 fuegos	1	350	350
Fregadero de acero inoxidable	1	89	89
Kit de conexión de gas	1	80	80
Grifo de fondo y pasacasco salida de agua	1	12,28	12,28
Manguera hasta depósito de agua	1	20,05	20,05
Bomba de presión de agua	1	400	400
Nevera	1	560	560
Horno microondas	1	300	300
Encimera	1	450	450
Grifo cocina	1	61	61
			TOTAL
			2.322,33

ACCESORIOS Y OTROS EQUIPAMIENTOS			
Material	Cantidad	Precio (euros)	Coste (euros)
Ancla de 20 Kg	1	226,98	226,98
Cadena de ancla	1	310	310
Escalera de baño en acero inoxidable con 3 peldaños	2	147	294
Asiento de piloto	1	165,69	165,69
			TOTAL
			996,67

2.5. EQUIPAMIENTO OPCIONAL

Material	Precio (euros)
Pack piloto: Piloto automático SIMRAD con display en puesto de gobierno y <i>fly bridge</i>	3.550
Pack electrónica: GPS, Plotter, Sonda y Radar SIMRAD en puesto de gobierno y <i>fly bridge</i>	9.500
Generador Kohler 6 Kw	11.000
Aire acondicionado camarotes proa y salón	15.000
Recubrimiento de teca en bañera, plataforma de baño, y escaleras de acceso a <i>fly bridge</i>	9.500
Recubrimiento de teca en pasillos laterales	7.500
Recubrimiento de teca en <i>fly bridge</i>	2.600
Mesa de teca para bañera	1.100
Cargador/Convertidor 220 vAC/12 vDC	1.300
Bimini	1.250
Bomba de agua salada en bañera	325
Iluminación de cortesía tipo led	560
Luces submarinas tipo led	1.600
Grabado mediante láser de nombre de la embarcación	300
Cristales laterales ampliados en camarotes de popa	1.100
Equipo de amarre y fondeo	1.100
Funda exterior para ventana de salón	400
Calentador de agua	1.500
<i>Antifouling</i>	2.100
Ampliación parabrisas <i>fly bridge</i>	300
Habilitación de camarote de <i>skipper</i>	4.000
Segunda nevera en cocina	900
Antena TV por satélite	450
Ice Maker	300
Potabilizadora	3.390
Cortinas en todo el barco (camarotes, baños y salón)	60

2.6. COSTE TOTAL DE MATERIALES

Existen tres tipos de motorización a elegir en la configuración estándar del catamarán. En función del tipo de motorización elegida, el precio de construcción de un buque estándar (sin equipamiento opcional) variará.

Si añadimos el I.V.A al presupuesto que hemos desglosado hasta el momento, podemos observar que el presupuesto calculado de los materiales del buque serán los siguientes en función de la motorización elegida por el cliente:

MOTORES	COSTE DE MATERIALES (euros)
2 x 180 HP	133.266,45
2 x 260 HP	142.950,13
2 x 300 HP	151.216,29

3. MANO DE OBRA

A la hora de establecer el coste de la mano de obra, se ha estudiado la planificación de trabajo que se lleva a cabo para la construcción de una embarcación con configuración estándar (sin equipamiento opcional), y se ha establecido una aproximación de las horas necesarias para la construcción del producto, así como el precio por hora hombre.

A continuación mostramos una tabla en la que se refleja el número de horas, desglosado en las actividades que deben llevar a cabo los operarios tanto de la construcción y montaje de la embarcación.

3.1. LAMINACIÓN

CASCOS	
Actividad	Horas - Hombre
Aplicación <i>gelcoat</i>	128
Laminación	897
Desmoldeo y reparación	70
Bancada motores	8
Tratamiento antiósmosis	25
Antifouling	8
	TOTAL
	1.133

CUBIERTA	
Actividad	Horas - Hombre
Aplicación <i>gelcoat</i>	130
Laminación	480
Desmoldeo y reparación	40
Unión casco - cubierta	100
	TOTAL
	750

FLY BRIDGE / CONTRAMOLDE	
Actividad	Horas - Hombre
Aplicación <i>gelcoat</i>	16
Laminación	80
Desmoldeo y reparación	16
Unión <i>fly bridge</i> - contramolde	48
Unión <i>fly bridge</i> - cubierta	48
	TOTAL
	208

ARCO RADAR	
Actividad	Horas - Hombre
Aplicación <i>gelcoat</i>	8
Laminación	16
Desmoldeo y reparación	16
Unión arco radar - <i>fly bridge</i>	8
	TOTAL
	48

CONTRAMOLDES INTERIORES	
Actividad	Horas - Hombre
Aplicación <i>gelcoat</i>	16
Laminación	80
Desmoldeo y reparación	36
Unión WC de proa	32
Unión camarotes de proa	32
Unión camarotes de popa	32
	TOTAL
	228

MOBILIARIO SALÓN, CUBIERTA Y FLY BRIDGE	
Actividad	Horas - Hombre
Aplicación <i>gelcoat</i>	64
Laminación	160
Desmoldeo y reparación	64
Montaje mobiliario	128
	TOTAL
	416

PLATAFORMA DE BAÑO	
Actividad	Horas - Hombre
Aplicación <i>gelcoat</i>	8
Laminación	64
Desmoldeo y reparación	48
Unión plataforma de baño - casco	35
	TOTAL
	155

TOTAL HORAS - HOMBRE LAMINACIÓN	2.938
--	--------------

3.2. CARPINTERÍA E INTERIORES

CARPINTERÍA	
Actividad	Horas - Hombre
Mamparos	56
Puertas	64
Armarios	144
Panas y suelos	24
Techos de interior	80
Cerraduras y remates de carpintería	64
	TOTAL
	432

INTERIORES	
Actividad	Horas - Hombre
Tapizado de interiores	61
Tapizado de colchonetas	1
Encimera de Silestone®	1
Colocación de puerta corredera del salón	1
	TOTAL
	64

TOTAL HORAS - HOMBRE CARPINTERÍA E INTERIORES	496
--	------------

3.3. ELECTRICIDAD Y MECÁNICA

ELECTRICIDAD	
Actividad	Horas - Hombre
Instalación líneas AC/DC	60
Panel eléctrico AD/DC	16
Iluminación interior/externo	24
Interruptores y enchufes	16
Conexiones a motores	16
Conexiones a elementos de cubierta	16
Equipamiento de cocina	8
Electrónica	26
	TOTAL
	182

MECÁNICA	
Actividad	Horas - Hombre
Sistema de alimentación de motores	2
Sistema de refrigeración de motores	2
Sistema de escape de motores	2
Sistema de gobierno	4
Ejes, arbotantes y hélices	4
Aislamiento acústico de sala de máquinas	64
Colocación de motores	20
	TOTAL
	98

TOTAL HORAS - HOMBRE ELECTRICIDAD Y MECÁNICA	280
---	------------

3.4. FONTANERÍA, HERRAJES Y ACCESORIOS

FONTANERÍA	
Actividad	Horas - Hombre
Introducción Depósitos de agua	64
Instalación circuito de agua dulce	88
Instalación circuito de aguas negras	24
Instalación Sistema de achique	24
Montaje bombas de agua dulce	16
Instalación de WC	8
Instalación de grifería	16
	TOTAL
	240

HERRAJES Y ACCESORIOS	
Actividad	Horas - Hombre
Colocación de herrajes de cubierta	77
Montaje de timones	8
Montaje de barandillas de cubierta	32
Montaje de molinete de anclas	8
Instalación de limpiaparabrisas y bocina	16
Montaje de barandillas de <i>fly bridge</i>	8
Colocación de cristales y policarbonatos	16
Colocación de herrajes en plataforma de baño	16
Instalación de tanques de gas oil	16
Recubrimiento de tecaflex en cubierta	128
Recubrimiento de tecaflex en <i>fly bridge</i>	8
Recubrimiento de tecaflex en plataforma	32
	TOTAL
	365

TOTAL HORAS - HOMBRE FONTANERIA, HERRAJES Y ACCESORIOS	605
---	------------

3.5. COSTE TOTAL DE MANO DE OBRA

El total de número de horas necesarias para la construcción del catamarán de configuración estándar (sin equipamiento opcional) es:

TOTAL HORAS/ HOMBRE	4.319
----------------------------	--------------

Tomando el precio de hora/hombre a 9 euros la hora, se puede decir que el presupuesto de la mano de obra es:

COSTE DE LA MANO DE OBRA	38.871 Euros
---------------------------------	---------------------

4. COSTE TOTAL

Realizando la suma de las dos estimaciones calculadas anteriormente obtenemos un coste de fabricación total de:

	Motores	Coste (Euros)
Materiales	2 x 180 HP	133.266,45
	2 x 260 HP	142.950,13
	2 x 300 HP	151.216,29

	Coste (Euros)
Mano de obra	38.871

	Motores	Coste (Euros)
TOTAL	2 x 180 HP	153.608,77
	2 x 260 HP	179.554,37
	2 x 300 HP	187.820,53

Este precio es sin duda el precio de construcción de la embarcación, pero como dijimos en el objetivo de este documento, éste tiene que ser incrementado con los costes fijos del Astillero, así como los gastos de realización del proyecto, los honorarios del resto de personal del Astillero que se encarga de otras actividades diferentes a las de la construcción propiamente dicha, así como por los costes necesarios para la construcción de los modelos y moldes, que únicamente es necesario fabricarlos una vez, pero que deben ser también tenidos en cuenta, pues suponen gastos de inversión inicial del proyecto. Todos estos gastos pueden suponer un porcentaje considerable en el precio final de la embarcación.

Si tenemos en cuenta lo anterior, es necesario que se aplique un precio de venta final que permita hacer frente a todos estos gastos y que además genere un beneficio considerable. Es por ello que el precio de venta de la embarcación puede estar comprendido entre los siguientes valores,

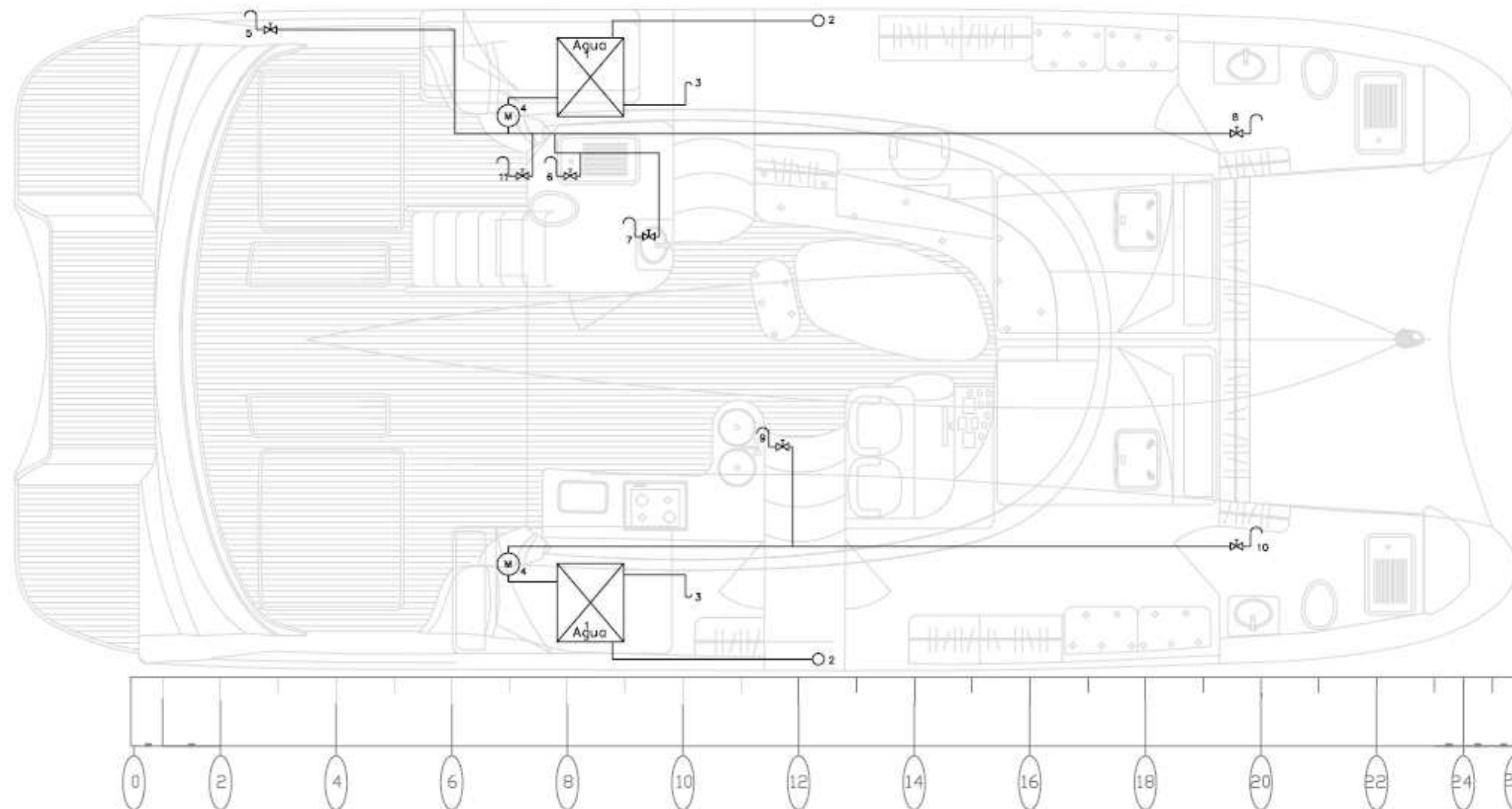
dependiendo éste de la política del Astillero que la construye.

	Motores	Precio de Venta (Euros)
CATAMARÁN	2 x 180 HP	243.300
	2 x 260 HP	269.300
	2 x 300 HP	277.000

Con la venta del catamarán a estos precios finales se consigue amortizar la fabricación inicial de los modelos y los moldes, los cuales se mantendrán en condiciones aceptables para una producción en serie de veinte unidades.

DOCUMENTO Nº 4

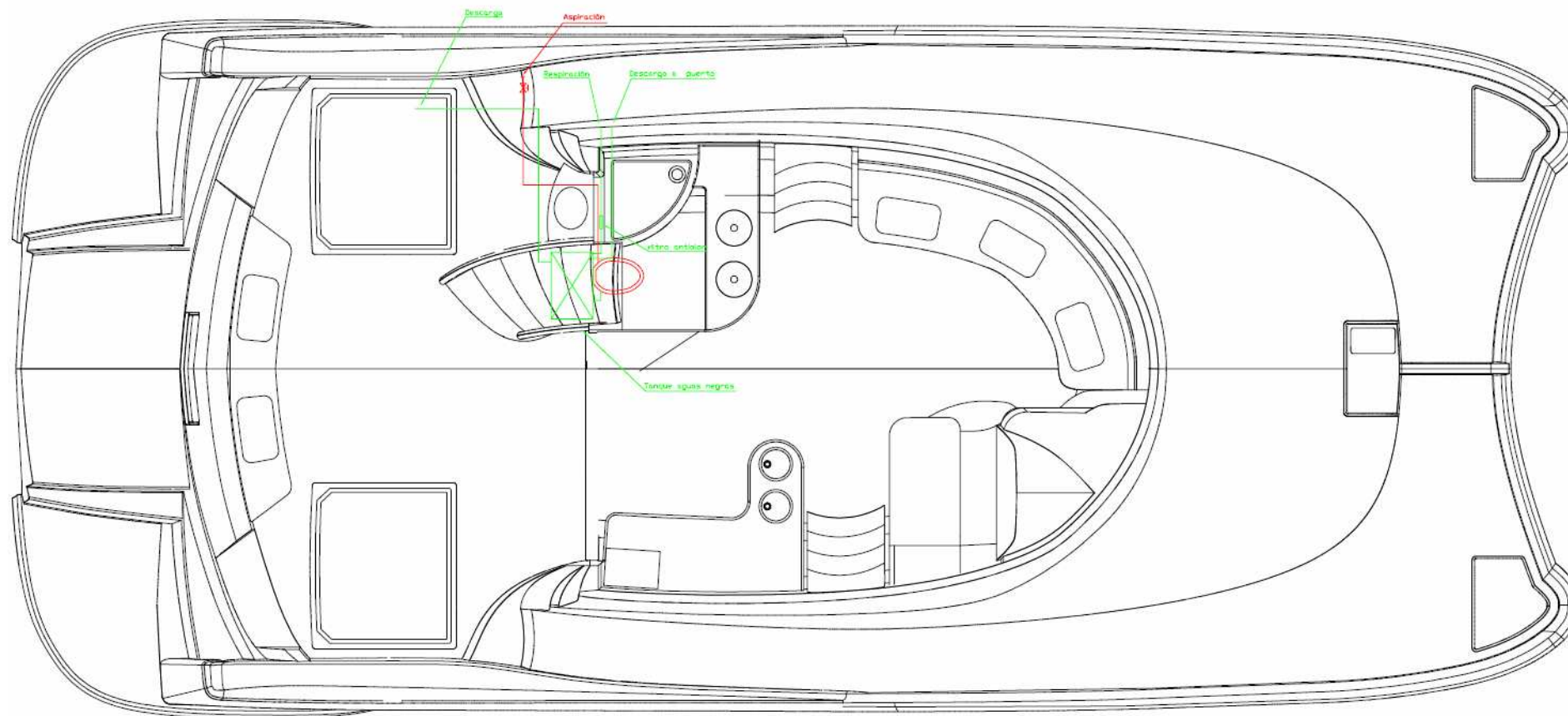
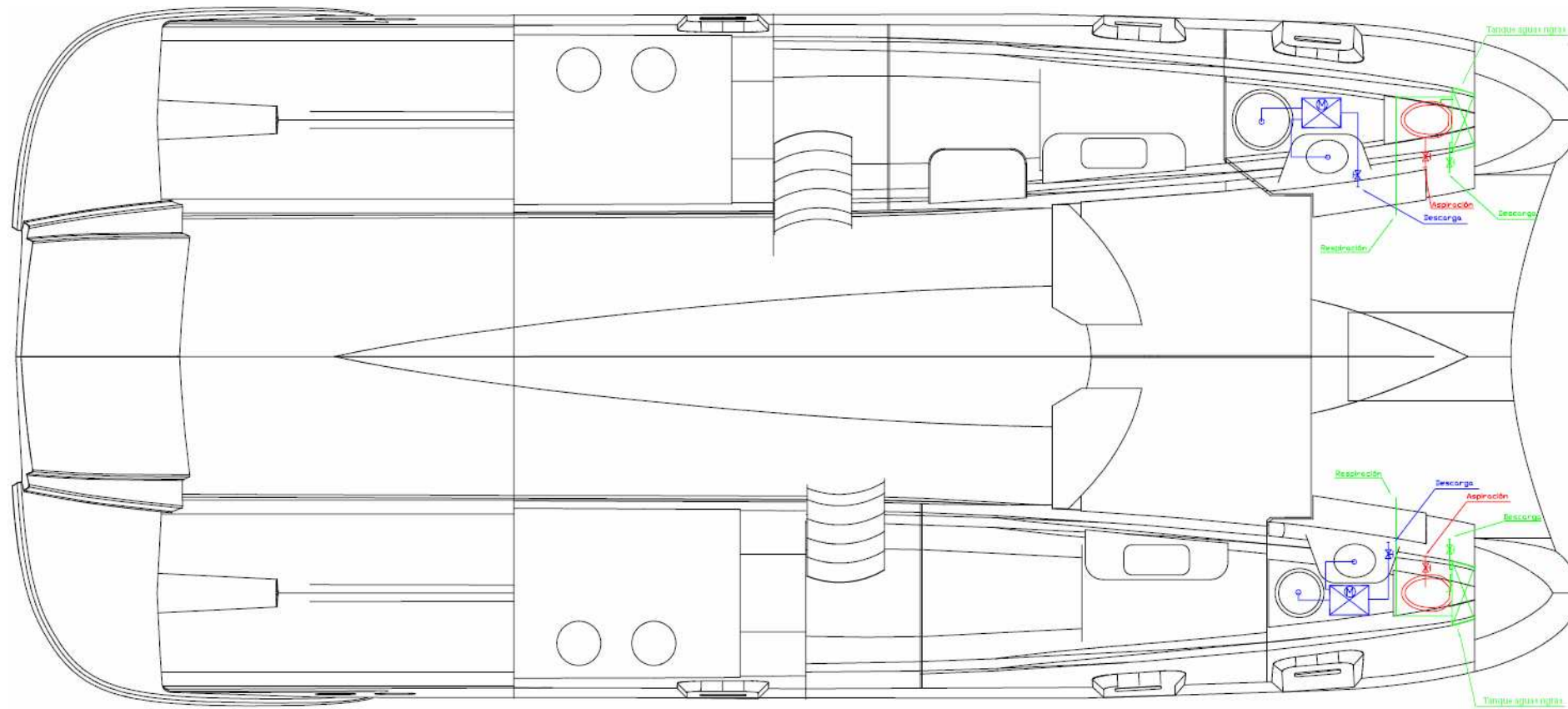
PLANOS



1	Tanques de agua dulce
2	Bocas de llenado desde cubierta
3	Respiros de los tanques
4	Grupo hidróforo de presión de agua
5	Ducha en cubierta popa
6	Ducha en aseo babor
7	Lavabo en aseo babor
8	Lavabo aseo proa
9	Fregadero cocina
10	LAvabo aseo proa
11	LAvabo exterior cubierta

<input type="checkbox"/>	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
<input type="checkbox"/>	Proyecto: Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero
<input type="checkbox"/>	SISTEMA DE AGUA DULCE

<input type="checkbox"/>	FECHA	MODIFICACIONES		
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	DIBUJO	Ingeniero Diseñador		
<input type="checkbox"/>	FECHA	ESCALA	REVISIÓN	FECHA
<input type="checkbox"/>	27/09/07	1:50	A	27/09/07

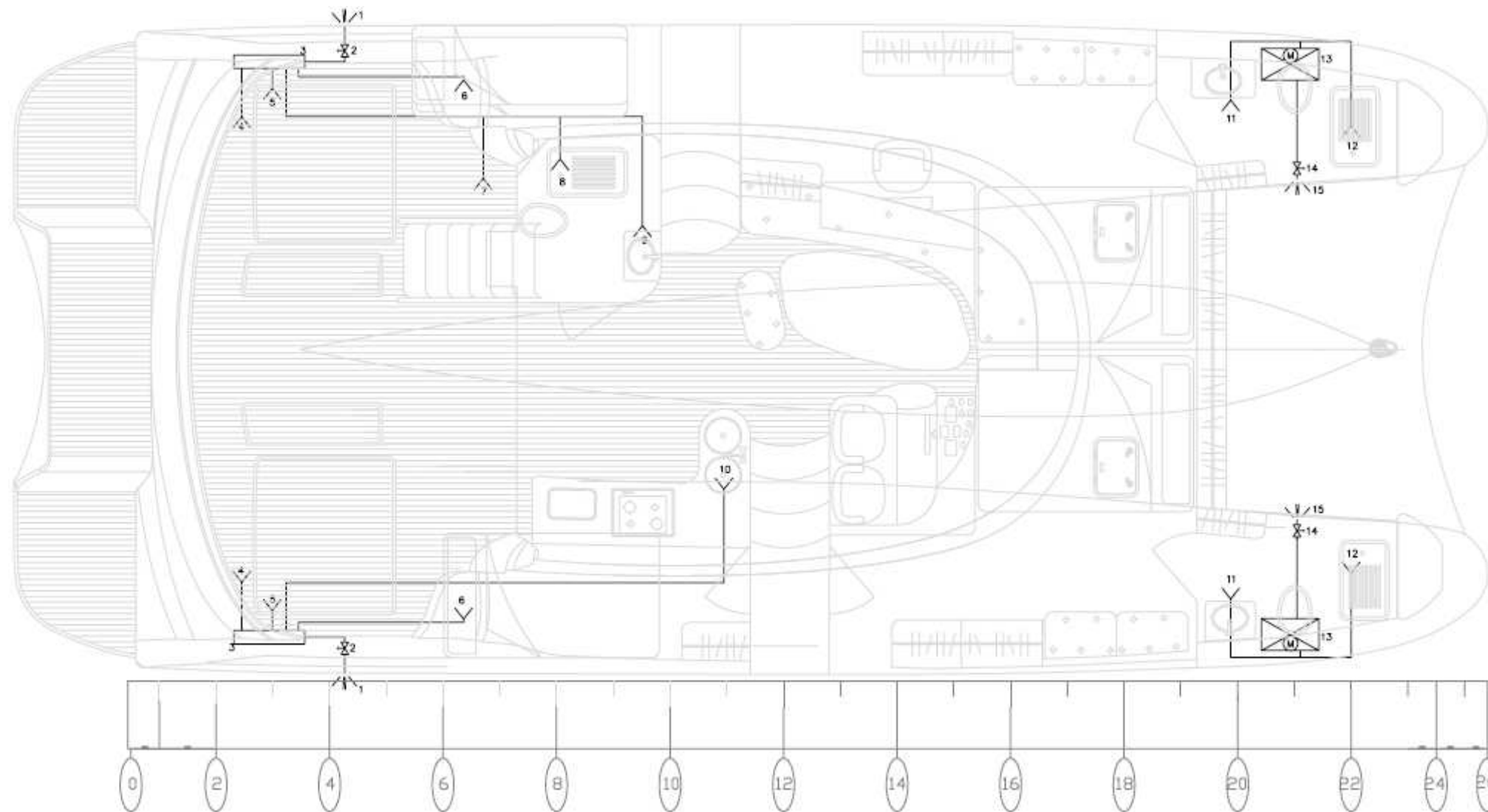


UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Proyecto: Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero

SISTEMA AGUAS SUCIAS

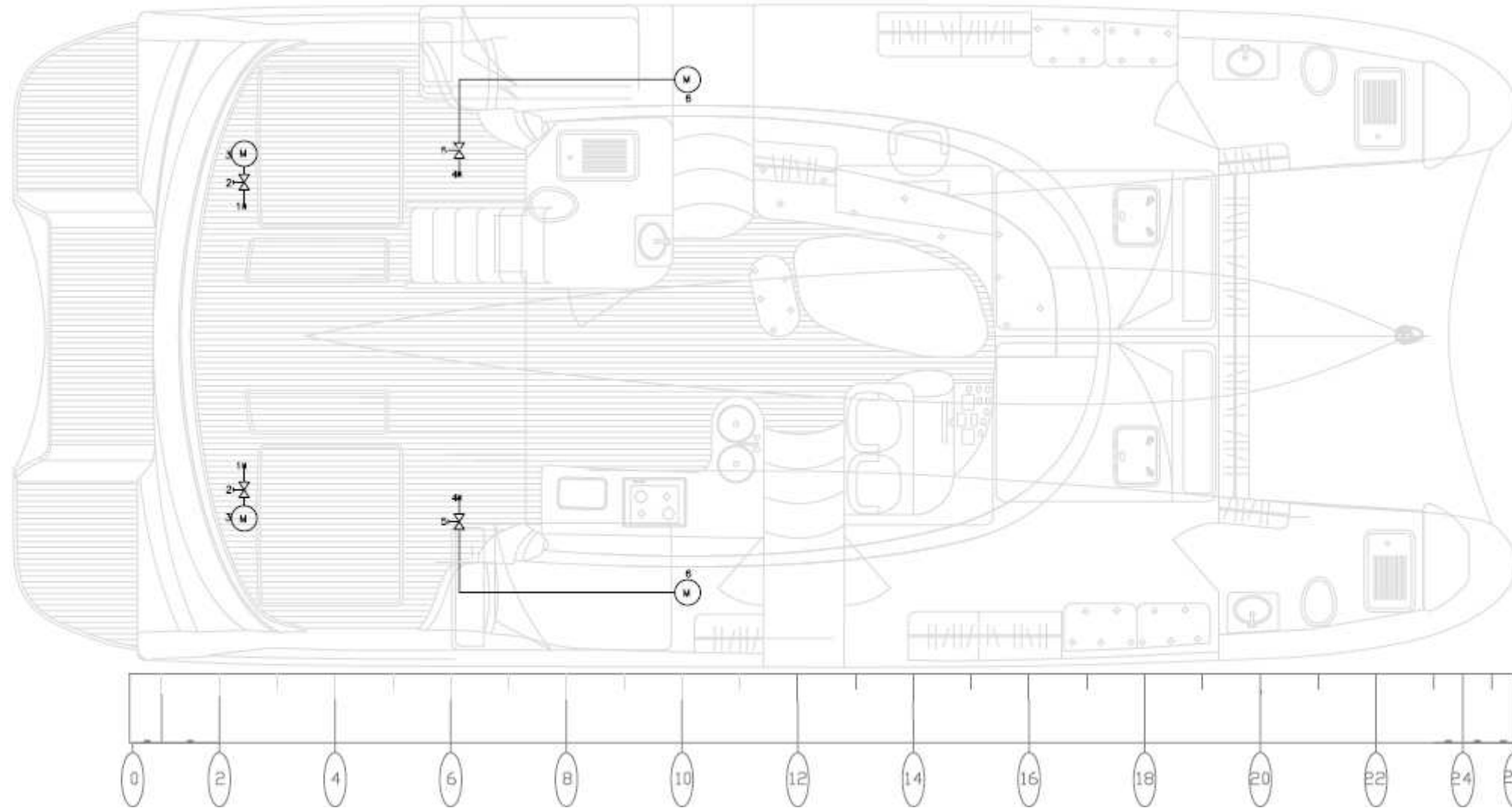
FECHA	MODIFICACIONES		
	DIBUJO	Ingeniero Diseñador	
FECHA	ESCALA	REVISIÓN	FECHA
27/09/07	1:53	A	27/09/07



1	Pasa-casco desagüe
2	Válvula de bola
3	Colector desagües
4	Imbornales bañera popa
5	Imbornales tapa motor
6	Imbornales pasillos laterales
7	Desagüe lavabo exterior cubierta
8	Desagüe ducha aseo babor
9	Desagüe lavabo aseo babor
10	Desagüe fregadero cocina
11	Desagüe lavabo aseo proa
12	Desagüe ducha aseo proa
13	Deposito con bomba
14	Válvula de bola
15	Pasa-casco desagüe

<input type="checkbox"/>	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
<input type="checkbox"/>	Proyecto: Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero
<input type="checkbox"/>	SISTEMA DE AGUAS GRISES E IMBORNALES

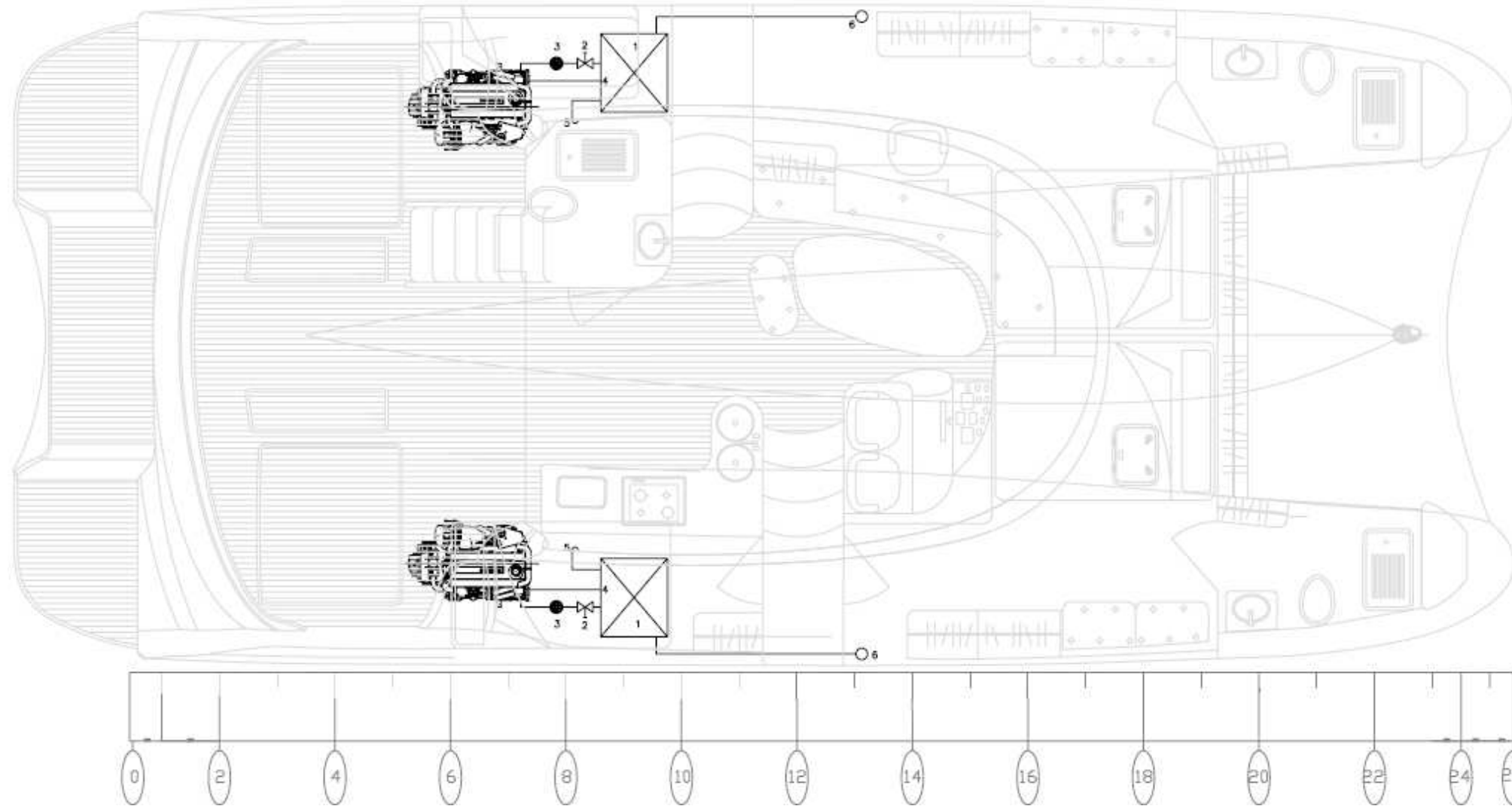
<input type="checkbox"/>	FECHA	MODIFICACIONES		
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	DIBUJO	Ingeniero Diseñador		
<input type="checkbox"/>	FECHA	ESCALA	REVISIÓN	FECHA
<input type="checkbox"/>	27/09/07	1:50	A	27/09/07



1	Pasa-casco
2	Válvula de cierre
3	Bomba de sentinas cámara de máquinas
4	Pasa-casco
5	Válvula de cierre
6	Bomba de sentinas camarotes

<input type="checkbox"/>	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
<input type="checkbox"/>	Proyecto: Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero
<input type="checkbox"/>	SISTEMA DE ACHIQUE DE SENTINAS

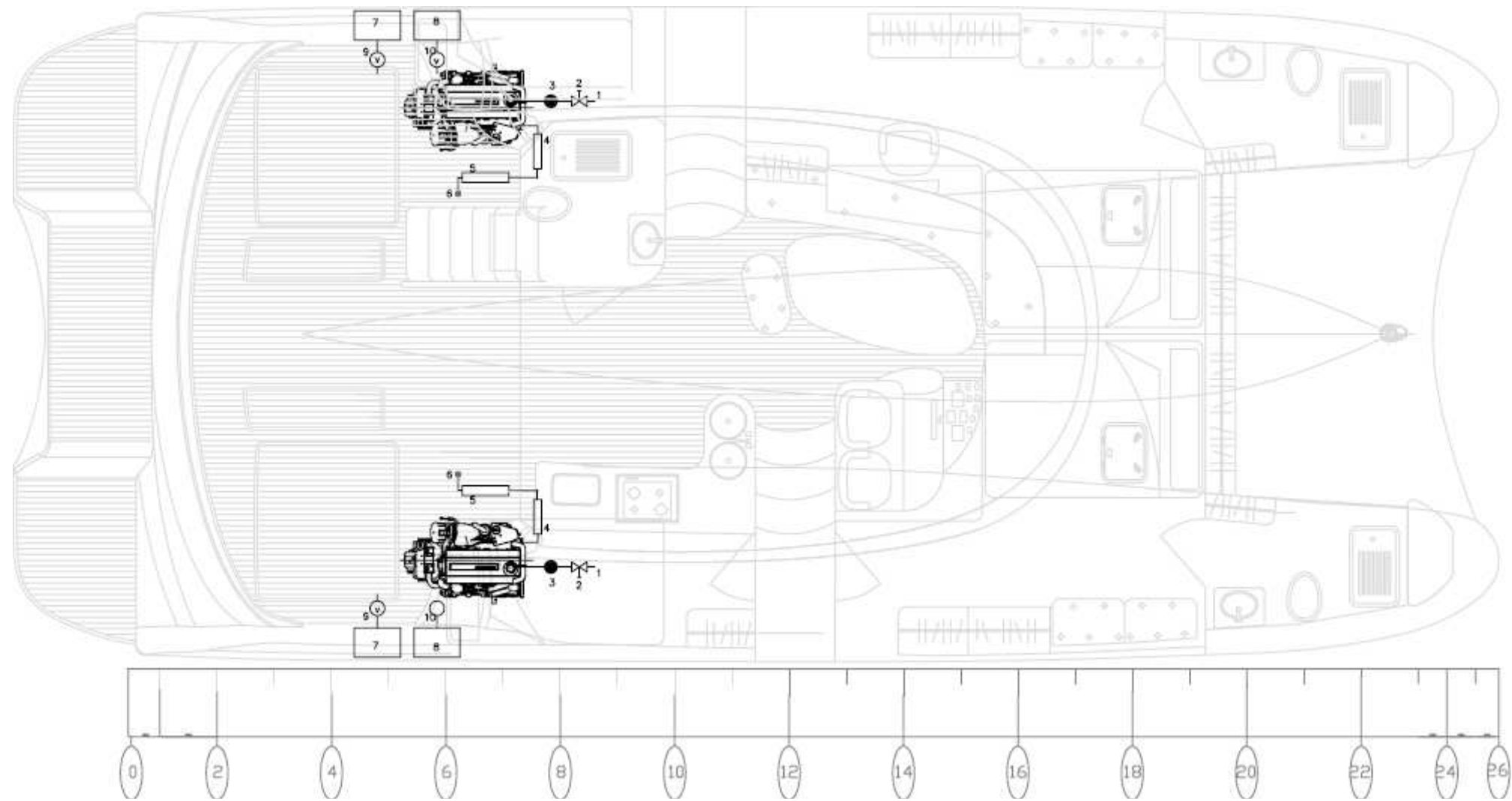
<input type="checkbox"/>	FECHA	MODIFICACIONES		
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	DIBUJO	Ingeniero Diseñador		
<input type="checkbox"/>	FECHA	ESCALA	REVISIÓN	FECHA
<input type="checkbox"/>	27/09/07	1:50	A	27/09/07



1	Tanque gasoil
2	Válvula de cierre
3	Decantador y pre-filtro
4	Conexión de retorno
5	Respiro tanque
6	Boca de llenado en cubierta

<input type="checkbox"/>	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
<input type="checkbox"/>	Proyecto: Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero
<input type="checkbox"/>	SISTEMA DE COMBUSTIBLE

<input type="checkbox"/>	FECHA	MODIFICACIONES		
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	DIBUJO	Ingeniero Diseñador		
<input type="checkbox"/>	FECHA	ESCALA	REVISIÓN	FECHA
<input type="checkbox"/>	27/09/07	1:50	A	27/09/07



1	Pasa-casco
2	Válvula de cierre
3	Filtro de agua
4	Colector sileciador de escape
5	Cuello de cisne
6	Pasa-casco
7	Caja entrada ventilación cámara máquinas
8	Caja salida ventilación cámara máquinas
9	Ventilador impulsor cámara de máquinas
10	Ventilador extractor cámara de máquinas

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Proyecto: Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero

SISTEMA REFRIGERACIÓN, ESCAPE Y VENTILACIÓN MOTOR

FECHA	MODIFICACIONES	
DIBUJO	Ingeniero Diseñador	
FECHA	ESCALA	REVISIÓN
27/09/07	1:50	A
FECHA		FECHA
27/09/07		27/09/07

