

**CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA  
EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE:  
EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR**

**ROSA CAROLINA CITTELLY JULIO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MINOR EN LOGÍSTICA Y PRODUCTIVIDAD  
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C  
FEBRERO 2012**

**CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA  
EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE:  
EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR**

**ROSA CAROLINA CITTELLY JULIO**

**DIRECTOR**

**EUGENIO YIME RODRÍGUEZ**

**Ing. PhD. Automatización y Robótica**

**ASESOR**

**CCRVA RICARDO MEJÍA CORREA**

**Ingeniero Naval**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MINOR EN LOGÍSTICA Y PRODUCTIVIDAD**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C**

**FEBRERO DE 2012**

Cartagena de Indias D. T y C. 21 Octubre de 2011

**Señores:**

**COMITÉ CURRICULAR**

**Programa de Ingeniería Industrial**

**La ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración la monografía titulada ***“CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE: EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR”***, desarrollado por la estudiante **Rosa Carolina Cittelly Julio** en el marco del ***Minor en Logística y Productividad***, como requisito para optar al título de Ingeniera Mecatrónica, en la que me desempeñare cumpliendo la función de director.

Atentamente,



---

**EUGENIO YIME RODRÍGUEZ**

**Ing. PhD. Automatización y Robótica**

**Director de la Monografía**

Cartagena de Indias D. T y C. 21 Octubre de 2011

Señores:

**COMITÉ CURRICULAR**

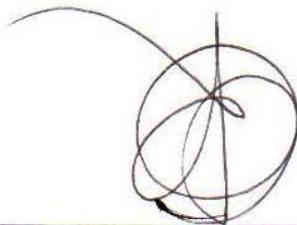
**Programa de Ingeniería Industrial**

**La ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos someter a su consideración la monografía titulada ***“CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE: EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR”***, realizada en el marco del ***Minor en Logística y Productividad***, para optar al título de Ingeniera Mecatrónica.

Atentamente,



---

**ROSA CAROLINA CITTELLY JULIO**



Cartagena de Indias D. T y C. 21 Octubre de 2011

**Señores:**  
**COMITÉ CURRICULAR**  
**Programa de Ingeniería Industrial**  
**La ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente manifestamos el interés y apoyo incondicional en el suministro de la información necesaria para el desarrollo de la monografía titulada **“CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE: EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR”**, a desarrollar por la estudiante **Rosa Carolina Ciftelly**, en el marco del **Minor en Logística y Productividad**, para optar a su título de Ingeniera Mecatrónica.

Atentamente,

**CCRVA RICARDO MEJÍA CORREA**  
**Ingeniero Naval – Ingeniero Mecánico**  
**Diseñador 1, División Arquitectura Naval**  
**Dirección I+D+i**  
**COTECMAR**

CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL  
Dirección Investigación, Desarrollo e Innovación. Mamonal Km9, Teléfono (575) – 65355035 Ext. 1217  
Email: [rmejia@cotecmar.com](mailto:rmejia@cotecmar.com) – [www.cotecmar.com](http://www.cotecmar.com)  
Cartagena- Colombia

Cartagena de Indias D. T y C. 21 Octubre de 2011

**Señores:**

**COMITÉ CURRICULAR**

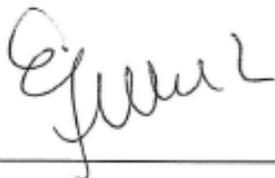
**Programa de Ingeniería Mecatrónica**

**La ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración la monografía titulada ***“CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE: EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR”***, desarrollado por la estudiante **Rosa Carolina Cittelly Julio** en el marco del ***Minor en Logística y Productividad***, como requisito para optar al título de Ingeniera Mecatrónica, en la que me desempeñare cumpliendo la función de director.

Atentamente,



---

**EUGENIO YIME RODRÍGUEZ**

**Ing. PhD. Automatización y Robótica**

**Director de la Monografía**

Cartagena de Indias D. T y C. 21 Octubre de 2011

**Señores:**

**COMITÉ CURRICULAR**

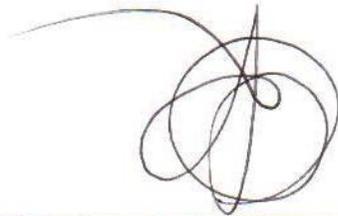
**Programa de Ingeniería Mecatrónica**

**La ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos someter a su consideración la monografía titulada ***“CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE: EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR”***, realizada en el marco del ***Minor en Logística y Productividad***, para optar al título de Ingeniera Mecatrónica.

Atentamente,



---

**ROSA CAROLINA CITTELLY JULIO**



Cartagena de Indias D. T y C. 21 Octubre de 2011

**Señores:**  
**COMITÉ CURRICULAR**  
**Programa de Ingeniería Mecatrónica**  
**La ciudad**

Respetados Señores:

Por medio de la presente manifestamos el interés y apoyo incondicional en el suministro de la información necesaria para el desarrollo de la monografía titulada "**CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CASCO Y CUBIERTA EN MATERIALES COMPUESTOS PARA EMBARCACIONES, ENFOQUE: EFECTIVIDAD EN LA LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN EN COTECMAR**", a desarrollar por la estudiante **Rosa Carolina Ciftelly**, en el marco del **Minor en Logística y Productividad**, para optar a su título de Ingeniera Mecatrónica.

Atentamente,

**CCRVA RICARDO MEJÍA CORREA**  
**Ingeniero Naval – Ingeniero Mecánico**  
**Diseñador 1, División Arquitectura Naval**  
**Dirección I+D+i**  
**COTECMAR**

CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMCA Y FLUVIAL  
Dirección Investigación, Desarrollo e Innovación. Mamonal Km9, Teléfono (575) – 65355035 Ext. 1217  
Email: rmejia@cotecmar.com – www.cotecmar.com  
Cartagena - Colombia

## **ARTICULO 105**

La Universidad Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

PRESIDENTE DEL JURADO

---

JURADO

---

JURADO

Cartagena, 21 de Octubre de 2011

*Dedico este trabajo a mi mamá, Ana Lucia Julio Guerrero, a mi papá, Nelson Cittelly Cuadros, a todos mis familiares y amigos por su incansable apoyo y confianza, la cual me ayudó a no desfallecer en la búsqueda del objetivo.*

*Rosa Carolina Cittelly Julio*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios y a la Virgen del Carmen por guiarme hacia el logro de este proyecto.

A mis padres por su apoyo, su amor y por creer siempre en mí.

Agradezco a la empresa COTECMAR, especialmente a CN Fernando Mauricio Delgado, CCRV Ricardo Mejía Correa, a la Ing. Diana Marcela Ortiz Páez y al Ing. Carlos Quintero por su colaboración incondicional para la realización de este trabajo

*Rosa Carolina Cittelly Julio*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. OBJETIVOS	20
1.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. PRESENTACIÓN INSTITUCIONAL	21
2.1. MISIÓN	21
2.2. VISIÓN	21
2.3. VALORES	21
2.4. POLÍTICAS	22
2.5. RESEÑA HISTÓRICA	23
2.6. DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO	24
2.7. ORGANIGRAMA	27
2.8. INSTALACIONES	27
2.9. SERVICIOS PRESTADOS POR LA CORPORACIÓN	28
3. MARCO TEÓRICO, REFERENCIAL Y CONCEPTUAL	31
3.1. MARCO TEÓRICO	31
3.1.1. Distribuciones de planta	31
3.1.1.1. Distribución por posición fija	31
3.1.1.2. Distribución orientada hacia el proceso	32
3.1.1.3. Distribución orientada hacia el producto	33
3.1.1.4. Distribución híbrida	33
3.1.1.5. Criterios para la distribución del espacio	37
3.1.2. Estrategias de producción	37
3.1.3. Herramientas de ingeniería	38
3.1.4. Sistemas logísticos	39
3.1.5. KPI'S	40
3.1.6. Selección de equipos	40
3.1.7. Métodos de selección	41
3.2. MARCO REFERENCIAL	42
3.2.1. Diagnósticos tecnológicos	42
3.2.2. Logística y cadena de suministro	44
3.2.3. Sistema de indicadores de desempeño de la cadena de suministro	49
3.3. MARCO CONCEPTUAL	50
4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ACTUAL	55
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	55
4.1.1. Construcción del modelo	55
4.1.2. Construcción de molde	57
4.1.3. Construcción de pieza	59

4.2.	CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIA PRIMA	59
4.2.1.	Equipos y herramientas	59
4.2.2.	Materia prima	60
4.3.	IDENTIFICACIÓN DE PROVEEDORES	65
4.4.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LOGÍSTICO ACTUAL	66
4.4.1.	Selección	66
4.4.2.	Programación	67
4.4.3.	Adquisición	67
4.4.4.	Almacenamiento	67
4.4.5.	Dispensación	67
4.4.6.	KPI'S Sistema Logístico Actual	67
5.	CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS	68
5.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA	68
5.2.	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	76
5.3.	PROPUESTA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	76
5.3.1.	Parámetros de selección	76
5.3.2.	Requerimientos de la línea	77
5.3.3.	Criterios de selección	78
5.3.4.	Selección de los equipos	83
5.4.	CARACTERIZACIÓN DE SISTEMA LOGÍSTICO	112
5.4.1.	Selección	112
5.4.2.	Programación	113
5.4.3.	Adquisición	114
5.4.4.	Almacenamiento	114
5.4.5.	Dispensación	115
5.5.	KPI'S DEL SISTEMA PRODUCTIVO	115
6.	CONCLUSIONES	117
7.	RECOMENDACIONES	118
8.	BIBLIOGRAFÍA	121

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. SERVICIOS OFRECIDOS POR COTECMAR	28
2. SIMBOLOGÍA DE FLUJO GRAMAS	38
3. EQUIPOS DE OPERACIÓN LOGÍSTICA COTECMAR	47
4. INDICADORES ESTRATÉGICOS COTECMAR	49
5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS: CONSTRUCCION MODELO	60
6. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS: CONSTRUCCION MOLDE	60
7. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS: CONSTRUCCION PIEZA	60
8. CRITERIOS DE SELECCIÓN	81
9. SELECCIÓN EQUIPO ASPERSOR	94
10. ESPECIFICACIONES	96
11. SELECCIÓN BOMBA DE VACIO	100
12. SELECCIÓN RODILLO	102
13. SELECCIÓN PISTOLA BAJA PRESIÓN	104
14. ESPECIFICACIONES PISTOLA TRUPER	105
15. SELECCIÓN PISTOLA ALTA PRESIÓN	106
16. SELECCIÓN CORTADORA	108
17. SELECCIÓN PUENTE GRÚA	110
18. EQUIPOS DEL SISTEMA PRODUCTIVO	111
19. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS MENORES	111

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
1. BALANCE SCORED CARD	26
2. ORGANIGRAMA CORPORATIVO	27
3. DISTRIBUCIÓN POR PROCESO	32
4. DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO	33
5. PLANO	39
6. PROCESOS Y SUBPROCESOS DE LA DIVISIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS	42
7. PERSONAL QUE PARTICIPA EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO	45
8. PLANO COTECMAR-PLANTA MAMONAL	48
9. FABRICACIÓN DE MODELO	56
10. FABRICACIÓN DE MOLDE	58
11. FABRICACIÓN DE PIEZA	59
12. LOCALIZACIÓN DE LA LÍNEA	68
13. FACHADAS DEL TALLER	69
14. ESQUEMA DEL SEGUNDO PISO DEL TALLER DE MATERIALES COMPUESTOS	70
15. VISTAS DE LA NAVE PRINCIPAL DEL TALLER DE MATERIALES COMPUESTOS Y ESTRUCTURAS PARA ALMACENAMIENTO DE MOLDES	71
16. ESQUEMA DEL PRIMER PISO DEL TALLER DE MATERIALES COMPUESTOS	73
17. DISTRIBUCIÓN LPR EN EL TALLER DE MATERIALES COMPUESTOS	74
18. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	97

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
A. ENCUESTA	124
B. INSTRUCTIVO DE FASTTRACK	129
C. PETITORIO	133
D. FORMATO DE ENTREGA DE REQUISICIÓN	133

## INTRODUCCIÓN

Nuestro país afronta un conflicto armado interno que surgió en la década del 60 con guerrillas de corte izquierdista, las cuales actualmente se han convertido en varios grupos al margen de la ley que tienen como denominador común la actividad de narcotráfico, utilizando extensas zonas de nuestra geografía no accesibles por vía terrestre, empleando la extensa red de ríos navegables. En busca de neutralizar adecuadamente esta amenaza, la Armada Nacional, en el cumplimiento de su misión institucional tiene la obligación de contar con los equipos apropiados, entre estos las embarcaciones, para combatir este flagelo en todo el territorio nacional.

Como respuesta a esta necesidad y ante la pérdida de la capacidad de construcción y reparación representada en el cierre de CONASTIL (Compañía Colombiana de Astilleros), la Armada Nacional hizo lo posible para recuperar la capacidad perdida, comenzando, en el año de 1995, en las instalaciones de la Base Naval de Cartagena, con el fortalecimiento del Departamento Técnico para atender un porcentaje de los requerimientos de reparaciones de la flota naval, sin embargo, dada la poca infraestructura existente, logró del IFI (Instituto de Fomento Industrial), la entrega de todos los terrenos e instalaciones de la desaparecida CONASTIL, comenzando su recuperación física en el año 1997. Para poder surgir la industria naval, marítima y fluvial es necesario tener una verdadera capacidad de diseño y construcción de soporte, con esta idea fija, un grupo de visionarios, liderados por el Contralmirante Ricardo José Pulido Osuna, en el año 2000 nace COTECMAR, apoyada por el Ministerio de Defensa, como una corporación de ciencia y tecnología, sin ánimo de lucro, orientada al diseño, construcción, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales.<sup>1</sup>

Actualmente, COTECMAR tiene una estructura organizacional de Direcciones, unas de negocio y otras de apoyo. Las embarcaciones, del tipo que sean, son diseñadas por la Dirección de I+D+i, siendo la Dirección de Construcciones la encargada de la fabricación de las embarcaciones en materiales compuestos, y por tanto aquella dentro de la cual se desarrolla esta investigación.

El proceso de caracterización del proceso constructivo de casco y cubierta en materiales compuestos para embarcaciones navales de máximo 20m de eslora, apunta a satisfacer las necesidades de embarcaciones de las Fuerzas Armadas Colombianas, en particular, la Armada Nacional, quien tiene bajo su responsabilidad todas las aguas, marítimas y fluviales del país, debiendo garantizar el libre y seguro tránsito, mediante el control y vigilancia en todas las arterias marítimas y fluviales.

---

<sup>1</sup>COTECMAR. COTECMAR 10 años Innovando. Patricia plana ediciones. 2010.

El presente estudio se presenta como apoyo a esta labor, y comprende el proceso de producción de casco y cubierta para embarcaciones navales fabricadas con materiales compuestos donde la gestión de la logística de producción con la que se diseñe la línea dependerá directamente de los requerimientos de cada uno de los procesos y/o procedimientos desde su pintura, laminación y ensamble contemplando también las labores de carpintería, equipo y almacenamiento; de manera general el diseño se realizara teniendo en cuenta los conceptos de criterios para la selección de equipos, diseño mecánico y diseño electrónico desde el punto de vista mecatrónico, con el fin de generar un proyecto con altos niveles de automatización y capacidad de respuesta a los requerimientos de los clientes.

La línea está limitada a la producción de casco y cubierta en materiales compuestos para embarcaciones de máximo 20 m de eslora, considerando que la División de materiales compuestos de COTECMAR tiene certificación vigente bajo ISO 9001-2000 Lloyd's Register hasta esas dimensiones.

Se realizará una descripción general del proceso de fabricación de casco y cubierta en materiales compuestos para embarcaciones navales así como de su proceso de gestión logística, a fin de tener un referente para el diseño de la línea de producción; identificación y selección de la estructura física requerida (dimensiones y áreas de la planta), maquinaria (requerimientos y hojas de especificaciones), materia prima y herramientas; diseño de la planta (ubicación y/o distribución de áreas y equipos) estableciendo diferentes criterios de evaluación que contemplen la eficiencia, eficacia y efectividad de la logística de línea de producción y calidad de producto; propuesta de un sistema de gestión para satisfacer los niveles de servicio para clientes internos y externos de la línea y KPI'S para su monitoreo en caso de implementación.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar el proceso productivo de casco y cubierta para embarcaciones, con enfoque en la logística de producción para el logro de la efectividad, mediante el estudio y aplicación de las diferentes teorías de diseño de planta y selección de equipos y maquinarias, con el fin de generar un aporte al cumplimiento del plan estratégico de la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial, COTECMAR.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar descripción y análisis del sistema de producción actual a fin de tener un referente para el diseño.
- Realizar caracterización de la planta y descripción de los procesos productivos a través de las diferentes herramientas de ingeniería (Flujo gramas, planos, sipoc's, encuestas, diagramas, etc.).
- Realizar la elección de la maquinaria, y herramientas del proceso, a través de una selección de estos entre las múltiples opciones disponibles, estableciendo criterios de selección que apunten al logro de la efectividad aplicando la logística de producción.
- Caracterizar el sistema de gestión logístico para la línea de producción.
- Establecer KPI'S que permitan tener un control sobre los procesos productivos.
- Generar un documento que proporcione información sobre la investigación y los resultados obtenidos con la misma que funcione como documentación referencial para futuras averiguaciones.

## **2. PRESENTACIÓN INSTITUCIONAL**

## **2.1. MISIÓN**

“COTECMAR es una Corporación de ciencia y tecnología orientada al diseño, construcción, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales”

COTECMAR, apoyada en la relación universidad-empresa, tiene como prioridad la investigación, el desarrollo, la aplicación de nuevas tecnologías y de las mejores prácticas empresariales en la elaboración de sus productos y servicios, que van dirigidos a satisfacer las necesidades técnicas de la Armada Colombiana y del mercado nacional e internacional, para así contribuir con el desarrollo tecnológico, social y económico del país.

COTECMAR propicia el desarrollo personal y profesional de sus integrantes y se compromete con una cultura de calidad y respeto al medio ambiente. Sus socios, empleados y aliados son el respaldo y la seguridad en la excelencia del servicio.<sup>2</sup>

## **2.2. VISIÓN**

“Ser la organización líder en la investigación e innovación tecnológica para el desarrollo del Poder Marítimo Nacional, en el campo de la industria naval, marítima y fluvial, con proyección internacional”.<sup>3</sup>

## **2.3. VALORES**

### **Innovación**

En COTECMAR se estimula la creatividad como aporte al conocimiento individual y colectivo, aplicado a los productos y servicios, con el objetivo de ampliar nuestros mercados y alcanzar el éxito económico de nuestra organización.

### **Compromiso**

COTECMAR promueve la responsabilidad y el sentido de pertenencia aplicado en su gestión interna, contribuyendo de esta manera al mejoramiento continuo, el cual redundará en el beneficio de todos los funcionarios y cada uno de nuestros clientes y aliados.

### **Liderazgo**

---

<sup>2</sup> COTECMAR. Portal corporativo. Disponible en: [www.cotecmar.com](http://www.cotecmar.com)

<sup>3</sup> *Ibíd.*

Los colaboradores de COTECMAR están orientados a la búsqueda de la excelencia mediante la acción efectiva, facilitando de esta manera que sus ideas y aportes sean tenidos en cuenta dentro de las actividades que desarrolla la Corporación.

### **Trabajo en equipo**

En COTECMAR se promueve el trabajo en equipo como factor de integración, participación, confianza y creatividad colectiva, logrando así la sinergia necesaria que permitirá potenciar los resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades.

### **Responsabilidad social**

En COTECMAR se respeta y se da cumplimiento a los compromisos adquiridos con los individuos, con la comunidad y con el Estado, al igual que se reconoce el deber adquirido por el impacto ambiental de su actividad empresarial y se actúa en procura de alcanzar un desarrollo sostenible y armónico con el entorno.

### **Investigación**

En COTECMAR se promueve la generación del conocimiento mediante procesos sistemáticos, organizados y objetivos con el propósito de responder a las necesidades de la Industria Naval, Marítima y Fluvial.<sup>4</sup>

## **2.4. POLÍTICAS**

- La Armada Nacional tendrá siempre la prioridad en la prestación de los servicios ofrecidos por COTECMAR dentro de un adecuado planeamiento anual y quinquenal adelantado de común acuerdo.
- La organización mantendrá una disciplina de planeamiento, programación, ejecución y control para su normal funcionamiento.
- COTECMAR competirá lealmente con los astilleros del área de influencia.
- COTECMAR estará comprometida con el mejoramiento de las competencias del personal.<sup>5</sup>

## **2.5. RESEÑA HISTÓRICA**

---

<sup>4</sup> Ibíd.

<sup>5</sup> Ibíd.

Por medio del decreto No. 1834 del 21 de Septiembre de 1934, se reorganiza el Departamento de Marina, bajo la dependencia directa del Ministerio de Guerra. Entre 1951 y 1954 los Ingenieros Reynaldo Paschke y Rodrigo Puentes construyen la Dársena del Astillero Naval, en predios de la Base Naval ARC “Bolívar” con capacidad de 1200 toneladas de levante mediante un sistema tipo “Slip”. El 9 de mayo de 1956 mediante Decreto 1065, se crea la Empresa de Astilleros y Servicios Navales de Colombia EDANSCO, Empresa Industrial y Comercial del estado, vinculada al Ministerio de Defensa Nacional, para imprimirle mayor auge a la Industria Naval, la Empresa funciona en la Base Naval “ARC” Bolívar con las instalaciones, maquinaria y personal de la Armada Nacional, bajo el control de ésta. En el año de 1969 se crea “CONASTIL” (50% IFI y 50% Fondo Rotatorio de la Armada Nacional). En 1977 se traslada CONASTIL de la Base Naval a Mamonal, con un Sincroelevador de 3.600 toneladas de levante y queda fuera de servicio dique flotante ARC “Rodríguez Zamora”. En 1980 la Armada Nacional reactiva el Astillero Naval de la Base Naval (Bocagrande).

SCHRADER& CAMARGO en el año de 1992 adquiere el 80% de CONASTIL y la Armada Nacional retiene el 20%. La participación de la Armada Nacional solo se limitó a un funcionario en la Junta Directiva del Astillero. En 1994 CONASTIL suspende sus operaciones definitivamente por medio de una asamblea concordataria y se entregan los activos a FIDUANGLO para la venta y pago de sus obligaciones pendientes.

En 1997 FIDUANGLO entrega los predios al IFI en “Dación en pago”, después de vender la maquinaria, equipos y otros activos. Tanto la Armada Nacional como las compañías navieras y pesqueras de alto bordo se vieron obligadas a efectuar los trabajos de dique en el exterior, con las siguientes desventajas: Mayores precios; Dependencia de la tecnología y disponibilidad de astilleros extranjeros; Fuga de divisas; Estancamiento del sector de la industria naval, así como industrias y comercio relacionado.

En Diciembre de 1997 el Fondo Rotatorio de la Armada Nacional canjea los terrenos con el IFI y adquiere propiedad y la Armada Nacional inicia la reconstrucción y reactivación del Astillero con aportes del Gobierno Nacional. En Julio de 1998 el Astillero Naval de la Base Naval ARC “Bolívar” sube al ARC “Antioquia” e inicia los trabajos de dique en Mamonal. Después de 40 años, sin el esperado progreso y desarrollo de la industria naval del país, la Armada Nacional recupera autonomía en mantenimiento de dique a sus buques de guerra capitales.

El 21 de julio de 2000 se crea COTECMAR, en la ciudad de Cartagena y se protocolizo mediante escritura pública No. 0616 de la misma fecha con el socio principal Ministerio de Defensa Nacional – Armada Nacional y socios tecnológicos las Universidades Nacional de Colombia y la Universidad Tecnológica de Bolívar; y el 01 de enero de 2001 inicia operaciones. En el mes de Diciembre de 2004 se

desvincula de la Corporación, la Escuela Colombiana de Ingeniería. En el mes de Diciembre de 2005 se vincula, la Universidad del Norte.

La Armada Nacional de Colombia, desde el año 1.996, inició un proceso de reactivación de la industria naval, orientada a la construcción de una serie de buques Nodrizas para la Brigada Fluvial de La Infantería de Marina; primera en su Astillero Naval ubicado en la Base Naval ARC BOLÍVAR en Cartagena y ahora en la planta de Mamonal de COTECMAR. Posteriormente, desarrolló el proyecto de diseño y construcción del Buque Balizador o Boyero para la Dirección General Marítima, en el año 2.000 diseñó y construyó una estación flotante de bombeo de agua para la refinería de ECOPELROL en Barrancabermeja, proyecto que culminó en el año 2001. Para la ejecución de estos proyectos se creó la infraestructura necesaria en el antiguo Departamento Técnico de la Base Naval ARC Bolívar y es así como la División de Ingeniería de entonces es la antecesora de la Dirección de Investigación, Desarrollo e Innovación de COTECMAR. De hecho muchos de los funcionarios Directivos, analistas y dibujantes provienen de esa dependencia y participaron en los proyectos de diseño y construcción que allí se desarrollaron<sup>6</sup>.

## **2.6. DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO**

En la actualidad, COTECMAR cuenta con un direccionamiento estratégico establecido para los próximos nueve años, es decir hasta el 2020, para el cual se establecieron los siguientes retos direccionadores y de apoyo.

### **RETOS DIRECCIONADORES**

- Diseñar y construir la Plataforma Estratégica de Superficie de la marina colombiana.
- Ampliar la capacidad de levante entre 10.000 a 20.000 toneladas.
- Expandir el negocio a nivel nacional.<sup>7</sup>

### **RETOS DE APOYO**

- Consolidar y posicionar a COTECMAR en los mercados de la industria naval, marítima y fluvial, para garantizar la creación de valor permanente de la Corporación.

---

<sup>6</sup> BARRIOS CANTERO, Laura. SIERRA VARGAS, Melissa. Evaluación y rediseño del sistema de control y medición de los procesos productivos en las divisiones de soldadura, pintura, varadero y mecánica en COTECMAR Planta Mamonal. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2010.

<sup>7</sup> COTECMAR. Portal corporativo. Disponible en: [www.cotecmar.com](http://www.cotecmar.com)

- Diseñar e implementar una plataforma de gestión orientada a los resultados.
- Implementar un sistema de inteligencia empresarial que permita anticiparnos a los cambios del entorno.
- Garantizar el talento humano capacitado y especializado para alcanzar los objetivos en el tiempo.
- Alcanzar estándares logísticos internacionales reconocidos, garantizando el logro de los grandes propósitos corporativos.
- Desarrollar y apropiar las tecnologías requeridas para cumplir con los retos actuales y futuros.
- Mayor agregación de valor.<sup>8</sup>

Para el logro de los mismos y mayor control del plan de desarrollo, se ha dividido en tres fases: Océano rojo (2007 – 2011), Sueños alcanzados (2012 – 2015) y soberanía (2016 – 2020).

Para la etapa actual, es decir, Océano rojo, se han establecidos objetivos estratégicos para las perspectivas contempladas en el Balanced Scored Card (Ilustración 1).

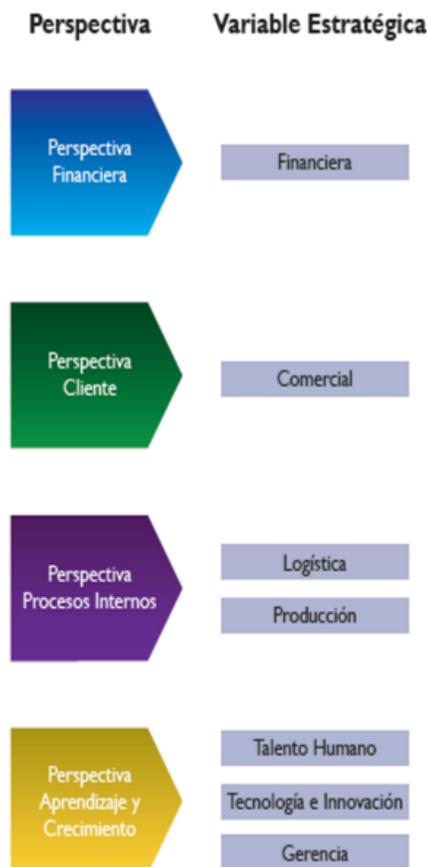
- **Financiera:** Maximizar el valor de la corporación.
- **Comercial:** Garantizar la continuidad de los programas de desarrollo de la Flota de Mar y Río de la Armada Colombiana e incrementar la participación en el mercado de las reparaciones y construcciones en un mercado creciente y altamente competitivo.
- **Producción:** Responder efectivamente a los requerimientos de producción de los proyectos de venta de servicio y productos de la Corporación.
- **Logística:** Asegurar el flujo de suministros que garanticen el cumplimiento de los proyectos corporativos presentes y futuros.
- **Talento humano:** Garantizar la fuerza laboral requerida para el desarrollo de la gestión efectiva de la Corporación y sentar las bases para el desarrollo de la gestión del talento humano futuro.

---

<sup>8</sup> Ibíd.

- **Tecnología e innovación:** Acelerar la gestión para la consecución del dominio y cobertura de las tecnologías existentes, apropiar nuevas tecnologías que contribuyan al cumplimiento efectivo de los objetivos determinados para este periodo, y establecer las bases para la generación de una cultura de innovación orientada a la satisfacción del mercado objetivo.
- **Gerencia:** Responder dinámica y efectivamente a los retos y exigencias del entorno competitivo en el que se gestiona COTECMAR.

Ilustración 1. Balanced scored card

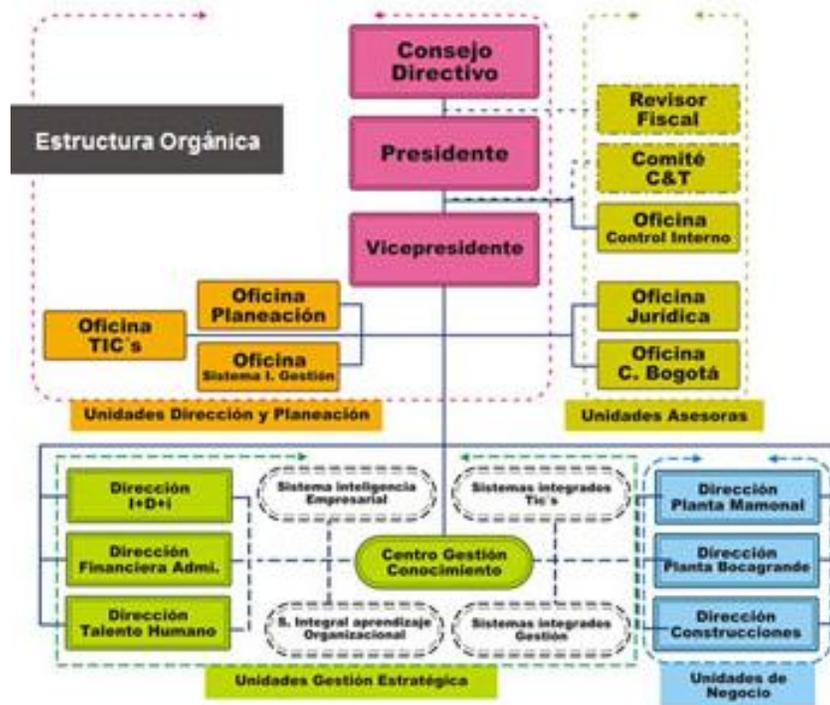


Fuente: Plan estratégico COTECMAR.

## 2.7. ORGANIGRAMA

Actualmente COTECMAR posee tres unidades de negocio como se aprecia en la Ilustración 2, la investigación en desarrollo se realiza en la Dirección construcciones, específicamente en la División de materiales compuestos y es apoyada en gran medida por la Dirección I + D + i.

Ilustración 2. Organigrama corporativo



Fuente: COTECMAR. Portal corporativo.

## 2.8. INSTALACIONES

Las instalaciones de COTECMAR incluyen dos astilleros ubicados en Cartagena Colombia, El primer y más grande es el astillero de Mamonal, que tiene una posición estratégica, situado en la bahía de Cartagena, Colombia, el Mar Caribe, a 180 km del Canal de Panamá. Este astillero cuenta con 17 hectáreas. Posee un sistema de elevación sincronizada, con capacidad de levantamiento de 3600 toneladas, siete posiciones de atraque en seco y sus correspondientes talleres de apoyo en mecánica, soldadura, chorro de arena y zonas de recubrimiento.

El segundo es el astillero de Bocagrande, el cual cuenta con un sistema de levante tipo SLIP con capacidad de atender embarcaciones hasta de 1200 toneladas. Rampa de ocho carros para levante longitudinal de 300 toneladas con 250 metros de muelles no continuos laterales para reparaciones a flote, con servicios de tierra y equipo rodante para el manejo de carga de 100 toneladas. Rampa independiente capacidad de 300 Toneladas. Cuenta con dos posiciones de varada, talleres especializados de apoyo en mecánica, pailería y soldadura, hidro-arenado y pintura.

Los servicios ofrecidos en cada astillero se reporta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Servicios ofrecidos por COTECMAR.

ASTILLERO	OPERACIONES
MAMONAL	Diseño y construcción de buques y artefactos navales
	Consulta en diseño construcción de buques y artefactos navales
	Diseño y construcción de poliéster reforzado con vidrio (GRP) a los barcos
BOCAGRANDE	Reparación y mantenimiento de buques y artefactos navales
	Consulta y evaluación
	Taller de motores DETROIT DIESEL
	Taller de electricidad SIEMENS

Fuente: COTECMAR. Portal corporativo

Adicionalmente, COTECMAR cuenta con tres sedes de trabajo temporales en las ciudades de Málaga, Larandia y San José del Guaviare, donde se realizan trabajos de ensamble, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales, marítimos y fluviales (Liberty Seguros, 2010).

## 2.9. SERVICIOS PRESTADOS POR LA CORPORACIÓN

La Corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial, COTECMAR, presta en la actualidad cinco líneas de servicios como se describen a continuación.

### SERVICIO A LA INDUSTRIA

- **Trabajos de Metalmecánica y Soldadura en General.** En la división de soldadura y pailería cuenta con personal altamente calificado y certificado para la realización de este tipo de trabajos.
- **Taller de Motores Combustión Interna DIESEL.** Mantenimiento y Reparación.
- **Taller de Electricidad (Taller de Servicio Autorizado Siemens Motores).** En COTECMAR tienen un equipo de especialistas, ingenieros y técnicos altamente calificados, lo cuales poseen las herramientas y equipos que garantizan la calidad de los procesos.
- **Automatización y control (A&D).** Son integradores de siemens en automatización y control (A&D), contando con el soporte, apoyo y capacitación,

lo cual permite ofrecer soluciones de ingeniería a los sectores marítimo, industrial y comercial.

- **Refrigeración y Aire Acondicionado.** Instalación, reparación y mantenimiento de Sistemas de Aire Acondicionado hasta 100 T.R. tipo Expansión Directa o tipo Chiller y Sistemas de Refrigeración hasta 6 T.R, tipo marino, con fluidos.
- **Departamento de Inspección y Ensayo.** El Departamento de Inspección y Ensayos ofrece un servicio especializado en Ensayos No Destructivos (END), realizados por un equipo técnico multidisciplinario, calificado en cada una de las técnicas (END), apoyados por equipos sofisticados de alta tecnología.
- **Metrología y Calibraciones.** Los equipos y/o instrumentos de medición usados para las calibraciones que se realizan en distintas magnitudes, son trazados a patrones nacionales e internacionales teniendo como base la norma ISO-IEC 17025.
- **Laboratorio de Metrología.** COTECMAR cuenta con un moderno Laboratorio de Metrología, dotado con unas instalaciones bajo condiciones ambientales de acuerdo a lo que establece la OIML (Organización Internacional de Metrología Legal), con equipos e instrumentación de calibración con tecnología de punta y un talento humano altamente capacitado.

## REPARACIONES EN MUELLE

Servicio de muelle; Aceros; Calibraciones ultrasónicas; Pintura y Tapas Mc Gregor.

## REPARACIONES EN DIQUE

Servicios de reparación y mantenimiento en dique, Varadero y servicios adicionales: Gas free; Protección catódica; Calibraciones ultrasónicas; Toma de luces; Sandblasting y pintura obra viva. Trabajos en obra muerta: Rejillas y cajas de mar; Aceros; Válvulas de fondo; Anclas y cadenas; Limpieza de tanques; Sistema de propulsión mecánica y Sellos simplex de cola.

## DISEÑO E INNOVACIÓN DE PRODUCTOS

COTECMAR como Corporación de Ciencia y Tecnología, a través de la Dirección de Investigación y Desarrollo e Innovación, cuenta con la capacidad necesaria para adelantar soluciones avanzadas en el diseño de embarcación de navegación fluvial, costera y oceánica.

COTECMAR se ha caracterizado por el desarrollo de diseños de embarcaciones enmarcadas dentro de altos estándares de calidad y funcionalidad. Dentro de las capacidades de diseño de embarcaciones y artefactos navales COTECMAR cuenta con un grupo multidisciplinario de profesionales, distribuidos en dos oficinas de diseño, que con el empleo de diferentes herramientas informáticas especializadas en diseño naval permiten garantizarle al usuario final la satisfacción final de sus necesidades específicas.

- **Navegación Fluvial (Riverine Vessels).** WorkBoats; Diseño de Centro de Atención Ambulatoria Fluvial y Diseño de Centro de Enseñanza Itinerante.
- **Law Enforcement.** Diseño de Patrulleras Fluviales Pesadas; Diseño de Lanchas Patrulleras de Río y Diseño de Patrulleras Fluviales Livianas.
- **Embarcaciones Costeras (Inland Vessels).** Work Boats; Lancha hidrográfica y Car Ferry.
- **Law Enforcement.** Landing Craft Utility.
- **Pleasure Boats.** B5
- **Embarcaciones Oceánicas (Seagoing Vessels).** Work Boats y 30000 BI Tanker.
- **Law Enforcement.** OPV-80 (Diseño de detalle)

## DESMANTELAMIENTO

La unidad de negocios Planta Mamonal tiene las facilidades requeridas para ofrecer esta opción a los clientes, la cual se convierte en favorable en la misma medida en la que los precios y el proceso orientado a la comercialización de la chatarra les sean más adecuados.

### 3. MARCO TEÓRICO, REFERENCIAL Y CONCEPTUAL

#### 3.1. MARCO TEÓRICO

**3.1.1. Distribuciones de planta.** Se habla de distribución de planta, se hace referencia a la disposición de puestos de trabajos, almacenes, maquinarias, herramientas y equipos, para la producción de casco y cubierta de embarcaciones navales en materiales compuestos en este caso.

Existen tres tipos básicos de distribución de planta: distribución por posición fija, distribución orientada hacia el proceso, distribución orientada hacia el producto y distribución híbrida, adicionalmente se plantean unos criterios para la asignación del espacio en las áreas de trabajo, la elección de una repartición adecuada para el proceso en estudio, busca principalmente generar incrementos en la producción, disminución de los retrasos en la producción, ahorro de área ocupada, reducción del tiempo de fabricación, mayor facilidad en la manipulación de los materiales y generar economía en movimientos y espacio.

La información que se relaciona a continuación fue tomada del material de estudio del Taller de Ingeniería de Métodos de la Universidad Nacional de Colombia con Sede en Manizales.<sup>9</sup>

**3.1.1.1. Distribución por posición fija.** Es típica de los proyectos en los que el producto elaborado es demasiado frágil, voluminoso o pesado para moverse.

**Características:**

- El producto permanece estático durante todo el proceso de producción.
- Los trabajadores, las máquinas, los materiales o cualquier otro recurso productivo son llevados hacia el lugar de producción.
- La intensidad de utilización de los equipos es baja, porque a menudo resulta menos gravoso abandonar el equipo en un lugar determinado. Donde será necesario de nuevo en pocos días, que trasladarlo de un sitio a otro.
- Con frecuencia las máquinas, ya que solo se utilizan durante un período limitado de tiempo, se alquilan o se subcontratan.
- Los trabajadores están especialmente cualificados para desempeñar las tareas que de ellos se esperan, por este motivo cobran salarios elevados.

---

<sup>9</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Sede Manizales. Taller de ingeniería de métodos. Tipos básicos de distribución de planta. 2011.

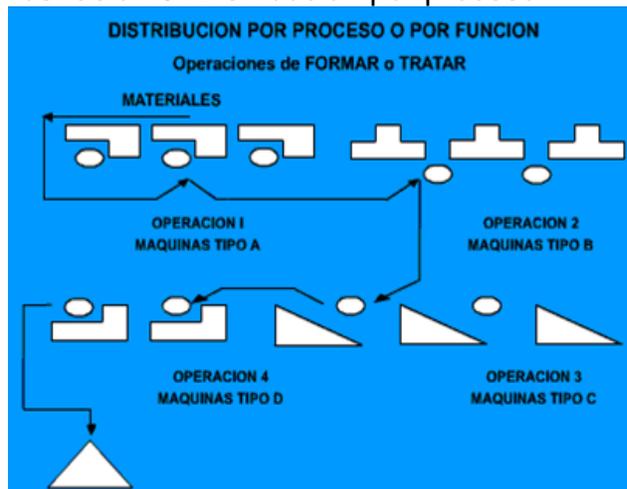
### 3.1.1.2. Distribución orientada hacia el proceso. También llamada taller de empleos o distribución funcional.

Agrupar máquinas similares en departamentos o centros de trabajo según el proceso o la función que desempeñan. Por ejemplo, la organización de los grandes almacenes responde a este esquema.

El enfoque más común para desarrollar una distribución por procesos es el de arreglar los departamentos que tengan procesos semejantes de manera tal que optimicen su colocación relativa.

Este sistema de disposición se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto.

Ilustración 3. Distribución por proceso



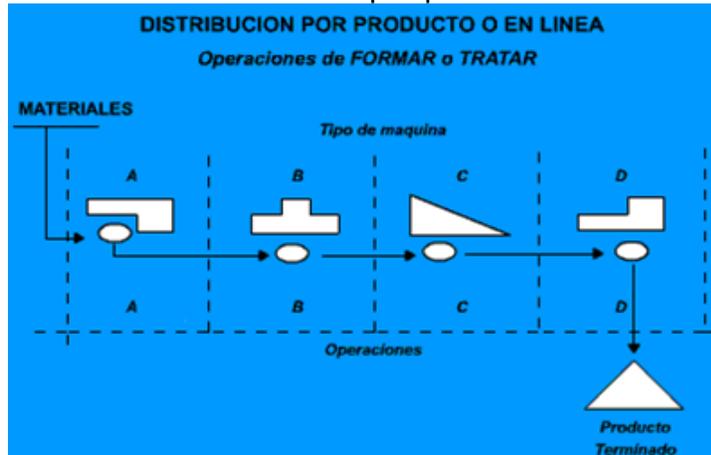
Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Tipos básicos de distribución de planta.

#### Características:

- Esta distribución es común en las operaciones en las que se pretende satisfacer necesidades diversas de clientes muy diferentes entre sí.
- El tamaño de cada pedido es pequeño, y la secuencia de operaciones necesarias para fabricarlo varía considerablemente de uno a otro.
- Las máquinas en una distribución por proceso son de uso general y los trabajadores están muy calificados para poder trabajar con ellas.

**3.1.1.3. Distribución orientada hacia el producto.** Conocida originalmente como cadena de montaje, organiza los elementos en una línea de acuerdo con la secuencia de operaciones que hay que realizar para llevar a cabo la elaboración de un producto concreto.

Ilustración 4. Distribución por producto



Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Tipos básicos de distribución de planta.

#### **Características:**

- Toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación.
- Se emplea principalmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados.

**3.1.1.4. Distribución híbrida.** Las formas híbridas de distribución en planta intentan combinar los tres tipos básicos que acabamos de señalar para aprovechar las ventajas que ofrece cada uno de ellos. Son tres: la distribución celular, los sistemas de fabricación flexible y las cadenas de montaje de varios modelos.

**Las Células de Trabajo:** Aunque en la práctica, el término célula se utiliza para denominar diversas y distintas situaciones dentro de una instalación, ésta puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre múltiples unidades de un ítem o familia de ítems.

La denominación de distribución celular es un término relativamente nuevo, sin embargo, el fenómeno no lo es en absoluto. En esencia, la fabricación celular busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas.

Esta consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando outputs con las mismas características en familias y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia.

En ocasiones, estos outputs serán productos o servicios finales, otras veces, serán componentes que habrán de integrarse a un producto final, en cuyo caso, las células que los fabrican deberán estar situadas junto a la línea principal de ensamble (para facilitar la inmediata incorporación del componente en el momento y lugar en que se necesita).

Entre otros, se aplica a la fabricación de componentes metálicos de vehículos y maquinaria pesada en general. Lo normal es que las células se creen efectivamente, es decir, que se formen células reales en las que la agrupación física de máquinas y trabajadores sea un hecho, en este caso, además de la necesaria identificación de las familias de productos y agrupación de equipos, deberá abordarse la distribución interna de las células, que podrá hacerse a su vez por producto, por proceso o como mezcla de ambas, aunque lo habitual será que se establezca de la primera forma.

No obstante, en ocasiones, se crean las denominadas células nominales o virtuales, identificando y dedicando ciertos equipos a la producción de determinadas familias de outputs, pero sin llevar a cabo la agrupación física de aquellos dentro de una célula.

En este caso no se requiere el análisis de la distribución, la organización mantiene simplemente la distribución que tenía, limitándose el problema a la identificación de familias y equipos. Junto a los conceptos anteriores está el de células residuales, a las que se hará referencia más adelante.

A estas hay que recurrir cuando existe algún ítem que no puede ser asociado a ninguna familia o cuando alguna maquinaria especializada no puede incluirse en ninguna célula debido a su uso general.

**Las células de fabricación flexible:** Representan el intento de diseñar fábricas que sean capaces de funcionar permanentemente de forma automatizada, sin necesidad de la intervención de operadores humanos.

Se sustentan, por lo tanto, más en la introducción de la automatización que en la reorganización del flujo del proceso.

Por sistema de fabricación flexible se entiende un grupo de máquinas-herramientas de control numérico enlazadas entre sí mediante un sistema de transporte de piezas común y un sistema de control centralizado. Para cada pieza a fabricar, se dispone de programas de piezas comprobados y memorizados en una estación de datos central. Varias máquinas-herramientas CN diferentes (complementarias entre sí) o similares (redundantes) realizan los mecanizados necesarios en las piezas de una familia, de manera que el proceso de fabricación sea de modo automático.

En lo posible, el desarrollo automático del mecanizado no debe interrumpirse debido a cambios manuales de herramientas o amarre. Los sistemas sofisticados pueden incluir también un almacén de materiales, máquinas de medición, y gestión automática de herramientas en los flujos de trabajo e información.

La utilización de máquinas-herramientas de control numérico facilita notablemente la adaptación continua de modificaciones de diseño o de mecanizado, sin los cambios de equipos, normalmente inevitables y costosos en tiempo, de los sistemas transfer tradicional. Un sistema de fabricación flexible no está condicionado por un tamaño mínimo de lote sino que puede mecanizar incluso piezas únicas en cualquier sucesión, siempre bajo la premisa de la existencia del correspondiente programa de pieza.

#### **Características:**

- Flexibilidad. En cuanto a: forma, dimensiones, materiales, previsión. En la producción en cuanto a cantidad, lotes, programas.
- Automatización. En el mecanizado, cambio de pieza y de herramienta, transporte, identificación, limpieza de piezas, verificación de piezas.
- Productividad. Debido a la fabricación desatendida, rapidez de cambio de herramienta y de pieza, pocas averías, optimización del mecanizado.
- Calidad del producto. Asegurada por la inspección de piezas, precisión de las máquinas, estabilidad térmica, rigidez de las máquinas, autocorrección.
- Fiabilidad del proceso. Gracias al control de desgaste, de desviaciones, de condiciones de mecanizado, y mantenimiento preventivo.

**Las cadenas de montaje de varios modelos:** Son un intento de superar las limitaciones de las cadenas de montaje clásicas, que se centraban en la elaboración de un único tipo de producto. Tradicionalmente, este objetivo se lograba elaborando enormes lotes de un tipo de producto, deteniendo la actividad de la cadena, y reconfigurando sus elementos para adaptarlos a la elaboración del nuevo producto.

Esto ocasionaba grandes problemas como consecuencia de los desajustes entre producción y demanda. Para resolver esta dificultad, las empresas occidentales se centraron en la mejora de las técnicas de previsión de la demanda, mientras que las japonesas lo hicieron en la mejora de la organización y operatividad de las cadenas.

Comenzaron reduciendo el tiempo necesario para adaptar la cadena a la fabricación de distintos tipos de productos. Luego, prepararon a los operarios para realizar una variedad de tareas, con el fin de permitirles funcionar en distintas estaciones de trabajo si fuera preciso. Finalmente, modificaron el modo en que estaba organizada y programada la cadena.

#### **Características:**

- **Equilibrado de la Cadena:** Los elementos de trabajo varían de un producto a otro, por lo tanto, al equilibrar la cadena debe tenerse en cuenta esta circunstancia. Se deben diseñar las estaciones de trabajo teniendo en cuenta los elementos de los distintos productos.
- **Mano de Obra Flexible:** Los empleados desempeñan tareas distintas en la elaboración de diversos productos, y sus trabajos son bastante flexibles como para que se puedan permitir servir de apoyo a sus compañeros en caso de necesidad.
- **Cadena en Forma de “U”:** Para compensar los requerimientos de trabajo de los distintos productos es necesario disponer de mano de obra flexible, y además, organizar la cadena de modo que los operarios puedan ayudarse unos a otros. Esta meta la facilita la forma de “U”.
- **Secuencia de Modelos:** Al elaborarse distintos tipos de productos, surge un problema adicional, que es decidir la secuencia en la que recorrerán la cadena. La lógica lleva a pensar que deben alternarse distintos tipos de modelos, para asegurar la fluidez de los productos a lo largo de la cadena.

#### **3.1.1.5. Criterios para la distribución del espacio<sup>10</sup>.**

---

<sup>10</sup> MONTOYA, Allison. Et Al. Distribución del espacio. 2011. 41p.

- **Funcionalidad:** Que las cosas queden donde se puedan trabajar efectivamente.
- **Economía:** Ahorro en distancias recorridas y utilización plena del espacio.
- **Flujo:** Permitir que los procesos se den continuamente y sin tropiezos.
- **Comodidad:** Cree espacios suficientes para el bienestar de los trabajadores y el traslado de los materiales.
- **Iluminación:** No descuide este elemento dependiendo de la labor específica.
- **Aireación:** En procesos que demanden una corriente de aire, ya que comprometen el uso de gases o altas temperaturas etc.
- **Accesos libres:** Permita el tráfico sin tropiezos.
- **Flexibilidad:** Prevea cambios futuros en la producción que demanden un nuevo ordenamiento de la distribución del espacio de la empresa.

**3.1.2. Estrategias de producción.** Actualmente se pueden identificar cuatro tipos de estrategias de producción:

**Make to order.** En esta estrategia de producción se tiene un diseño establecido de la pieza a producir, inicia luego de realizar la orden.

**Make to stock.** Plantea que existe un diseño de la pieza y que el proceso de producción se da sin necesidad de tener una orden firme de un cliente, generalmente las cantidades a producir se dan por pronósticos de venta.

**Assemble to order.** Las piezas que conforman el producto final se diseñan y producen previamente a su ensamble, pues este último solo se da cuando se tiene una orden por parte del cliente.

**Engineering to order.** Se caracteriza por que los productos son únicos e irrepetibles, es decir, que el diseño y su modo de fabricación pueden variar para cada orden realizada por el cliente.

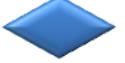
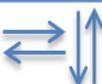
**3.1.3. Herramientas de ingeniería.** Se consideraran herramientas de ingeniería a todas aquellas que de forma ilustrativa pretenden dar un mejor

entendimiento de los procesos, ejemplo de ellas son los planos, mapas y flujogramas.

**Diagrama:** Los diagramas son representaciones gráficas que muestran particularidades de un proceso, así, existe un tipo de diagrama para cada necesidad de ilustración (manejo de materias primas y desechos del proceso, interrelación entre sub-procesos, etc.) entre los diferentes diagramas existentes podemos encontrar: Diagrama de Gantt, Diagrama de Pareto, Diagrama de flujo, Diagrama causa y efecto, y Diagrama sinóptico.

**Flujograma:** Consiste en la representación gráfica de un proceso, a continuación se enseña la simbología y un ejemplo del mismo.

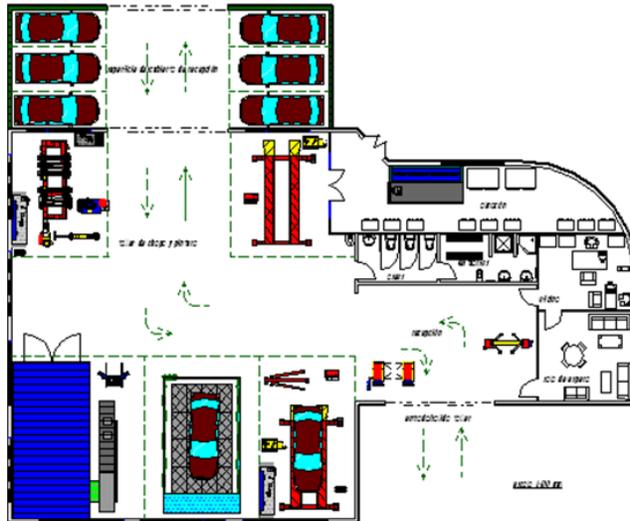
Cuadro 2. Simbología de flujogramas

	Inicio o fin del programa
	Pasos, procesos o líneas de instrucción de programa de computo
	Operaciones de entrada y salida
	Toma de decisiones y ramificación
	Conector para unir el flujo a otra parte del diagrama
	Cinta magnética
	Disco magnético
	Conector de pagina
	Líneas de flujo
	Anotación
	Display, para mostrar datos
	Envía datos a la impresora

Fuente: Universidad de JAUME I. Manual de control estadístico de calidad: Teorías y aplicaciones.

**Plano:** Se entiende por plano en términos arquitectónicos una representación gráfica en dos dimensiones de un área específica, incluyendo sus componentes.

Ilustración 5. Plano



Fuente: Larrys Redlich. Gestión de la producción.

**3.1.4. Sistemas logísticos.** Se considera un sistema logístico la interrelación de los diferentes procesos de la cadena de suministro, desde compras, hasta ventas. Sin embargo, para el caso en estudio, este sistema se considera hasta el proceso productivo, contemplando así, únicamente, los procesos de aprovisionamiento, almacenamiento y producción.

**Aprovisionamiento.** Incluye los diversos proveedores y comprende todas las operaciones efectuadas para colocar a disposición de producción, materias primas, piezas y elementos.<sup>11</sup>

**Almacenamiento.** El almacenamiento tiene como misión, según Fletcher y Claske (1966):

- Asegurar el flujo de producción y prevenir cambios en el proceso de producción.
- Servir de amortiguador entre procesos de producción que operen a ritmos diferentes.
- Asegurar el servicio de los clientes y servir de amortiguador en la producción frente a variaciones en la demanda.

<sup>11</sup> MARTÍNEZ ROBLES, Agnessy Yerina. Control de inventario con análisis de la demanda para la empresa "Sport B". Capítulo 2.UNMSM. 8p.

**Producción.** Transforma los materiales, efectúa el ensamble de las piezas y elementos y almacena o entrega los productos terminados a los encargados de distribución.<sup>12</sup>

**3.1.5. KPI'S.** Los KPI'S, del ingles *Key Performance Indicators*, corresponden a los indicadores claves de desempeño, como su nombre lo indican miden el desempeño de un proceso, y para el caso en estudio se formularan de tipo logístico y productivo, con el fin de tener un sistema de monitoreo del logro de los objetivos en el caso de la implementación del diseño propuesto.

**3.1.6. Selección de equipos.** Según Pedro Barber Lloret, en su libro, *Maquinaria de obras públicas II*, la selección del equipo es uno de los problemas de más difícil definición dentro del contexto de un estudio.

La mayor dificultad no reside en la definición de la maquinaria más adecuada para realizar cada tarea concreta, sino más bien en la adaptación de las mismas a las condiciones del entorno, entendiendo por entorno: adaptación al parque ya existente, capacidad de montaje puesta a punto, reparación y mantenimiento con las herramientas disponibles, posible utilización de las maquinas elegidas en futuros proyectos.

Una vez decidida la utilización de un determinado sistema de trabajo, pasamos al proceso de selección de marca y modelo, y para ello en general, no contamos con nada más que con la documentación que nos suministra el fabricante o distribuidor que muchas veces, no son suficientes para el conocimiento de la máquina y otras la falta de exactitud puede crear una mayor dificultad de elección.

Otro problema que se nos plantea es la forma como están obtenidos estos parámetros que usualmente no es en las mismas unidades ni de forma análoga.

Fijado el tamaño de la máquina, normalmente se dispone en el mercado de varios modelos de diferentes marcas y de que entre ellos debemos elegir el que nos interesa.

En este momento los factores de decisión son: precio de la máquina, rendimiento, entre otros.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup>Ibíd.

<sup>13</sup>BARBER, Pedro. *Máquinas de obras públicas II. Máquinas y equipos*. Cuarta edición. Editorial Club universitario. ISBN 978-84-8454-956-7. España. 2009. 327 p.

**3.1.7. Métodos de selección.** Considerando la documentación teórica sobre métodos de selección de equipos, se empleará como base para la investigación los métodos utilizados para la selección de personal en recursos humanos, los cuales fácilmente pueden ser adaptados para el propósito de este trabajo.

**Método de valoración cualitativo.** En este grupo se encuentran el método de clasificación por niveles, el cual consiste en clasificar los objetos en estudio, en este caso la maquinaria, en niveles según una escala previamente establecida con base en características que sean comunes a todos los ítems y el método de jerarquización, el cual se puede descomponer en jerarquización simple, cuando se ordenan los ítems para el caso en estudio, del que más satisface al que menos satisface los requerimientos; jerarquización ascendente-descendente cuando se seleccionan de manera intercalada el mejor y el peor hasta organizar todos los ítems, y finalmente el de comparación por parejas, cuando se valora un ítem con base a otro.

**Método de valoración cuantitativo.** Se consideran los ítems descompuestos en factores, los cuales son valorados por separados, de manera que al sumarlos se obtiene la calificación total de cada uno.

En este grupo podemos encontrar más de diez métodos de valoración, sin embargo, se describirán los dos que con el tiempo se han destacado más por su exactitud y practicidad.

- **Método de puntos por factor.** El método de puntos tiene el esquema siguiente<sup>14</sup>: Determinación de los tipos de equipos que se desea valorar; Elección de los factores comunes que se desean valorar; Definición de los factores; División de los factores en grados y definición de estos; Ponderación de los factores y Asignación de puntos a cada grado.
- **Método de comparación de factores.** Consiste en la valoración de los ítems uno a uno con cierto número de equipos clave o tipo, previamente seleccionados. La comparación y asignación de valores se hace factor por factor. El proceso comprende las siguientes fases<sup>15</sup>: Selección del equipo clave; Escogencia de los factores que serán empleados en la evaluación; Valoración de los factores de los equipos clave y Valoración de los demás equipos factor por factor en comparación con el equipo clave.

---

<sup>14</sup> PUCHOL, Luis. Dirección y gestión de recursos humanos. Ediciones Diaz de Santos. Séptima edición. 2007. Argentina. ISBN 978-84-7978-831-5. 425p.

<sup>15</sup> BAQUERO CORRALES, Alfredo. Administración de recursos humanos. Primera parte. Modulos 1,2,3. Editorial Universidad estatal a distancia San Jose. Costa Rica. 2005. 183p.

## 3.2. MARCO REFERENCIAL

**3.2.1. Diagnósticos tecnológicos.** Anualmente, el Departamento de investigación y desarrollo tecnológico, DIDESI, de la Corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial, COTECMAR, realiza un diagnóstico tecnológico de sus unidades de negocio con el fin de realizar un análisis DOFA de este aspecto.

Para el caso de la División de materiales compuestos, se tiene la siguiente información.

**Procesos y subprocesos.** La construcción de casco y cubierta de embarcaciones navales en materiales compuestos, consta de dos procesos principales: construcción de modelo y construcción de molde y pieza, los cuales a su vez se dividen en subprocesos que se desarrollan de forma que se pueden cumplir los objetivos de producción.

En la Ilustración 6 se ilustra cada proceso con sus respectivos subprocesos.

Ilustración 6. Procesos y subprocesos de la División de materiales compuestos



Fuente: COTECMAR. Diagnóstico tecnológico.

**Proceso: Construcción de modelos.** Incluye todas las actividades de carpintería y acabados necesarias para la construcción de modelos de las piezas o embarcaciones a tamaño real y fabricados en madera. Para poder fabricar piezas en fibra de vidrio es necesario tener un modelo igual a la pieza a obtener.

Mediante este proceso se fabrican dichos modelos en madera, partiendo de los planos de la pieza.

**Subprocesos:**

- Corte Manual. Se utiliza para dar forma a la madera, y así permitir que esta sea ensamblada en el modelo. Corresponde a las actividades de corte en las cuales una persona se encarga de maniobrar las partes a cortar, puede utilizar maquinaria o ser llevado a cabo mediante herramientas.
- Corte CNC. Tiene como objetivo dar forma a la madera, para luego ensamblarla en el modelo. Corresponde a las actividades de corte con equipo de Control Numérico Computarizado (CNC) el cual realiza los cortes automáticamente. Debe ser cargado un programa de computador con el procedimiento a la máquina, para que esta pueda trabajar.
- Armado de Estructura. Tiene como objetivo el ensamble de la estructura del modelo fabricada en madera, encargada de sostener y dar la forma principal al mismo.
- Forrado de Estructura. Comprende el forrado de la estructura con láminas de madera o triples, simulando al casco del buque o a la carcasa de la pieza.
- Masillado. Sobre las láminas de madera utilizadas para el forrado de la estructura se aplica masilla, con el fin de modelar perfectamente la figura de la pieza final y mejorar el acabado del modelo.
- Acabado. Finalmente se lija y pinta la macilla, para que esta tenga una textura suave y el modelo pueda transmitir al molde la geometría exacta de la pieza.

**Proceso: Construcción de molde y pieza.** Incluye las actividades de fabricación de moldes y piezas en fibra de vidrio. Aunque es diferente la fabricación de un modelo y la de una pieza, las actividades necesarias para la realización de ambos son comunes, lo que permite que sean unidos en un solo proceso. Involucra las actividades de fabricación de un molde a partir de un modelo y de una pieza a partir de un molde. Son trabajos

realizados con fibra de vidrio, formando dicho material compuesto. Al laminar sobre el modelo se obtiene un negativo de la pieza llamado molde, luego se lamina sobre el molde para obtener la pieza.

### **Subprocesos:**

- Encerado. Antes de laminar con fibra y gel es necesario aplicar cera al modelo para el caso de la construcción de moldes y al molde para el caso de la construcción de la pieza. Esta cera facilita el desmoldeo una vez pieza o molde estén listos.
- Aplicación de Pintura. Sobre la capa de cera se agrega la pintura, de tal manera que el acabado del molde se transmita a esta y genere el acabado final de las embarcaciones o piezas, protegiéndolas y dándole los colores solicitados por el cliente. Se utilizan sistemas de aspersión para llevar a cabo este subproceso.
- Laminado de Contacto. Son las actividades correspondientes a la aplicación de fibra de vidrio y resinas sobre un molde abierto tipo hembra para la fabricación de piezas y sobre un modelo para el caso de fabricación del molde. Este subproceso forma el material compuesto de las embarcaciones y modelos. Este es el subproceso básico de construcción de embarcaciones en fibra de vidrio y es el más común en el mundo entero, a pesar de su naturaleza manual.
- Montaje de Estructura. Finalmente después de obtener la geometría del casco en fibra de vidrio, se procede a instalar la estructura que dará soporte a la embarcación, esta puede estar hecha de distintos materiales y recubrirse con fibra de vidrio para su protección y unión.

**3.2.2. Logística y cadena de suministros.** En el año 2010, la Corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval marítima y fluvial, COTECMAR, desarrollo una investigación que apunto a la caracterización y evaluación de la operación logística, los resultados se muestran a continuación.

El proceso de abastecimiento involucra a personal de varias áreas: Alistador de materiales del Departamento de Producción, Superintendente de materiales del Departamento de Gerencia de Proyectos, Coordinador Logístico de la División de Gestión Logística, Analista de Adquisiciones de la División de Adquisiciones, Auxiliar de almacén-entradas y el Auxiliar de Bodega de la División de Almacén.

Ilustración 7. Personal que participa en el proceso de abastecimiento.



Fuente: COTECMAR. Caracterización y evaluación de la operación logística.

El proceso de adquisición inicia cuando los alistadores se dan cuenta que el material(es) solicitado no están en el almacén, y proceden a realizar una requisición de éste. Ellos, revisan en el sistema INFOR que materiales se encuentran en el almacén y les anteceden una A, y cuáles necesitan solicitar a la División de Adquisiciones, colocándoles una C antes del nombre del material.

Una vez diligenciada la requisición, esta es llevada al Superintendente de Materiales que será el encargado de revisarla, firmarla e ingresarla nuevamente al sistema, para que pueda ser vista por los analistas de adquisiciones. Debido a que cada analista se encarga de un tipo de materiales diferentes, pueden hacer un filtro, donde muestre los materiales a cotizar y comprar. Las requisiciones normalmente son vistas por medio del computador, aunque en ocasiones diversas, éstas pueden ser entregadas impresas personalmente por el alistador de materiales. Lo primero que revisa el analista es si todos los materiales que se piden están ingresados en el sistema, en caso que esto no sea así, es necesario que la persona que lo solicitó pase una cotización de dicho material, para asegurar la existencia del mismo. Con esta información, el analista procede a crear el material en el sistema, con un código consecutivo.

Una vez comprobado que todos los materiales están ingresados en el sistema, se separan aquellos materiales que se adquieren con proveedores con los que se tienen convenios; con los ítems restantes se solicita cotización a los proveedores, para poder analizar bajo criterios de precio y disponibilidad cuál es el proveedor al que se le hará la compra. Cuando se selecciona el proveedor es necesario que esté inscrito en el maestro de proveedores de COTECMAR, en caso de que no sea así se debe solicitar la inscripción al Analista de Proveedores. Se genera la orden de compra y se hace firmar por el Jefe de Adquisiciones, y es enviada al proveedor con el que finalmente se decidió realizar la compra; una copia de esta orden de compra se envía a la División de Contabilidad del Departamento Financiero.

Se pacta finalmente con el proveedor la fecha de entrega. Las entregas de los bienes se hacen en el almacén de Bocagrande o de Mamonal, en casos muy especiales estas entregas son pactadas en sitios diferentes, en estos casos el gerente del Proyecto que solicitó el material se hace cargo de coordinar la hora, lugar y fecha de la recepción del material. Todos los gastos de transporte asumidos por COTECMAR están cargados directamente al producto. Para realizar las entregas o recibos, el almacén tiene destinado un horario de atención a proveedores, de acuerdo a la sede, se debe informar con 24 horas de anticipación. El Auxiliar de Almacén-Entradas se encarga de ingresar el material al sistema, mientras que el Auxiliar de Almacén finalmente lo recibe.

En caso de devolución, el proceso empieza en el almacén, donde redactan el documento de dicha devolución, este se registra en el sistema, y se notifica a adquisiciones para que ellos se encarguen de hacer la nueva orden de compra; al mismo tiempo se le notifica al proveedor y se le devuelve el producto. Una vez realizado el trámite correspondiente, el proveedor realiza el cambio y se procede como una adquisición normal.

Para el almacenamiento de la arena, se cuenta con un espacio bajo techo donde se mantienen los sacos pues la arena debe estar seca para su uso en el proceso de sandblasting; sin embargo el recinto no es totalmente cerrado. Para evitar el problema que se presenta con la arena que se moja y no puede utilizarse, se tiene planeado la construcción de tres silos para el almacenamiento de la arena y los otros materiales abrasivos que se utilizan para el sandblasting, que son la escoria de cobre y la granalla.

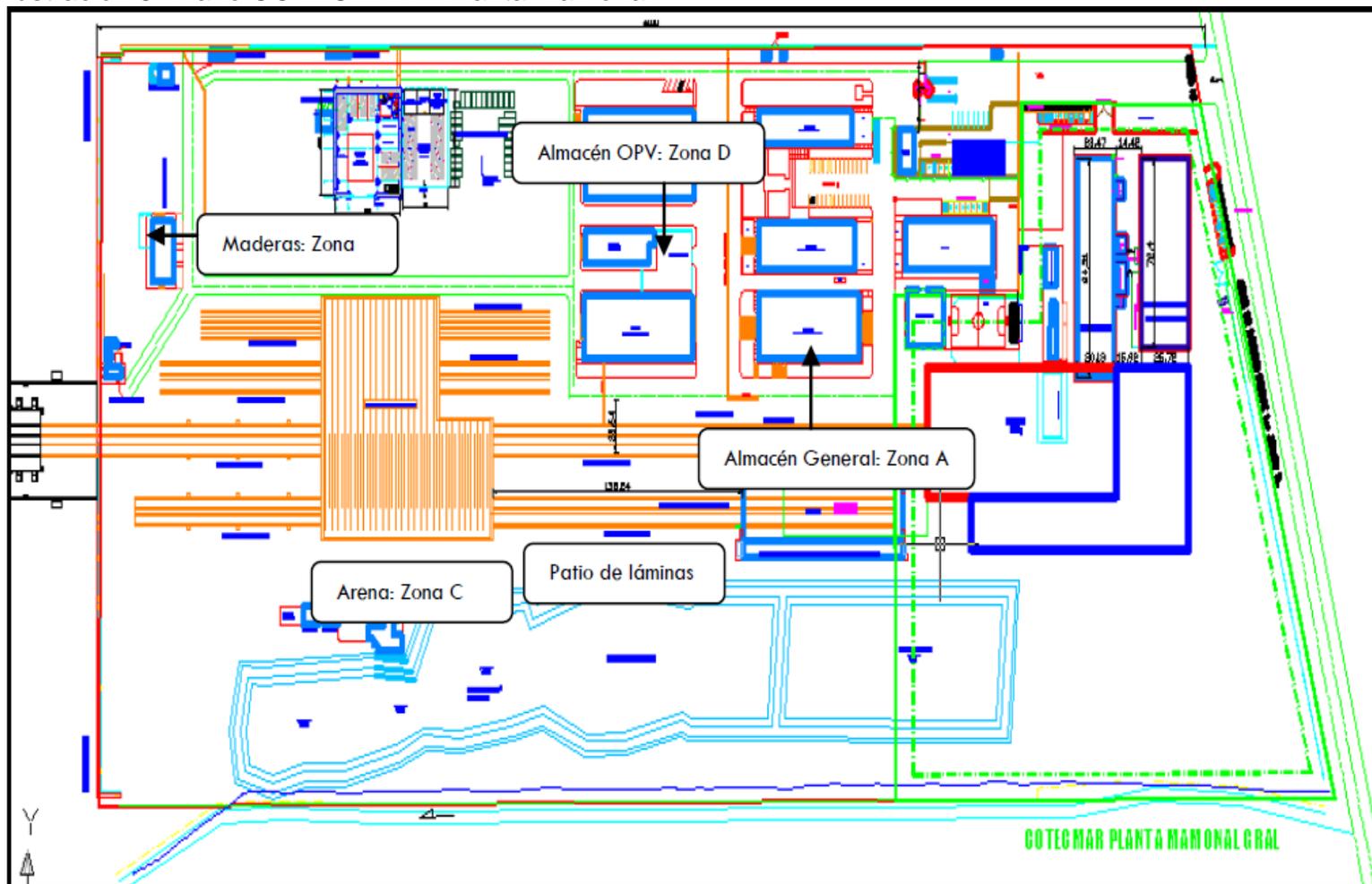
Es importante conocer el número, tipo y nivel de equipos con que cuenta la Corporación para la realización de las actividades de transporte, almacenamiento y conservación de los materiales e insumos. En el cuadro 3, se relacionan los equipos que son utilizados para la operación logística de COTECMAR.

Cuadro 3. Equipos de operación logística COTECMAR

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	FUNCIONALIDAD	UBICACIÓN
<b>ESTIBAS</b>	Soportes de madera (100cmx120cm) para almacenar diversos materiales	Almacenamiento	Almacén central Mamonal, Almacén D, Almacén central Bocagrande, Almacén Fragatas
<b>ESTANTERÍAS</b>	Estructuras metálicas y de madera de distintos tamaños y capacidades para almacenar materiales en estiba o de menor tamaño	Almacenamiento	Almacén central de Mamonal, Almacén central Bocagrande, Almacén Fragatas
<b>CANTIELEVER</b>	Estructuras metálicas para almacenamiento de tubos	Almacenamiento	Almacén central Mamonal, Almacén central Bocagrande, Almacén Fragatas
<b>CONTENEDORES</b>	Recipiente de grandes dimensiones para almacenamiento de materiales (arena, soldadura y granalla)	Almacenamiento	Sede Mamonal y Bocagrande de 20 y 40 pies
<b>CUARTO REFRIGERADO</b>	Bodegas acondicionadas para almacenar materiales y equipos que requieren mantenerse a una temperatura inferior a la temperatura ambiente	Almacenamiento	Almacén central Mamonal, Almacén central Bocagrande, Almacén Fragatas
<b>CUARTO DE SOLDADURA</b>	Bodega acondicionada para el almacenamiento de soldadura que requiere mantenerse a una temperatura superior a la temperatura ambiente	Almacenamiento	Almacén central Mamonal
<b>GATOS-CARRETILLAS</b>	Dispositivo manual para la manipulación de materiales dentro del almacén	Transporte	Dos de 250 kilos: Almacén central Mamonal, Almacén central Bocagrande
<b>MONTACARGAS</b>	Vehículo motorizado para el transporte de carga entre almacenes y a las posiciones de varada	Transporte, Manipulación	Dos de 3 toneladas marca Hyster: Almacén central Mamonal, Almacén central Bocagrande
<b>CARGADOR</b>	Vehículo eléctrico para el transporte y acomodo de materiales en estantería en el almacén	Transporte, manipulación	Uno de dos toneladas marca Hyster N45ZR

Fuente: Grupo de Investigación GICO – SEPRO.

Ilustración 8. Plano COTECMAR – Planta Mamonal



Fuente: Grupo de investigación GICO - SEPRO

**3.2.3. Sistema de indicadores de desempeño de la cadena de suministro.** En el cuadro 4 se relacionan los indicadores que se manejan actualmente en COTECMAR en logística y producción.

Cuadro 4. Indicadores estratégicos de COTECMAR

PERSPECTIVA	VARIABLE	OBJETIVO	PESO OBJETIVO	INDICADORES
PROCESOS INTERNOS	Producción	<p>Responder efectivamente a los requerimientos de producción de los proyectos de venta de servicios y productos de la Corporación.</p> <p>Estrategia: Efectividad en costos, calidad y oportunidad.</p>	14%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %Margen de Contribución</li> <li>• Consumo de la provisión de garantías de proyectos de reparación y mantenimiento</li> <li>•Consumo de la provisión de garantías de nuevas construcciones</li> <li>•%Participación de garantías efectivas para reparaciones por proyectos</li> <li>•%Satisfacción del cliente para reparaciones</li> <li>•% Satisfacción del cliente nuevas construcciones</li> </ul>
	Logística	<p>Asegurar el flujo de suministros que garanticen el cumplimiento de los proyectos presentes y futuros.</p> <p>Estrategia: Articular efectivamente la determinación, consecución y aplicación de los insumos de información, bienes y servicios requeridos para el desarrollo de los proyectos</p>	14%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % Gestión de pedidos</li> <li>• % Devoluciones en adquisiciones</li> </ul>

Fuente: Autor.

### 3.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Administración de la cadena de suministro:** Se refiere a la administración cooperativa de materiales, y flujos de información entre miembros de la cadena de suministro, para alcanzar objetivos que no pueden ser logrados al actuar de forma independiente.<sup>16</sup>
- **Administración de la demanda:** El desarrollo de consenso respecto de la habilidad para las necesidades y capacidades; y el acuerdo sobre un plan de síntesis que pueda cumplir más eficazmente con las necesidades del cliente dentro de las limitaciones de capacidad en la cadena de suministro<sup>17</sup>.
- **Aprovisionamiento.** Proceso de la logística integral que abarca desde los proveedores hasta la utilización de los materiales, comprendiendo, por tanto, las funciones de compra, recepción, control de entradas, almacén y stock de materiales para producción. Su objetivo es minimizar el costo de los materiales en el momento de su consumo.<sup>18</sup>
- **Cadena de suministro:** 1) Iniciando con materias primas no procesadas y finalizando con los bienes terminados siendo consumidos por el cliente final, la cadena de suministro enlaza muchas firmas. 2) los intercambios de materiales e información en el proceso logístico se extienden desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados al consumidor final. Es así como los vendedores, proveedores de servicio y clientes son los vínculos al interior de la cadena de suministro.<sup>19</sup>
- **Canal de distribución:** Una o más compañías o individuos que participan en el flujo de bienes y servicios del fabricante al consumidor o usuario final<sup>20</sup>.
- **Cera de carnauba:** Es una cera preparada especialmente para actuar como desmoldante en matrices de plásticos reforzados con fibra de vidrio. Contrariamente a lo que ocurre con las ceras de siliconas son muy fáciles de eliminar con agua. La carnauba es una planta de origen amazónico y permite lustrar los moldes por más complejos que sean en sus formas.

---

<sup>16</sup>Sucky, E. (2010). Inventory management in supply chains: A bargaining problem. *Int. J. Production Economics*, 93–94.

<sup>17</sup>CSCMP. Supply Chain Management Terms and Glossary. Disponible en: <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>

<sup>18</sup>Paus, J.P. y De Navascués, Ricardo. *Manual de Logística Integral*. Ed. Díaz de Santos. Madrid. 2001.

<sup>19</sup>CSCMP. Supply Chain Management Terms and Glossary. Op. cit.

<sup>20</sup>Ibíd.

Cuando se debe realizar una reparación, con masilla por ejemplo, la cera de carnauba se limpia con facilidad aplicando un paño humedecido<sup>21</sup>.

- **Control de inventario:** Actividades y técnicas para mantener los niveles deseados de inventarios, sean materias primas, artículos en proceso o productos terminados.<sup>22</sup>
- **Cross docking:** Sistema de distribución en el que la mercancía recibida en el almacén o centro de distribución no se guarda, sino que es preparada para su envío a las tiendas minoristas. Cross Docking requiere una estrecha sincronización de todos los movimientos de entrada y salida. Eliminando el almacenamiento y las operaciones de selección, puede reducir significativamente los costos de distribución<sup>23</sup>.
- **Efectividad:** Capacidad de satisfacer las exigencias de los clientes tanto internos como externos de la línea de producción.
- **Embarcación naval:** Toda aquella embarcación que es destinada al servicio de las Fuerzas Armadas de la Republica de Colombia, básicamente patrulleras de control con capacidades defensivas y ofensivas y transportes de apoyo.
- **Eslora:** Largo de una embarcación naval desde la proa hasta la popa.<sup>24</sup>
- **Esquema de laminación:** Es la secuencia de aplicación de capas de laminado, donde se especifica que material se emplea, su contenido de resina y tipo de la misma, se evalúan las condiciones de trabajos a temperatura de 24°C y humedad relativa de menos del 80%. En el caso de embarcaciones, son un conjunto de especificaciones de laminados describiendo en forma detallada los materiales a emplear en cada componente<sup>25</sup>.
- **Gelcoat:** El término gelcoat describe lo que se conoce comúnmente como “Pintura de poliéster”. El gelcoat es una resina poliéster de alto desempeño que contiene pigmentos, agentes tixotrópicos y aditivos especiales (Estabilizantes UV, Desaireantes, Agentes reológicos, Agentes humectantes, entre otros).<sup>26</sup> Su finalidad es asegurar máxima resistencia al agua y a la intermperie.

---

<sup>21</sup> QUINTERO, Carlos. Manual práctico sobre poliéster (plásticos) reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2007.

<sup>22</sup> Ibíd.

<sup>23</sup> Ibíd.

<sup>24</sup> MANDELLI, Antonio. *Elementos de Arquitectura Naval*. Librería editorial Alsina Buenos Aires .1986. ISBN 950-553-026-9.

<sup>25</sup> COTECMAR. Construcción de piezas. 2011. 2p.

<sup>26</sup> ANDERCOL S.A. Conocimiento, selección y aplicación de los Gelcoats Cristalan. 2005.

- **Inventario (stock):** Componentes, materias primas, productos terminados y suministros requeridos para la creación de bienes y servicios. Puede referirse también al número de unidades y/o valor de las existencias de productos que mantiene una compañía.<sup>27</sup>
- **Logística:** El proceso de planear, implementar y controlar procedimientos para el transporte y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes, servicios e información desde el punto de origen al punto de consumo, con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente.<sup>28</sup>
- **Materiales compuestos:** En ciencia de materiales reciben el nombre de materiales compuestos aquellos materiales que se forman por la unión de dos o más materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales. Estos compuestos pueden seleccionarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.<sup>29</sup> El presente trabajo está dirigido a un segmento particular, los compuestos de matriz polimérica y fibras de refuerzo.
- **Modelo:** Es una reproducción a escala 1:1 de la pieza a construir, con el acabado exterior y/o interior requerido, y construida teniendo en cuenta los ángulos de desmoldeo y contracción de las resinas para que la pieza moldeada tenga las dimensiones especificadas por el diseñador. Normalmente es fabricado en madera recubierta con PRFV y algunas veces se emplea una pieza existente como base para el modelo<sup>30</sup>.
- **Molde:** Es el negativo a escala 1:1 de la pieza a construir, con el acabado exterior y/o interior requerido, y construido sobre un modelo. Normalmente es fabricado en PRFV, gelcoat y resina<sup>31</sup>.
- **Nivel de servicio:** Medida (usualmente expresada como un porcentaje) para satisfacer la demanda a través del inventario o por el actual programa de producción justo a tiempo, y cumplir con las cantidades solicitadas por los clientes en las fechas requeridas<sup>32</sup>.

<sup>27</sup> CSCMP. Supply Chain Management Terms and Glossary. Op. cit.

<sup>28</sup> COTECMAR. Caracterización y Evaluación de la operación logística. 2010. 259p.

<sup>29</sup> ASKELAND, Donlad R. Ciencia e ingeniería de los materiales. International Thomson Editores, Tercera edición. 1998. ISBN 968 – 7529 – 36 -9. 468 p.

<sup>30</sup> COTECMAR. Construcción de moldes. 2011.2p.

<sup>31</sup> *Ibíd.*

<sup>32</sup> MORA, L.A y MUÑOZ, R.D. Diccionario de logística y negocios internacionales. 96p.

- **Pieza:** Es el objeto a construir en materiales compuestos, puede ser desde una pieza sencilla, hasta una embarcación de 20m de eslora, pasando por artefactos navales como boyas y todos los componentes de ambos. Para fabricarla se requiere un molde y condiciones de ambiente controlado, temperatura de 24°C y humedad relativa de menos 80%<sup>33</sup>.
- **Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV):** Es un material compuesto, en el cual las fibras de vidrio con una alta resistencia mecánica conforman la parte estructural, mientras que la matriz plástica (resina de poliéster) aglomera las fibras, aporta la resistencia química, propia de ella, y hace el producto impermeable al medio en contacto<sup>34</sup>.
- **Stock de seguridad:** cantidad de inventario que una compañía almacena, más allá de sus necesidades normales como un regulador frente a retrasos en las entregas de los proveedores o cambios en la demanda de los clientes<sup>35</sup>.
- **Tela MAT:** Es una tela no tejida de fibra de vidrio, resultado de picar el hilo roving en maquinas especiales. El MAT, ampliamente usado en el proceso manual, posee importantes ventajas, cuando se impregna con la resina, produce un espesor uniforme, lo que se traduce un mejor control de la calidad y resistencia mecánica de la pieza (se puede controlar el contenido de la fibra en el laminado).

La fibra MAT, se diferencia por su densidad/grosor, especificación que se llama GRAMAJE. En el mercado se puede encontrar tela MAT de 225, 300,450 y 600, valor que significa gramos por metros cuadrado<sup>36</sup>.

- **Velo de superficie** Es una Tela no tejida similar al mat, con bajos gramajes que usualmente oscilan entre 30 y 45 gramos por metro cuadrado. Posee una calidad de vidrio superior, especial para resistir ataque químico llamado vidrio tipo “C” (el resto de fibras usuales en nuestro medio son del tipo “E”).

Esta fibra es comúnmente utilizada para dar resistencia química y/o un poco de resistencia mecánica al gelcoat de moldes, botes o todo tipo de piezas sometidas al impacto. El velo de superficie es utilizado en los laminados interiores como barrera anticorrosiva con una capa rica en resina y también en laminados exteriores como una protección contra el deterioro por el tiempo<sup>37</sup>.

<sup>33</sup> COTECMAR. Construcción de piezas. 2011. 2p.

<sup>34</sup> QUINTERO. Op. cit.

<sup>35</sup> CSCMP. Supply Chain Management Terms and Glossary. Op. cit.

<sup>36</sup> QUINTERO. Op. cit.

<sup>37</sup> *Ibíd.*

- **Tela Woven Roving:** Son una clase de Tela tejida en dos direcciones (trama y urdimbre), la cual se fabrica tejiendo en telares especiales, el roving continuo usado para poltrusion o para filament winding. El empleo de esta tela de fibra de vidrio en el proceso manual o por aspersión, proporciona mayor resistencia mecánica a la pieza fabricada. Al igual que las otras telas de fibra de vidrio, el WOVEN ROVING también se caracteriza por su gramaje, encontrándose en el mercado de 200 a 900 gramos por metro cuadrado<sup>38</sup>.

---

<sup>38</sup> *Ibíd.*

## 4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ACTUAL

En este capítulo se describe todo aquello que concierne al proceso actual de construcción de casco y cubierta en materiales compuestos para embarcaciones navales, y la información será tomada como referencia para la propuesta a presentar.

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

En la actualidad, la División de materiales compuestos de COTECMAR utiliza como técnica de manufactura para la fabricación de casco y cubierta en materiales compuestos de embarcaciones navales el moldeo abierto por contacto y su proceso se divide en: fabricación de modelos, fabricación de moldes, fabricación de piezas y ensamble.

La descripción del sistema productivo actual fue tomada de la información suministrada por las encuestas realizadas al personal de la división (Anexo A), la instrucción de trabajo encontrada en Fasttrack\* (Anexo B) y el material de las capacitaciones dictadas por ANDERCOLS.A (Proveedor) a los ingenieros de COTECMAR.

**4.1.1. Construcción de modelo.** El modelo corresponde a una estructura construida principalmente en madera con base a los planos de construcción suministrados por DIDESI, y su construcción es de vital importancia pues constituye la base de fabricación del molde, es decir, este copiara totalmente su forma.

La fabricación del modelo se realiza en las siguientes actividades y se ilustra en la Ilustración 9.

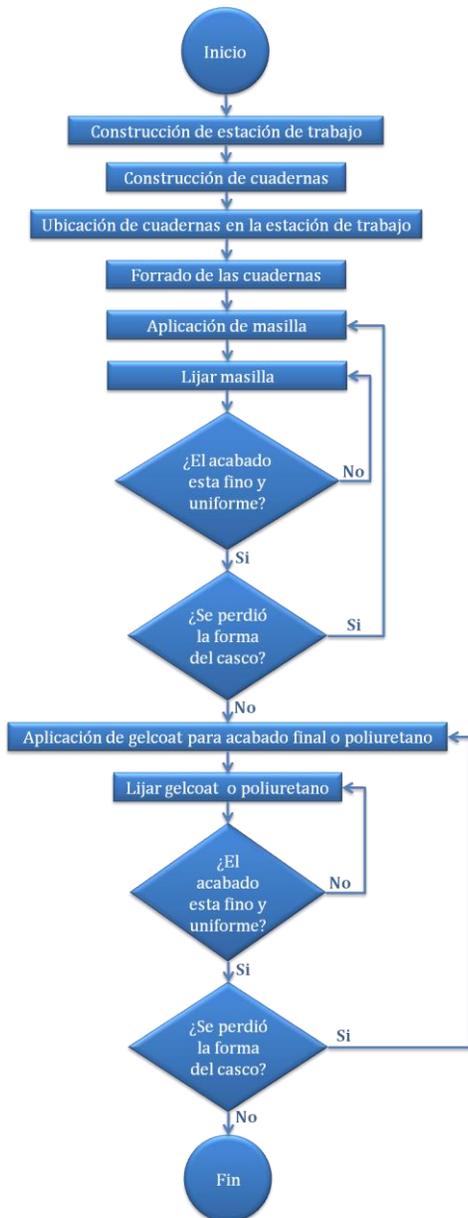
- Construcción de la estación de trabajo de manera manual utilizando madera; las estaciones de trabajo tienen un patrón muy similar al de las cunas de varada utilizadas en el proceso de reparación en dique.
- Construcción de cuadernas de manera manual o a través de un equipo de corte CNC, en láminas de madera que pueden tener un espesor entre 4 y 19 milímetros.
- Ubicación de las cuadernas en la estación de trabajo.
- Forrado de las cuadernas de manera manual con láminas de madera.

---

\* Sistema de Información Interno de COTECMAR. Este alberga la información concerniente (procedimientos, procesos, formatos, funciones, entre otros) a las actividades que se realizan en todas las divisiones y sistemas de la corporación.

- Aplicación de manera manual de la masilla conformada por gelcoat, microesferas, octanato de cobalto y solución parafinada.
- Lijado de masilla hasta obtener un acabado fino, uniforme y sin que se pierda la forma del casco, con lijas de referencia desde 80 a 240.
- Aplicación del gelcoat o poliuretano para acabado final.
- Lijado del gelcoat con lijas que van de la referencia 220 a 1200 o con pasta pulidora hasta obtener un acabado tipo espejo si perder la forma.

Ilustración 9. Fabricación de modelo



Fuente: Autor.

**4.1.2. Construcción de molde.** El molde constituye la pieza que dará el acabado a su semejanza a la pieza final y generalmente es construido en su totalidad por materiales compuestos.

Las actividades a desempeñar para la fabricación del molde dependen del esquema de laminación, siendo este el que indica las capas de materiales a aplicar, por lo que los ítems descritos a continuación pueden variar en su cantidad y orden.

El proceso que se describe con base a la información encontrada en el material de la capacitación básica en fabricación de moldes dictada a los ingenieros de COTECMAR por ANDERCOLS.A y la información obtenida en las entrevistas realizadas, y se ilustra para facilitar su análisis en la Ilustración 10.

- Aplicar el gelcoat para un espesor entre 18 a 22 milésimas de pulgada. Este espesor se debe lograr en tres capas, cada una de ellas entre 6 y 7 milésimas de pulgada.
- Iniciar el laminado con una capa de velo de superficie. Este material evita la marcación de la fibra de vidrio, ayuda a eliminar las burbujas del sistema, disminuye el impacto de la exotérmica de la resina sobre el gel coat.
- Continuar el laminado con una capa de fibra de vidrio MAT 300gr/m<sup>2</sup>. Se recomienda esta referencia para minimizar aún más el riesgo de marcación de la fibra, sin embargo también pudiera usarse el MAT 450gr/m<sup>2</sup> aunque se incrementa la posibilidad de marcación de la fibra.
- Continuar el laminado con una capa de fibra de vidrio MAT 450gr/m<sup>2</sup>. Se recomienda esta referencia para minimizar aún más el riesgo de marcación de la fibra, sin embargo también pudiera usarse el MAT 600gr/m<sup>2</sup>. La aplicación de estas capas de fibra de vidrio dependerá del esquema de laminación establecido para la fabricación del molde.
- Continuar el laminado con una capa de fibra de vidrio MAT 600gr/m<sup>2</sup> para incrementar aún más el espesor del molde.
- Continuar el laminado con una capa de fibra de vidrio WOVEN ROVING 830 para incrementar aún más el espesor del molde. Es importante tener presente que cualquier capa de WOVEN ROVING debe ir en el medio de dos capas de MAT del mismo gramaje para evitar descompensación de esfuerzos que causan malformaciones en el molde o incluso cuarteamientos.
- Inserción de refuerzos en tubería, madera o poliuretano.

- Continuar el laminado con una capa de fibra de vidrio MAT 600 para incrementar aún más el espesor del molde.
- Continuar con el laminado, según las capas indicadas por el esquema de laminación.
- Fabricar estructura metálica para la rotación del molde.

NOTA: luego de cada laminación sigue un tiempo de secado esencial para conservar la calidad y realizar la próxima laminación.

Ilustración 10. Fabricación de molde



Fuente: Autor.

**4.1.3. Construcción de la pieza.** Se llama pieza al producto final que arrojará este proceso, en este caso el casco y la cubierta, su proceso de fabricación se muestra en Ilustración 11 y se describe a continuación.

El proceso de fabricación comienza con la aplicación de diez capas de cera desmoldante a base de carnauba con agua, posteriormente se aplica gelcoat para embarcaciones, seguido de una capa de contacto y de un esquema de laminación sin refuerzo, para finalmente instalar los stringers en poliuretano cubiertos con fibra de vidrio.

Ilustración 11. Fabricación de pieza



Fuente: Autor.

## 4.2. CARACTERIZACIÓN DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIA PRIMA.

**4.2.1. Equipos y herramientas.** Según información suministrada por la Jefatura de la División de materiales compuestos, a continuación se relacionan los principales equipos y herramientas que intervienen en los subprocesos descritos en las ilustraciones 9, 10 y 11. Esta información se utilizará como referente para la identificación de los equipos necesarios en la propuesta y a su vez serán evaluados como una alternativa en el proceso de selección de los que serán formulados.

Cuadro 5. Equipos y Herramientas: Construcción de modelo

EQUIPO	MARCA	REFERENCIA
CNC para madera	Shop bot	US Standard STEEL 96
Sierra sin fin	Unión none	12sc
Pulidora pequeña 4 ½	Dewalt	DW7815
Pulidora grande 7"	Dewalt	DW9015
Taladro inalámbrico 3/8"	Dewalt	DW1520
Atornillador inalámbrico	Dewalt	DW1520

Fuente: COTECMAR. División Materiales Compuestos

Cuadro 6. Equipos y Herramientas: Construcción de molde

EQUIPO	MARCA	REFERENCIA
Sistema de aspersión CHOPER	Glas Craft	GLAS 0-250 GRDS
Pistola de baja presión	Goni	Presión < 40psi
Pistola de alta presión	E.S. Manufacture	G690-1L
Compresor de alta presión	Ingersoll rand	7100E15
Rodillo metálico	Simiglas	1/2", 1", 1 ½"

Fuente: COTECMAR. División Materiales Compuestos

Cuadro 7. Equipos y Herramientas: Construcción de pieza

EQUIPO	MARCA	REFERENCIA
Diferencial	Desconocida	F34
Roto Orbital 5"	Dewalt	DW22345
Pulidora pequeña 4 ½	Dewalt	DW21002
Pulidora grande 7"	Dewalt	DW1820
Taladro inalámbrico 3/8"	Dewalt	DW2015
Atornillador inalámbrico	Dewalt	DW1520

Fuente: COTECMAR. División Materiales Compuestos

**4.2.2. Materia prima.** De acuerdo con la información suministrada por la Jefatura de la División de materiales compuestos, a continuación se relacionan las principales materias primas que intervienen en los subproceso descritos en las figuras 9, 10 y 11; con el fin de conseguir la información requerida sobre modos de almacenamiento, modos de transporte, entre otras, para la propuesta de diseño.

- MADERA  
MARCA: N/A  
REFERENCIA: N/A  
ESPECIFICACIONES TECNICAS: Espesor entre 4 y 19 milímetros

ESPECIFICACIONES DE MANEJO: No existen especificaciones de manejo relevantes, considerando que no es un producto peligroso, sin embargo, se recomienda evitar la excesiva flexión de las láminas, pues estas podrían quebrarse.

ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Se debe almacenar en lugares secos, adicionalmente su posicionamiento no debe provocar flexión de la lámina.

- GELCOAT 888

MARCA: Andercol

REFERENCIA: T400

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Características	Valor Andercol N°	Método
Apariencia	Blanca	IT-1.01
Viscosidad Brookfield (cps), 25°C		IT-1.06
Aguja 3, 2 r.p.m., 5 minutos	21000 - 27000	
Aguja 3, 20 r.p.m., 10 minutos	3600- 4000	
Aguja 3, 2 r.p.m., 5 minutos	18000 - 24000	
% sólidos	59 - 63	IT-1.11
Tiempo de gel (minutos), 25°C	*15-20	IT-3.04
Temperatura de exotérmica, °C	140 -170	IT-3.04
Tiempo de exotérmica, minutos	35-50	IT-3.04
Molienda	6 mínimo	IT-3.01

ESPECIFICACIONES DE MANEJO: El Gelcoat 888 está clasificado como "líquido inflamable" según norma ICONTEC 1.692 (división 3.3), pues tiene un punto de inflamación de 31°C (crisol cerrado) y por tanto debe mantenerse alejado de llamas abiertas.

ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Se recomienda almacenarlo a temperaturas inferiores a 20°C para obtener la máxima estabilidad.

- LIJA

MARCA: N/A

REFERENCIA: 80 - 1200

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Se debe verificar que la rugosidad de la lija sea la requerida por el proceso para el acabado.

ESPECIFICACIONES DE MANEJO: No se considera un producto peligroso, se debe manipular agarrándola por la parte lisa de la hoja.

ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Se recomienda el almacenamiento en lugares secos.

- **FIBRA DE VIDRIO**  
MARCA: Andercol  
REFERENCIA: MAT 300, MAT 450, MAT 600, WOVEN ROVING.  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Según requerimiento, puede ser en hilos, tela, emulsión, entre otros.  
ESPECIFICACIONES DE MANEJO: Se debe manejar con guantes pues ocasiona irritación al contacto con la piel.  
ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Se debe almacenar a temperatura ambiente en lugares secos, evitando especialmente el contacto con soluciones acidas.
- **SOPORTES METÁLICOS**  
MARCA: N/A  
REFERENCIA: N/A  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Según requerimiento.  
ESPECIFICACIONES DE MANEJO: No se considera un producto peligros.  
ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Se debe almacenar en lugares con baja humedad de tal forma que se prevenga la oxidación.
- **MONÓMERO**  
MARCA: Sumiglas  
REFERENCIA: MP0032, SM0033.  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Este disolvente se utiliza para adelgazar la resina y al mismo tiempo contribuir a la polimerización de la misma. Este producto polimerizante se utiliza en la mezcla de la Resina Promovida en una cantidad del 10% hasta 25%; usando como término medio un 15%. En algunos casos cuando se requiere que una pieza se contraiga para facilitar el desmoldeo o soltada de la pieza, se puede llegar a usar hasta un 30% de disolvente. Aunque se encoge, no tiene nada que ver este en su acabado final, o sea, que a mayor cantidad del 30% de Disolvente Estireno el Monómero empieza a reducir el tamaño de la misma ocasionando deformación de la pieza.  
ESPECIFICACIONES DE MANEJO: Este producto se polimeriza fácilmente exponiéndolo al calor o agregando algún peróxido. Se obtiene a partir del Etileno y el Benceno, es muy fuerte y quema la piel.  
ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Se recomienda almacenar igual que la resina a una temperatura de 15 a 20° C.
- **RESINAS**  
MARCA: Sumiglas  
REFERENCIA: HETRON 922, MP0036

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:** Sus características técnicas pueden variar de acuerdo a la referencia requerida, su presentación puede ser en estado líquido o sólido

**ESPECIFICACIONES DE MANEJO:** Dependiendo de su presentación, ya sea en galones o en barriles, su manejo debe ser con el equipo de carga adecuado, se deben evitar derrames por ser un líquido contaminante.

**ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO:** Se debe procurar mantener las condiciones de temperatura especificadas por el proveedor en la ficha técnica, se debe manipular como líquido inflamable evitando el contacto con catalizadores.

- **CLEAR ADDITIVE**

MARCA: Sumiglas

REFERENCIA: SM0042

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:** Aditivo que adicionado al gelcoat mejora el brillo, baja la porosidad y le da mayor resistencia al impacto. En mayor proporción permite el secado al aire de gelcoats y resinas sin tactosidad y con un excelente brillo evitando el dispendioso trabajo de pulido y brillado cuando se repintan de moldes o piezas.

**ESPECIFICACIONES DE MANEJO:** Se debe manejar como un producto inflamable.

**ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO:** Se debe almacenar como un producto inflamable.

- **CATALIZADORES Y ACELERADORES**

MARCA: Sumiglas

REFERENCIA: SM0048

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

**ESPECIFICACIONES DE MANEJO:** Se debe manejar como un producto inflamable.

**ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO:** Se debe manejar como un producto inflamable.

- **REFUERZOS**

MARCA: Sumiglas

REFERENCIA: N/A

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:** Según requerimiento puede ser continuo, picado o tela no tejida.

**ESPECIFICACIONES DE MANEJO:** No presenta recomendaciones especiales de manejo, para el refuerzo picado se recomienda manejarlo siempre en un medio de almacenamiento temporal, como una bolsa, con el fin de evitar las pérdidas por desperdicios.

**ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO:** Se recomienda almacenarlo empacado, con el fin de evitar pérdidas, pues es un producto de fácil dispersión.

- **RIGIDIZANTES**  
 MARCA: Sumiglas  
 REFERENCIA: Divinycell  
 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Según requerimiento  
 ESPECIFICACIONES DE MANEJO: Evitar colocar cargas pesadas sobre el mismo y en posiciones que puedan provocar su rotura.  
 ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: No se manejan recomendaciones especiales, no se considera un producto peligroso.
  
- **DESMOLDANTES**  
 MARCA: Sumiglas  
 REFERENCIA: N/A  
 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Según requerimiento  
 ESPECIFICACIONES DE MANEJO: Utilizar solo las cantidades necesarias, cerrar el empaque cuando no se esté haciendo uso del producto para evitar su endurecimiento.  
 ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Mantener las condiciones de temperatura especificadas en la ficha técnica.
  
- **ADITIVOS**  
 MARCA: Sumiglas  
 REFERENCIA: SM0035  
 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Aditivo especial que adicionado al gelcoat/resina poliéster, permite el secado al aire sin tactosidad, facilitando el terminado. Muy útil cuando se repintan moldes o piezas.  
 ESPECIFICACIONES DE MANEJO: Manejar como un producto inflamable.  
 ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Almacenar como un producto inflamable.
  
- **CARGAS**  
 MARCA: Sumiglas  
 REFERENCIA: N/A Pueden ser minerales, metálicas ó plásticas.  
 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Se utilizan mezclados con la resina para mejorar las propiedades del compuesto.  
 ESPECIFICACIONES DE MANEJO: No presenta recomendaciones especiales de manejo, para el refuerzo picado se recomienda manejarlo siempre en un medio de almacenamiento temporal, como una bolsa, con el fin de evitar las perdidas por desperdicios.  
 ESPECIFICACIONES DE ALMACENAMIENTO: Se recomienda almacenarlo empacado, con el fin de evitar pérdidas, pues es un producto de fácil dispersión

### 4.3. IDENTIFICACIÓN DE PROVEEDORES.

Considerando que el uso de los materias primas, equipos y herramientas que intervienen en el proceso de fabricación de casco y cubierta de materiales compuestos en COTECMAR no tienen mayor número de fabricantes a diferencia de distribuidores, se maneja un pequeño grupo de proveedores de los mismos para satisfacer necesidades de este tipo.

La información concerniente a los proveedores se relaciona a continuación, esta será un referente para la propuesta de diseño del sistema logístico.

- **ANDERCOL S.A.**  
PRODUCTO: Resinas, gelcoat, pastas pigmentos, masillas de poliéster, etc.  
PRESENTACIÓN: Según requerimiento.  
UBICACIÓN: Medellín, Parque Industrial  
MEDIO DE ENTREGA: Variable, el producto debe ser recogido por el cliente.  
LEAD TIME: 2 – 15 días.
- **SUMIGLAS S.A**  
PRODUCTO: Comercializa materia prima nacional e internacional para el área de materiales compuestos  
PRESENTACIÓN: Según requerimiento.  
UBICACIÓN: Medellín, Parque Industrial  
MEDIO DE ENTREGA: Variable, el producto debe ser recogido por el cliente.  
LEAD TIME: 2 – 15 días.
- **POLYDURO DYNA**  
PRODUCTO: Comercializa los productos de ANDERCOL (fibra, resinas, gelcoat, pastas pigmentos, catalizadores, etc.)  
PRESENTACIÓN: Según requerimiento.  
UBICACIÓN: Medellín, Parque Industrial  
MEDIO DE ENTREGA: Variable, el producto debe ser recogido por el cliente.  
LEAD TIME: 2 – 15 días.
- **POLISUIN S.A**  
PRODUCTO: Fabrican resina y gelcoat para todos los sectores.  
PRESENTACIÓN: Según requerimiento.  
UBICACIÓN: Cartagena  
MEDIO DE ENTREGA: Variable, el producto debe ser recogido por el cliente.  
LEAD TIME: 2 – 15 días.
- **EXDEQUIN S.A**  
PRODUCTO: Son distribuidores de los productos ANDERCOL en todo el país (Resinas, gelcoat, pastas pigmentos, etc.)  
PRESENTACIÓN: Según requerimiento.  
UBICACIÓN: Cartagena

MEDIO DE ENTREGA: Variable, el producto debe ser recogido por el cliente.  
LEAD TIME: 2 – 15 días.

- **FERRETERÍA REINA**  
PRODUCTO: Tornillería, tuercas, clavos, herramientas menores, brocas, discos de pulidora, entre otros.  
PRESENTACIÓN: Según requerimiento.  
UBICACIÓN: Cartagena  
MEDIO DE ENTREGA: Variable, el proveedor lo entrega en las instalaciones del cliente.  
LEAD TIME: 1 – 3 días.
- **MADECENTRO**  
PRODUCTO: Laminas de Madera de diferentes tipos, dimensiones y espesores.  
PRESENTACION: Según requerimiento.  
UBICACIÓN: Medellín  
MEDIO DE ENTREGA: Variable, el proveedor lo entrega en las instalaciones del cliente.  
LEAD TIME: 2 – 15 días.

#### **4.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LOGÍSTICO ACTUAL**

Considerando que no se tiene documentación sobre el proceso actual de construcción de embarcaciones en materiales compuestos, a continuación se presenta una breve descripción, extraída de las entrevistas realizadas a los ingenieros de la División de Gestión Logística DVGEL.

**4.4.1. Selección.** Este proceso es coordinado desde DVGEL, estando a cargo de los superintendentes y el jefe de la división, quienes pasan los requerimientos a los alistadores de materiales, para así dar inicio al proceso de compra, tal como se describe en el marco referencial.

**Método de selección:** Se realiza con base a la información arrojada por los planos de DIDESI, para tamaño, cantidades y en algunos casos especificaciones, acompañada siempre por los criterios de los ingenieros.

**Catálogo de bienes.** La División de materiales compuestos no tiene clasificada y documentada la información referente a los productos que se utilizan para la fabricación de las embarcaciones en estudio, por lo cual se recomienda tener esto como un punto a mejorar en la propuesta, con el fin de proporcionar un mejor manejo de los mismos.

**Registro de proveedores.** Se realiza el proceso de registro de proveedores (RUT, CC y referencias) en un archivo que consolida la

información básica sobre los mismos. Teniendo en cuenta lo anterior, se considera para la propuesta, mejorar el registro, a fin de que este proporcione mayor información, permitiendo tomar decisiones y generando así valor agregado sobre el proceso de compra.

**Petitorio.** No se maneja en la actualidad una base de datos que relacione toda la información anteriormente mencionada, facilitando el proceso de selección.

**4.4.2. Programación.** De manera general, en todas las divisiones de la Corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial, se lleva un cronograma de actividades en Microsoft Project, en el cual se relacionan las actividades a realizar, por división y por sistema, sin embargo se considera que deben haber mejoras en el proceso de programación, que apunten a una coordinación de este con el proceso de compras, para lo que se espera que esta esté apoyada por las mejoras a proponer en el proceso de selección.

**4.4.3. Adquisición.** El proceso de compra como tal es realizado por almacén según las indicaciones de la División de materiales compuestos. Todo el proceso es coordinado desde COTECMAR – Planta Mamonal, inclusive aquellos requerimientos que se presentan durante la construcción y que son reportados semanalmente.

Para la adquisición de lo requerido, siempre son los proveedores quienes se encargan del transporte desde sus instalaciones hasta COTECMAR – Planta Mamonal y luego de aquí la logística hasta el lugar de construcción de la embarcación es responsabilidad de la división, en trabajo conjunto con logística.

**4.4.4. Almacenamiento.** Los productos que son requeridos para la construcción de una embarcación como la que se estudia en la presente investigación pasan por dos etapas de almacenamiento, la primera, cuando estos llegan a COTECMAR Planta Mamonal y son almacenados en las instalaciones de la Corporación, descritas en el marco referencial, en su empaque original, y la segunda, cuando llegan a su lugar de destino y el almacenamiento queda bajo responsabilidad de la entidad militar donde se realiza la obra.

**4.4.5. Dispensación.** El proceso de entrega de los materiales en obra es responsabilidad de los superintendentes encargados, y debido a que algunos trabajos no se realizan en las instalaciones de la corporación, se dificulta el control de los mismos.

#### **4.5. KPI'S Sistema Logístico Actual**

Para medir el desempeño del sistema logístico y productivo actual, se utilizan los indicadores relacionados en el cuadro 4 de manera general para toda la corporación.

## 5. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

### 5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA

La información concerniente a la arquitectura y construcción civil del hangar o taller, fue tomada del Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos desarrollado por COTECMAR y el Grupo Social Empresarial de la Defensa GSED, según este, línea de producción está ubicada en la Planta Mamonal, en la posición lateral al hangar de los submarinos, tal como se ilustra en la Ilustración 12.

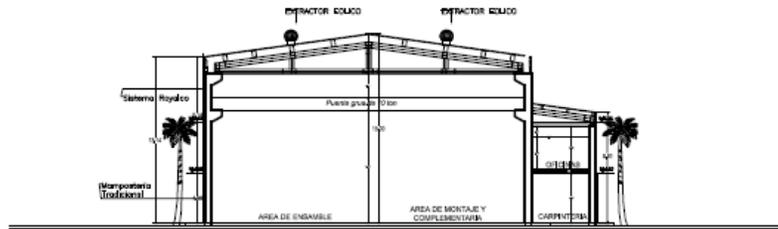
Ilustración 12. Localización de la línea



Fuente: COTECMAR – Grupo Social Empresarial de la Defensa GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos

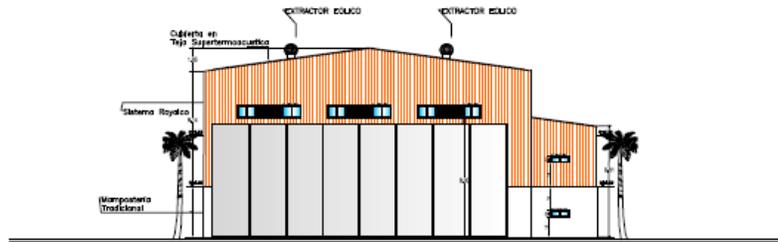
Y tendrá un diseño arquitectónico como se ilustra en la ilustración 13.

Ilustración 13. Fachadas del taller



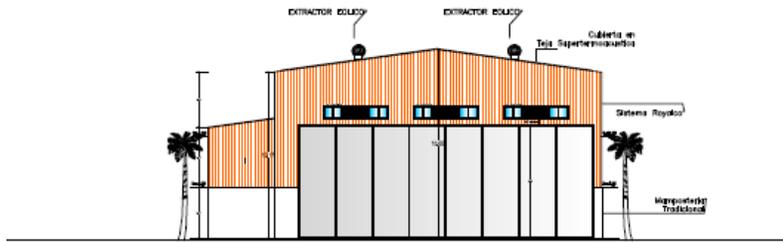
**CORTE A - A'**

ESCALA 1:200



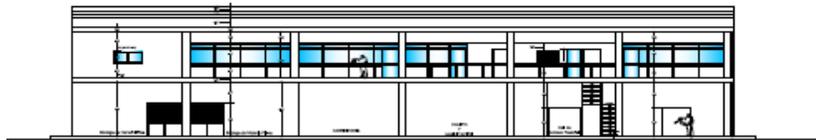
**FACHADA ESTE**

ESCALA 1:200



**FACHADA OESTE**

ESCALA 1:200



**CORTE B-B'**

ESCALA 1:200



**FACHADA NORTE**

ESCALA 1:200

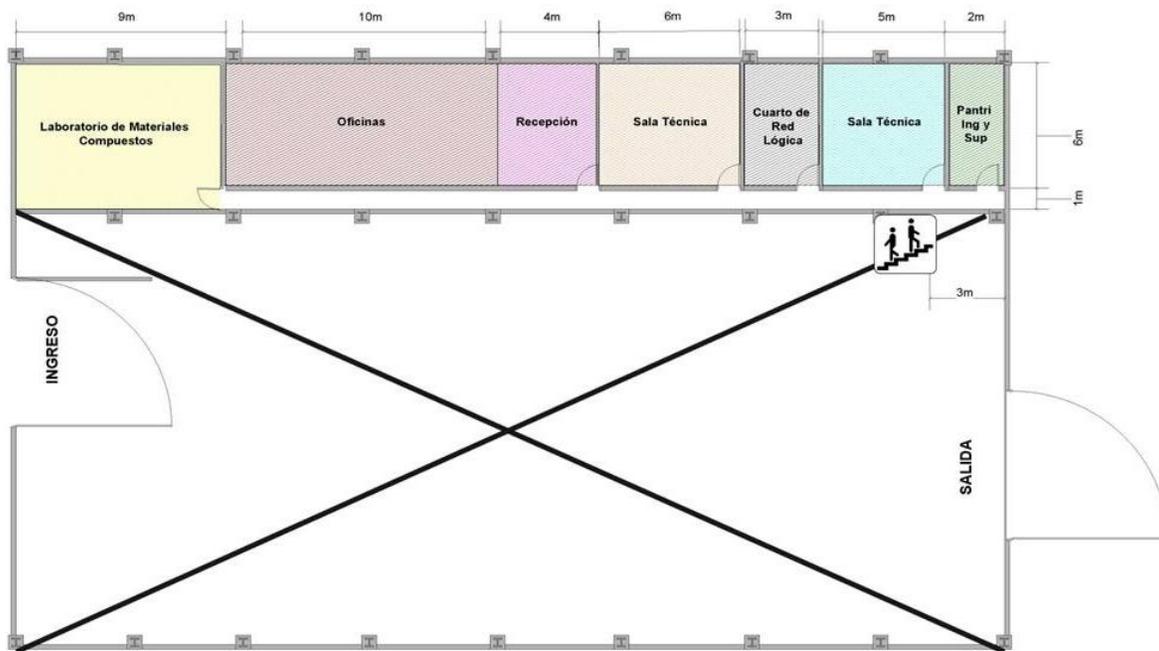
Fuente: COTECMAR - GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos.

El espacio cuenta con unas dimensiones de 25 metros de ancho y 40 metros de largo para un área total de 1000m<sup>2</sup>. La altura disponible es de 13 m.

La estructura del hangar es en concreto reforzado. Los muros y la cubierta están fabricados mediante el sistema constructivo Royal<sup>39</sup>, utilizando paneles de PVC con concreto. Las instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas se encuentran dentro de la panelería PVC. En la cubierta están ubicados sectores con láminas translúcidas para un mejor aprovechamiento de la luz natural.

El hangar cuenta con un segundo piso tipo mezzanine con un área de 200m<sup>2</sup> y una altura disponible de 4m, en dicha área 40m<sup>2</sup> son dedicados al laboratorio de materiales compuestos, con capacidad de realizar ensayos requeridos para investigación y pruebas piloto de laminados en condiciones controladas. El área restante será distribuida en zonas de oficinas, recepción, sala técnica, cuarto de red lógica y baños para supervisores e ingenieros. (Ilustración 14)

Ilustración 14. Esquema del segundo piso del taller de materiales compuestos



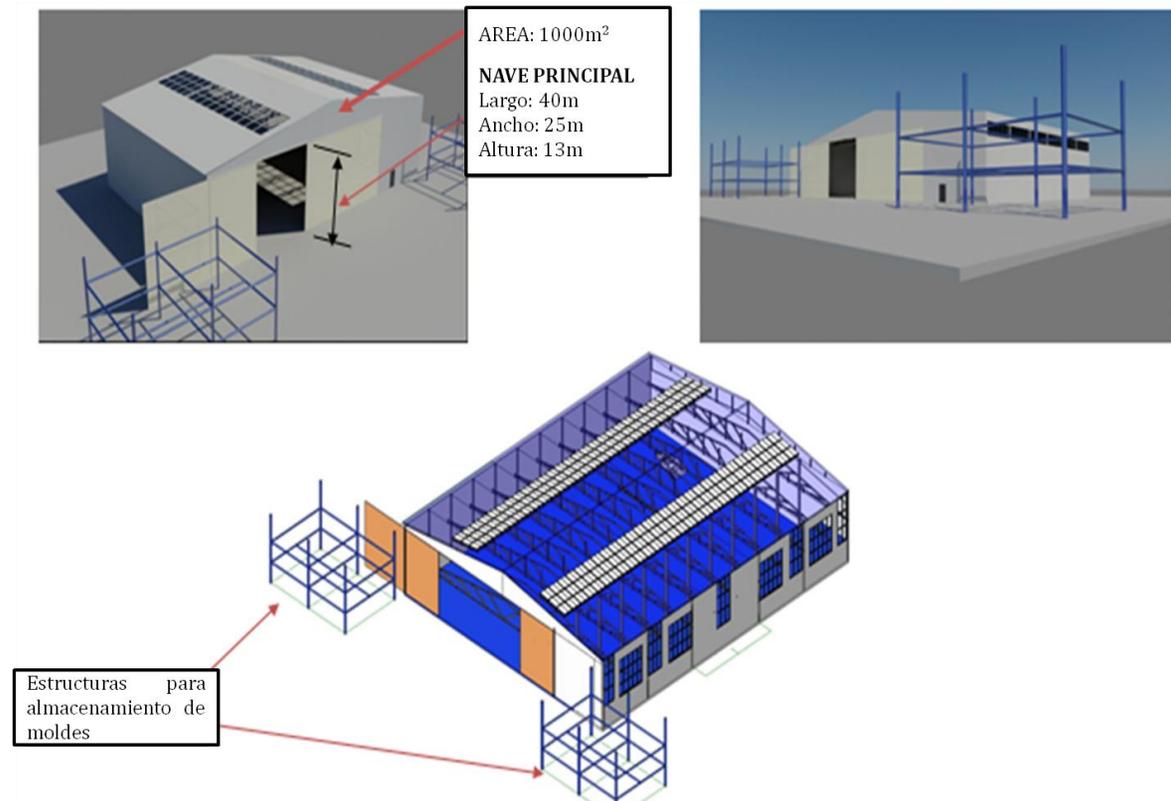
Fuente: COTECMAR - GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos.

La construcción cuenta en su interior con espacios de trabajo separados, ello para aislar cada uno de los procesos de la planta.

<sup>39</sup> COTECMAR - GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos.

El almacenamiento de moldes se hace en una estructura contigua instalada en la parte exterior del hangar. En la ilustración 15 se muestran varias vistas de la nave principal y las estructuras para el almacenamiento de moldes.

Ilustración 15. Vistas de la nave principal del taller de materiales compuestos y estructuras para almacenamiento de moldes.



Fuente: COTECMAR - GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos.

Las zonas o estaciones definidas en el primer piso del hangar son: Pintura y Laminación, Ensamble, Montaje y Complementaria, Almacén de materia prima, Almacén de Herramientas, Equipo y Habilitación, Carpintería, Pantri, Baños para Operarios y Cuarto de Máquinas.

Los requerimientos de servicios auxiliares necesarios por áreas de trabajo son: ventilación, agua potable, iluminación y tomas de fuerza, acondicionamiento de aire, aire comprimido, y sistemas de elevación y transporte de carga.

Para realizar la distribución del primer piso de la planta de materiales compuestos de COTECMAR se siguieron los modelos de distribución de posición fija y distribución orientada hacia el proceso, el primero por tratarse de la fabricación de barcos, un producto difícil de manipular y maniobrar y el segundo, para garantizar que cada sección, cumpla con los requisitos establecidos por las casas clasificadoras los cuales son propios de cada estación de trabajo.

Para la selección de espacios para cada zona o área de trabajo se tuvo en cuenta la ubicación en línea de zonas próximas dentro del proceso productivo tales como la zona de carpintería con el área de pintura y laminación, y de esta con las zonas de ensamble y montaje, además la proximidad de la zona de equipo y habilitación con la zona de montaje y complementaria ya que en ambas se cumplen procedimientos correspondientes a etapas finales del proceso productivo. También se tuvo en cuenta la facilidad para instalación, mantenimiento y correcto funcionamiento de equipos y sistemas auxiliares. (Sistema de aire comprimido, aire acondicionado, dispositivos de levante y manipulación de objetos) etc.

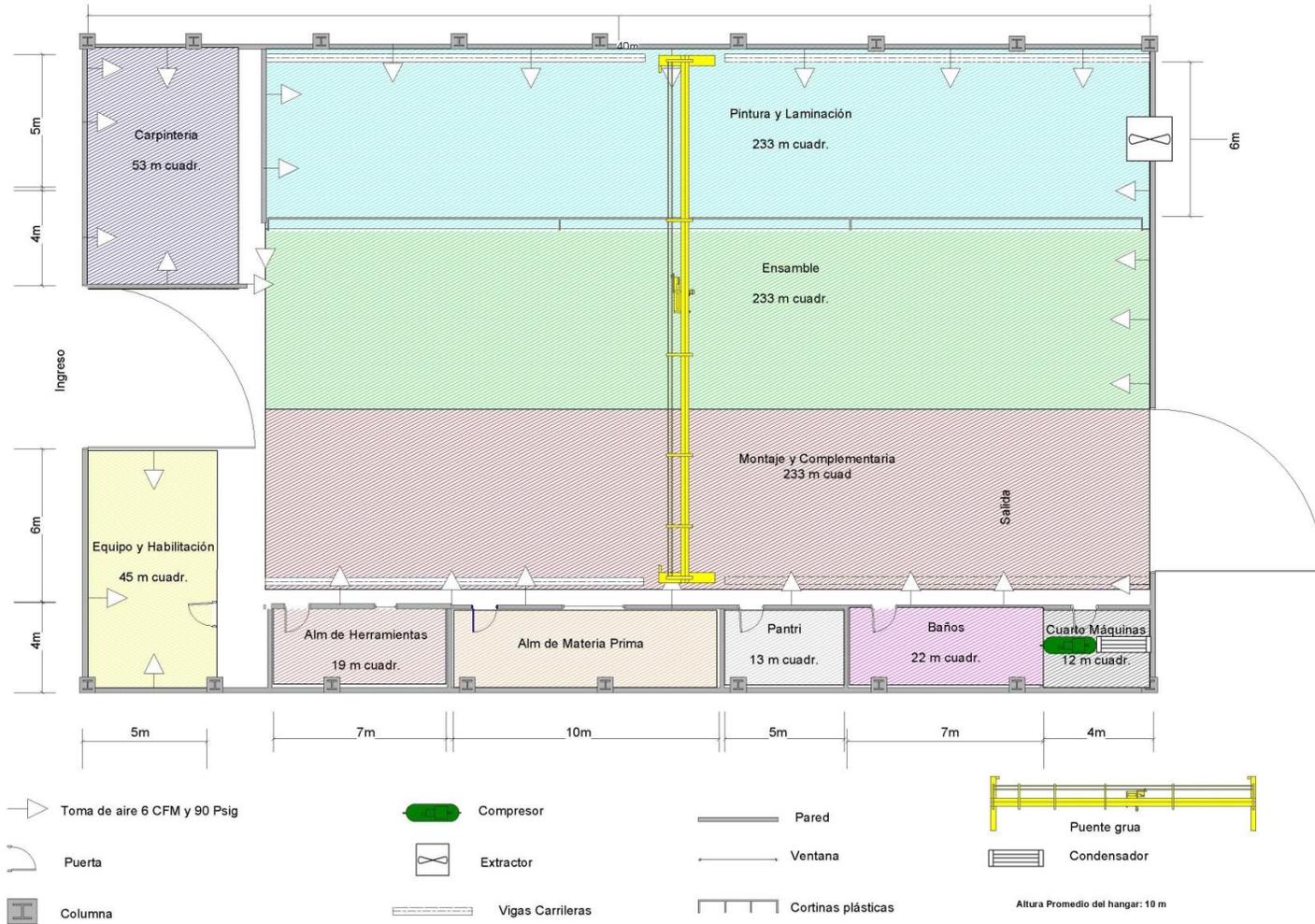
El sistema neumático total de la planta consta de 30 tomas de aire de 6 CFM y 90Psi cada uno distribuidos tal y como se muestra en la Ilustración 16 (donde además se puede observar una completa distribución del primer piso de la planta teniendo en cuenta lo antes mencionado). Además, las herramientas neumáticas operadas manualmente exigen una calidad del aire ISO 5.

En la Ilustración 14 se muestra la distribución de espacios y zonas de labores del segundo piso de la planta.

La organización del taller se encuentra orientada hacia un flujo de producción para manejar en paralelo 3 embarcaciones de 32 m de eslora y 6 m de manga ó 7 LPR en paralelo.

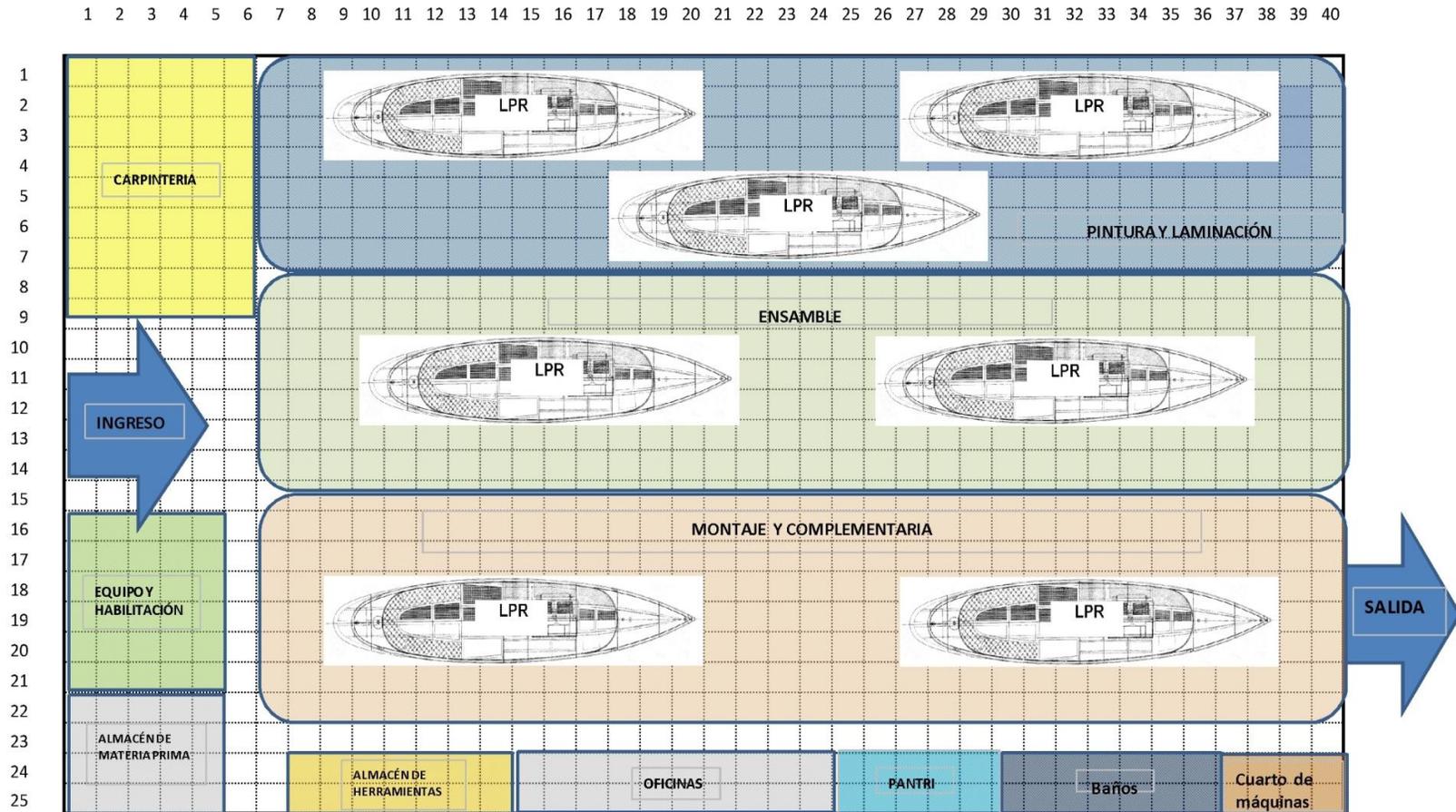
La distribución sugerida de las 7 embarcaciones LPR en el taller de materiales compuestos es la siguiente: Tres lanchas LPR en la zona de pintura y laminación ya que es la zona en donde el producto consume mayor tiempo de fabricación y de no ser así se vería afectado el flujo de materiales ocasionando el llamado cuello de botella del proceso productivo. Dos LPR en la zona de ensamble y dos LPR en la zona de montaje. Ver Ilustración 17.

Ilustración 16. Esquema del primer piso del taller de materiales compuestos



Fuente: COTECMAR - GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos.

Ilustración 17. Distribución LPR en el taller de materiales compuestos



Fuente: COTECMAR - GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos.

**Sección de Pintura y Laminado:** Esta sección en particular, al ser donde se construyen todos los componentes en materiales compuestos de una embarcación, tiene que cumplir una serie de requisitos, respecto a condiciones ambientales, para que una Casa Clasificadora pueda aprobar un bote fabricado en este.

Las particulares condiciones de temperatura y humedad de Cartagena, hacen que solo sea alcanzable, en términos económicos, las condiciones especificadas por la American Bureau of Shipping ABS de temperatura hasta 32° C y humedad relativa inferior al 85%, con una variación no mayor a dos grados durante la laminación de una capa completa.

Por ello, la sección se aísla del resto de la planta, con cerramiento superior aislante, frontal y lateral removible y estar provista de un equipo tipo acondicionador de aire con una capacidad estimada de 12-14 toneladas de refrigeración, suficientes para mantener la temperatura y humedad en los límites mencionados.

En el área del piso, se cuenta con un espacio de localización de la unidad manejadora y de conductos que distribuyan el aire por todo el recinto. Es importante aclarar que no es un equipo para la comodidad del personal sino un equipo para controlar las variables ambientales del proceso de fabricación, convenientemente registradas mediante aparatos de monitoreo como los especificados en el informe “Implementación Laboratorio Materiales COTECMAR”.

Además, se tiene extracción forzada, con dos caudales diferentes, el mayor para cuando se esté pintando y uno mucho menor para la renovación del aire y extracción de gases, básicamente vapores de estireno, durante la laminación en molde abierto, por la seguridad y comodidad del personal.

**Sección de Ensamble:** Este espacio es lo suficientemente grande para permitir tanto el desmolde como la manipulación del casco y su descarga sobre un carro y el posterior ensamble de cubierta y demás componentes, además garantiza la segura manipulación de piezas pesadas como los cascos y cubiertas. El proceso de maniobra y ensamble de cubierta es un factor significativo para determinar la altura del lugar, por ejemplo una cubierta de 6 m de manga requiere al menos de 10 metros por debajo del conjunto grúa-gancho para realizar la maniobra de manera segura.

**Sección de Carpintería:** En esta área se encuentran ubicados las máquinas de corte y trabajo de madera y donde se fabrican todos los componentes en este material, tanto para la construcción de modelos como para componentes de la embarcación (muebles, apliques decorativos, closets, puestas, etc.).

## 5.2. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Según los requerimientos de COTECMAR, la propuesta debe considerar la caracterización de la línea de producción para el manejo de los métodos de fabricación: laminado manual en molde abierto, laminado con lamina aspensor en molde abierto, infusión de resina asistida por vacío y transferencia de resina a baja presión.

A pesar de ser tres tipos diferentes de fabricación de embarcaciones en materiales compuestos, las actividades a realizar son en teoría las mismas descritas durante el análisis del sistema productivo actual, presentando su variación en la técnica y equipos con los que se realizan las mismas, por ejemplo, la aplicación del gelcoat se realiza en la misma etapa del proceso para todos y en las mismas cantidades, sin embargo su aplicación puede ser con brocha, con rodillo, con un aspensor, entre otras opciones.

## 5.3. PROPUESTA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

La selección de los equipos y herramientas, se realizara con base al método cuantitativo de puntos, considerando que este es el más apropiado para la presente investigación debido a su aplicación y objetividad. De esta forma, se procederá con el establecimiento de los requerimientos de la línea, la definición de los criterios, los grados para los casos aplicables y el valor porcentual de cada uno, finalmente se realiza un análisis y valoración de las opciones.

Este proceso se ilustrara para los equipos más relevantes de la línea y aquellos cuya diferencia entre las características presentadas por cada una de las opciones requiera un análisis técnico para su selección. Las herramientas menores, y en general aquellas que no requieran este análisis por no poseer un factor diferenciador entre las múltiples opciones, serán elegidas según el criterio del investigador, basándose principalmente en las recomendaciones realizadas por el personal que posee experiencia en la manipulación de las mismas.

**5.3.1. Parámetros de selección.** El proceso de selección se realizara en los siguientes pasos:

- Identificación de los requerimientos de la línea.
- Definición de criterios generales que apliquen al análisis de todos los ítems, considerando que los equipos a seleccionar deben satisfacer los requerimientos técnicos y logísticos de la línea (los criterios se establecerán con miras a satisfacer estos dos aspectos).

- Definición de posibles factores que componen el criterio, estos pueden ser generales o independientes, en caso de que no apliquen para la evaluación de todos los equipos en estudio.
- Asignación de porcentajes a factores y criterios según el impacto que tengan estos sobre la calidad y el proceso logístico del equipo.
- Identificación de tres opciones de compra, con sus características técnicas.
- Evaluación y calificación de las características técnicas en una escala de uno a diez.
- Selección del equipo de mayor puntuación.

**5.3.2. Requerimientos de la línea.** Teniendo en cuenta la descripción de las actividades realizadas para cada uno de los procedimientos del proceso de fabricación de embarcaciones en materiales compuestos, y las entrevistas realizadas al personal de la división, se han identificado los requerimientos para la elección de los equipos y herramientas de la línea propuesta:

- Corte de madera, metales (tubería y lamina) y plásticos, con secciones angulares y lineales.
- Fijadores de tornillos, clavos, chazos, entre otros.
- Mecanizado y/o fresado.
- Cargue de productos.
- Aplicación de gelcoat y fibra.
- Pulir superficies.
- Pesar materia prima.
- Limpieza del área.

**5.3.3. Criterios de selección.** A continuación se establecen los criterios que permitirán la evaluación y selección de los equipos, con su descripción, factores y porcentajes (Ver Cuadro 5).

**Precio:** A pesar de ser una parte importante en la selección del equipo o la herramienta por involucrar la parte económica, la Corporación ha manifestado que este no debe ser relevante en la toma de decisiones, pues no se debe sacrificar la calidad del equipo por el monto de la inversión.

Para este criterio no se consideran factores, debido a que el valor final del equipo se compone por el valor total más el flete, al momento de cotizar se unifican y se analiza un único valor.

Este criterio tendrá un peso del 10% y para la evaluación se calificara de 1 a 10, de la siguiente manera:

- 10 puntos para el precio más bajo.
- 8 puntos para el precio que alcance hasta el 105% del menor.
- 6 puntos para el precio que alcance hasta el 110% del menor.
- 4 puntos para el precio que alcance hasta el 115% del menor.
- 2 puntos para el precio que alcance hasta el 118% del menor.
- 0 puntos para el precio mayor o igual al 120% del menor.

**Capacidad:** Este criterio apunta a evaluar la eficiencia y eficacia de los equipos y herramientas, para ello se escogerá en cada uno el o los aspectos críticos que definen el nivel de funcionalidad del equipo y se establecerán como factores.

El peso de este criterio será del 30% y el de sus factores se establecerá según el número de ellos y su influencia ó importancia para cada equipo.

No se especifica una escala de clasificación teniendo en cuenta que existen valoraciones de tipo cualitativo.

Se puntuara de 1 a 10, según el criterio del investigador y de acuerdo a la información suministrada por el fabricante.

**Disponibilidad de repuestos:** Este criterio se enfoca hacia el favorecimiento del sistema logístico y el mantenimiento, para este se consideraran como factores: la ubicación de los posibles proveedores de los repuestos, si se pueden conseguir imitaciones o se pueden mandar a fabricar, y los tiempos de entrega.

Este criterio tendrá un peso del 30% y sus factores se evaluarán de la siguiente manera.

- Ubicación de proveedores. Tendrá un valor del 20%. Se asignarán 10 puntos si los proveedores están ubicados en la ciudad de Cartagena, 5 puntos si están ubicados en Colombia y 1 punto si son proveedores internacionales.
- Imitación o fabricación. Tendrá un peso del 40%. Se asignarán 10 puntos si es afirmativo y 1 punto si es negativo.
- Tiempos de entrega. Tendrá un peso del 40%, se asignarán 10 puntos si es menos de 7 días, 5 puntos si es menos de 15 días y 1 punto si es más de 15 días.

**Adaptación:** Hace referencia a las medidas que deben ser implementadas para la correcta utilización del equipo o la herramienta, este criterio tendrá un valor del 10% y sus factores se plantean a continuación.

- Modificación de la estructura física. Las modificaciones de la estructura física pueden generar altas inversiones de capital que no están consideradas dentro del presupuesto. Por tal razón a este factor se le asigna un peso del 40% y se calificara con 10 puntos en caso de no ser necesario y con 1 punto en el caso contrario.
- Contratación de nuevo personal. Genera costos adicionales por procesos de selección y personal. Este criterio tiene un peso del 30%. Se califica con 10 puntos de no ser necesario y con 1 punto en el caso contrario.
- Capacitación del personal. Genera costos que posiblemente no estén incluidos dentro del programa de capacitación e implica que se debe iniciar la curva de aprendizaje de los operadores, comprometiendo la calidad y los tiempos de producción. Este factor se le asigna un peso del 30%, se calificara con 10 puntos de no ser necesario y con 1 punto en el caso contrario.

**Multifuncionalidad:** Este punto es de gran importancia pues la multifuncionalidad de un equipo contribuye a la disminución en los costos de adquisición de los mismos, sin embargo, este punto no se considera relevante, pues es más que todo un valor agregado que vale la pena tener en cuenta.

Este criterio tendrá un peso del 3% y se calificara de 1 a 10 según el criterio del investigador.

**Mantenimiento:** Este criterio evaluara el método, costos y la frecuencia de mantenimiento de un equipo o herramienta, con el fin de seleccionar aquel que genere menor número de retrasos y costos en el proceso de fabricación. Tendrá un valor de 17% y sus factores se describen a continuación.

- Subcontratación del mantenimiento. Puede implicar la subcontratación de una empresa local, nacional, extranjera o no implicarla, se clasificara con 8 puntos, 7 puntos, 0 puntos y 10 puntos respectivamente.

Este factor tiene un peso del 55% de la calificación sobre el criterio.

- Frecuencia del mantenimiento. Dependerá de la utilización, operacionalización y rendimiento del equipo ó herramienta. Se calificará según el criterio del investigador de 1(alta frecuencia) a 10(baja frecuencia). Tiene un valor del 45%.

Cuadro 8. Criterios de selección

CRITERIO	FACTOR	CALIFICACIÓN	%FACTOR	%CRITERIO
PRECIO	N/A	10 puntos para el precio más bajo. 8 puntos para el precio que alcance hasta el 105% del menor. 6 puntos para el precio que alcance hasta el 110% del menor. 4 puntos para el precio que alcance hasta el 115% del menor. 2 puntos para el precio que alcance hasta el 118% del menor. 0 puntos para el precio mayor o igual al 120% del menor.	100	10
CAPACIDAD	Según equipo	Según equipo	N/A	30
DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	Ubicación de proveedores	10 puntos para proveedor local 5 puntos para proveedor nacional 1 punto para proveedor internal	20	30
	Fabricación ó imitación	10 puntos, positivo 1 punto, negativo	40	
	Tiempos de entrega	10 puntos, menos de 7 días 5 puntos, menos de 15 días 1 punto, mas de 15 días	40	
ADAPTACIÓN	Modificación estructura física	10 puntos, no es necesario 1 punto, es necesario	40	10

	Contratación nuevo personal	10 puntos, no es necesario 1 punto, es necesario	30	
	Capacitación de personal	10 puntos, no es necesario 1 punto, es necesario	30	
<b>MULTIFUNCIONALIDAD</b>	N/A	1 a 10 puntos según criterio del investigador	100	3
<b>MANTENIMIENTO</b>	Subcontratar mantenimiento	10 puntos, no subcontratar mantenimiento 8 puntos, subcontratar mantenimiento local 7 puntos, sub contratar mantenimiento nacional 0 puntos, subcontratar mantenimiento internacional	55	17
	Frecuencia	1 a 10 puntos según criterio del investigador	45	

Fuente: Autor.

**5.3.4. Selección de los equipos.** La selección de los equipos se realizara con base en las necesidades del proceso, para cada una de ellas se realizara una descripción de sus características principales, se presentaran las opciones disponibles, se evaluarán y finalmente se seleccionará aquella que reciba una mejor calificación.

- **EQUIPO ASPERSOR.**

Un aspersor o sorpersor, es un dispositivo mecánico que en la mayoría de los casos transforma un flujo líquido presurizado y lo transforma en rocío, asperjándolo para fines de riego.

#### CARACTERÍSTICAS DE UN ASPERSOR

- Ángulo de disparo (siendo 20° el más eficiente)
- Tipo de boquilla (determina el tipo de rocío)
- La presión de salida del conducto presurizado

Los aspersores se calculan en la mayoría de los casos para minutos de trabajo, en los cuales, deberá haber trabajado con los dos siguientes factores:

- El gasto hidráulico medido en litros por segundo (l/s)
- El área a afectar con humedad medida en m<sup>2</sup>

Estos dos factores arrojaran la unidad de "*lamina de riego*" que se mide en cm o mm inundados.

Los aspersores limitan su eficiencia por errores en la separación entre ellos, por errores en el cálculo de la lámina de riego, y la fuerza del viento<sup>40</sup>.

---

<sup>40</sup> Wikipedia. Aspersor. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aspersor>

## **Opción 1. SISTEMAS DOSIFICADORES DE GEL-COAT DE MEZCLA EXTERNA GLAS CRAFT**

Equipo de proyección de resinas de poliéster y/o gel coats compuesto de:

### **PISTOLA**

Las pistolas Gel-Coat de Glas Craft utilizan una función patentada de contención asistida por aire (AAC por sus siglas en inglés) para producir un patrón de rociado lo más uniforme y constante posible con una baja emisión por medio de flujos de aire estabilizadores.

Esta innovación exclusiva de Glas Craft reduce drásticamente el desperdicio por el rociado excesivo y ahorra dinero en cada pieza que produce.

### ***Pistolas rociadoras de baja emisión modelo INDy X ACC***

- Acabado de mayor calidad
- Diseño fácil de mantener
- Excelente control del patrón de rociado
- Diseño ergonómico

### **INDy X**

- La dosificación exclusiva del catalizador garantiza la integración completa con el patrón de rociado del gel-coat.
- No es necesario utilizar solventes para limpieza.

### ***Pistolas rociadoras de baja emisión modelo Formula X AAC***

- Diseño “sin agujas”
- Válvulas especiales más resistentes
- Acceso sencillo a las empaquetaduras de las válvulas

- Pistón neumático doble patentado

#### Formula X AAC

- La dosificación exclusiva del catalizador garantiza la integración completa con el patrón de rociado del gel-coat.
- No es necesario utilizar solventes para limpieza.

#### BOMBA DE RESINA

- Bomba confiable y de bajo mantenimiento, presenta una válvula piloto neumática sumamente precisa en el motor de aire y cuatro desplazamientos para brindar un desempeño de alta eficiencia con la menor presión posible de rociado.
- Válvulas, asientos y cilindros reforzados, así como sellos con tres labios proporcionan una larga vida útil. Su diseño de cambio rápido de sellos facilita y agiliza el mantenimiento de la bomba.

#### Bomba Estándar

- Relación 11:1

#### Bombas Opcionales

- Relación 20:1 para materiales con bajo contenido de VOC (viscosidad elevada)
- Bomba de alto volumen 17:1 HVRP – Hasta 3,8 l/minuto.

#### BOMBA DE CATALIZADOR

- Ajuste infinito e instantáneo que garantiza que la bomba funcionará con cualquier porcentaje deseado de catalizador sin las complicaciones de los ajustes continuos.
- Sellos dobles idénticos en la carcasa de la bomba superior que garantizan que la bomba mantendrá una presión y volumen constante de catalizador desde la bomba hacia la pistola.
- Construcción completa en acero inoxidable.

## OPCIONALES

- Todas las pistolas se ofrecen con configuración automática
- Calentador en línea
- Mangueras de mayor longitud
- Soporte para pared
- Carro, soporte y brazo<sup>41</sup>

### **Opción 2. SISTEMA DE ASPERSIÓN CHOPPER GLAS 0-250 GRDS GLAS CRAFT**

Equipo de proyección de resinas de poliéster y fibra de vidrio compuesto de:

#### PISTOLA

Las pistolas de Glas Craft utilizan una función patentada de contención asistida por aire (AAC por sus siglas en inglés) para producir un patrón de rociado lo más uniforme y constante posible con una baja emisión por medio de flujos de aire estabilizadores.

Esta innovación exclusiva de Glas Craft reduce drásticamente el desperdicio por el rociado excesivo y ahorra dinero en cada pieza que produce.

#### **AAC aumenta sus beneficios**

Todas las pistolas de pulverización Glas Craft de mezcla externa se componen de tecnología AAC patentada

La opción enroscable AAC está disponible para todas las pistolas de mezcla interna

Reduce las pérdidas de material, lo que da como resultado un mayor número de moldes por bidón de material

El suministro de catalizador preciso y la velocidad de partículas reducida garantizan una mejor calidad de acabado

---

<sup>41</sup> Disponible en: <http://www.hexagonoingenieria.com/productos-laminados-compuestos-molde-abierto-mezcla-externa-gelcoat>

Menos sobre pulverización se traduce en un área de trabajo más saludable para los empleados

### ***Pistolas rociadoras de baja emisión modelo Formula X AAC***

Diseño “sin agujas”

Válvulas especiales más resistentes

Acceso sencillo a las empaquetaduras de las válvulas

Pistón neumático doble patentado

### **Formula X AAC**

La dosificación exclusiva del catalizador garantiza la integración completa con el patrón de rociado del gel-coat.

No es necesario utilizar solventes para limpieza.<sup>42</sup>

### **EQUIPO DE CORTE**

Los cortadores para fibra de vidrio desempeñan un rol esencial en el proceso del rociado de plástico reforzado con fibra de vidrio. Se trata de una tarea simple; tomar hebras continuas de roving de fibra de vidrio, cortarlas o romperlas en el largo deseado y mezclarlas con poliéster para su aplicación por rociado dentro de un molde.

La cortadora tiene dos secciones principales:

- El motor de aire para suministrar energía.
- El área de corte donde se corta el vidrio y lo dirige a mezclarse con el poliéster.

Existen varias otras importantes áreas, a saber: el montaje de la pistola, control de velocidad, dispositivos direccionadores para depositar

---

<sup>42</sup> Disponible en : <http://www.hexagonoingenieria.com/productos-laminados-compuestos-molde-abierto-mezcla-externa-resinchopper/>

adecuadamente la fibra de vidrio en la resina, control del aire del soplante, alimentación de la lubricación y del suministro de aire principal.

Las cortadores GLAS CRAFT pueden trabajar hasta tres mechas de roving, pero más frecuentemente lo hacen con una o dos.

### **B-410**

- Su exclusivo diseño de flujo de aire provoca una temperatura de funcionamiento más baja.
- Permite intercambiar toberas para poder proyectar el vidrio de manera eficaz en piezas grandes y pequeñas.
- Puede cortar hasta tres mechas de fibra de vidrio

### **B-510**

- Cuenta con rodillo de corte de nuevo diseño que una fácil sustitución de las cuchillas.
- Permite el ajuste del aire facilitando el control de temperatura y el caudal de la fibra de vidrio .Asimismo , la gran superficie del rodamiento permite una distribución plana de la fibra de vidrio situada fuera del abanico con lo que se consigue un tapiz uniforme; sin cortes ni exceso de fibra.
- Mantiene la tensión adecuada entre la cuchilla y la rueda automáticamente para mayor vida útil del rodillo de caucho y una temperatura de funcionamiento más baja.
- Permite regular la velocidad y modificar la longitud de corte del la fibra de vidrio.
- Puede cortar hasta tres mechas de fibra de vidrio

### **BOMBA DE RESINA**

- Bomba confiable y de bajo mantenimiento, presenta una válvula piloto neumática sumamente precisa en el motor de aire y cuatro desplazamientos para brindar un desempeño de alta eficiencia con la menor presión posible de rociado

- Válvulas, asientos y cilindros reforzados, así como sellos con tres labios proporcionan una larga vida útil. Su diseño de cambio rápido de sellos facilita y agiliza el mantenimiento de la bomba.

**Bomba estándar:**

- Relación 11:1

**Bombas opcionales:**

- Relación 20:1 para materiales con bajo contenido de VOC (viscosidad elevada)
- Bomba de alto volumen 17:1 HVRP – Hasta 3,8 l/minuto.

**BOMBA DE CATALIZADOR**

- Ajuste infinito e instantáneo que garantiza que la bomba funcionará con cualquier porcentaje deseado de catalizador sin las complicaciones de los ajustes continuos.
- Sellos dobles idénticos en la carcasa de la bomba superior que garantizan que la bomba mantendrá una presión y volumen constante de catalizador desde la bomba hacia la pistola.
- Construcción completa en acero inoxidable.

**OPCIONALES**

- Todas las pistolas se ofrecen con configuración automática
- Calentador en línea
- Mangueras de mayor longitud
- Soporte para pared
- Carro, soporte y brazo

### **Opción 3. SISTEMAS DE PROYECCIÓN SIMULTÁNEA DE RESINA Y FIBRA DE VIDRIO DE MEZCLA INTERNA GLAS CRAFT**

Equipo de proyección de resinas de poliéster y fibra de vidrio compuesto de:

PISTOLA

#### **Pistolas rociadoras de baja emisión modelo *INDy***

Acabado de mayor calidad

Diseño fácil de mantener

Excelente control del patrón de rociado

Diseño ergonómico

#### **INDy**

Válvula de retención de precisión y control del patrón de rociado, totalmente ajustable, permiten equilibrar automáticamente las presiones de los líquidos.

El área ampliada de mezclado permite lograr una mejor mezcla.

#### **Pistolas rociadoras de baja emisión modelo *Formula***

Diseño “sin agujas”

Válvulas especiales más resistentes

Acceso sencillo a las empaquetaduras de las válvulas

Pistón neumático doble patentado

#### **Formula**

Válvula de retención de precisión y control del patrón de rociado, totalmente ajustable, permiten equilibrar automáticamente las presiones de los líquidos.

El área ampliada de mezclado permite lograr una mejor mezcla.<sup>43</sup>

## **EQUIPO DE CORTE**

Los cortadores para fibra de vidrio desempeñan un rol esencial en el proceso del rociado de plástico reforzado con fibra de vidrio. Se trata de una tarea simple; tomar hebras continuas de roving de fibra de vidrio, cortarlas o romperlas en el largo deseado y mezclarlas con poliéster para su aplicación por rociado dentro de un molde.

La cortadora tiene dos secciones principales:

- El motor de aire para suministrar energía.
- El área de corte donde se corta el vidrio y lo dirige a mezclarse con el poliéster

Existen varias otras importantes áreas, a saber: el montaje de la pistola, control de velocidad, dispositivos direccionadores para depositar adecuadamente la fibra de vidrio en la resina, control del aire del soplante, alimentación de la lubricación y del suministro de aire principal.

Las cortadores GLAS CRAFT pueden trabajar hasta tres mechas de roving, pero más frecuentemente lo hacen con una o dos.

Modelos disponibles:

### **B-410**

- Su exclusivo diseño de flujo de aire provoca una temperatura de funcionamiento más baja.
- Permite intercambiar toberas para poder proyectar el vidrio de manera eficaz en piezas grandes y pequeñas.
- Puede cortar hasta tres mechas de fibra de vidrio.

### **B-510**

- Cuenta con rodillo de corte de nuevo diseño que una fácil sustitución de las cuchillas.

---

<sup>43</sup> Disponible en: <http://www.hexagonoingenieria.com/productos-laminados-compuestos-molde-abierto-mezcla-interna-resinchopper/>

- Permite el ajuste del aire facilitando el control de temperatura y el caudal de la fibra de vidrio. Así mismo, la gran superficie de rodamiento permite una distribución plana de la fibra de vidrio situada fuera del abanico con lo que se consigue un tapiz uniforme; sin cortes ni exceso de fibra.
- Mantiene la tensión adecuada entre la cuchilla y la rueda automáticamente para mayor vida útil del rodillo de caucho y una temperatura de funcionamiento más baja.
- Permite regular la velocidad y modificar la longitud de corte de la fibra de vidrio.
- Puede cortar hasta tres mechas de fibra de vidrio

### **BOMBA DE RESINA**

- Bomba confiable y de bajo mantenimiento, presenta una válvula piloto neumática sumamente precisa en el motor de aire y cuatro desplazamientos para brindar un desempeño de alta eficiencia con la menor presión posible de rociado.
- Válvulas, asientos y cilindros reforzados, así como sellos con tres labios proporcionan una larga vida útil. Su diseño de cambio rápido de sellos facilita y agiliza el mantenimiento de la bomba.

#### **Bomba Estándar**

- Relación 11:1

#### **Formula**

- Relación 20:1 para materiales con bajo contenido de VOC (viscosidad elevada)
- Bomba de alto volumen 17:1 HVRP – Hasta 3,8 l/minuto.

### **BOMBA DE CATALIZADOR**

- Ajuste infinito e instantáneo que garantiza que la bomba funcionará con cualquier porcentaje deseado de catalizador sin las complicaciones de los ajustes continuos.

- Sellos dobles idénticos en la carcasa de la bomba superior que garantizan que la bomba mantendrá una presión y volumen constante de catalizador desde la bomba hacia la pistola.
- Configuración automática
- Calentador en línea
- Mangueras de mayor longitud
- Soporte para pared
- Carro, soporte y brazo

Cuadro 9. Selección Equipo Aspersor

<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>OP 1</b>	<b>OP 2</b>	<b>OP 3</b>	<b>% FACTOR</b>	<b>% CRITERIO</b>
PRECIO	N/A	10	8	8	100	10
	Tipo de pistola	7	9	9	100	30
CAPACIDAD	Capacidad aspersora	10	10	10	50	
	DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	Ubicación de proveedores	10	10	10	20
Fabricación o imitación		1	1	1	40	
Tiempos de entrega		10	5	5	40	
ADAPTACIÓN	Modificación estructura física	10	10	10	40	10
	Contratación nuevo personal	10	10	1	30	
	Capacitación de personal	10	1	1	30	
MULTIFUNCIONALIDAD	N/A	1	5	5	100	3
MANTENIMIENTO	Sub contratar mantenimiento	10	10	10	55	17
	Frecuencia	10	8	8	45	
<b>TOTAL</b>		<b>8.2</b>	<b>7.39</b>	<b>7.12</b>		

Fuente: Autor.

- **BOMBA DE VACÍO**

Información tomada del portal corporativo de Acomy Bombas S.A<sup>44</sup>

**Opción 1. BOMBA DE VACÍO DE ANILLO HÚMEDO DVR-140 1/2HP- 170 L/MIN. 6.0 CFM DOSIVAC**

Bombas compactas para vacío, rotativas a paletas en baño de aceite de dos etapas.

#### CARACTERÍSTICAS

**VÁLVULA DE BLOQUEO:** Permite aislar la bomba del sistema en el cual se está produciendo vacío.

**CAPACIDAD PARA VARIOS REFRIGERANTES:** la serie DVR puede ser utilizada con los gases tradicionales R-12, R-22, R-500 Y R-502, al igual que con el sistema R-134<sup>a</sup> y otros de nueva generación.

**DOBLE CONEXIÓN DE ENTRADA:** la válvula de bloqueo posee una entrada en T con conexión de ¼" FLARE y ½" ACME, para conectar cualquier tipo de mangueras o manifold. La entrada no utilizada queda protegida mediante una tapa con o'ring para evitar fugas.

**MANIJA ANATÓMICA DE TRANSPORTE:** Puño de diseño ergonómico para posibilitar un agarre seguro durante el traslado, que a la vez actúa como escape de gases.

**GAS BALLAST:** permite introducir en la bomba una pequeña cantidad de aire atmosférico, previniendo la condensación de la humedad y ayudando a prolongar la vida útil del aceite. A su vez lo anterior mejora la eficiencia del bombeo.

**ALTO VACIO FINAL:** Por su diseño de dos etapas se logra obtener una calidad de vacío muy elevada, asegurando la eliminación de la humedad, mientras que la alta capacidad de bombeo reduce el tiempo de evacuación.

**MOTOR ELÉCTRICO (110/220V 50/60Hz)** Los motores están diseñados para voltajes y frecuencias de trabajo variables. Energías: 110/240 volts, 50/60 Hertz con una variación de +/- 10% del valor nominal (ver placa del motor).

---

<sup>44</sup><http://www.acomybombas.com>

ARRANQUE POR CAPACITOR Y PROTECTOR TÉRMICO INCORPORADO.

INTERRUPTOR ON – OFF: Este switch permite independizar la puesta en marcha y detención de la conexión a la alimentación de red eléctrica. También cuenta con un práctico y seguro switch selector de voltaje y con un conector (IEC) apto para recibir cualquier cable normalizado.

Cuadro 10. Especificaciones

MODELO	DESPLAZAMIENTO		VACIO MAXIMO µmHg (mbar)	MOTOR		DIMENSIONES cm.			PESO		CONEXIONES.	
	l/min.			HP	R.P.M	Ancho	Altura	Largo	Kg.	Lbs		
	50 hz	60 Hz			50 hz	60 Hz						
DVR 95	95	114	15- (0.020)	¼	1425	1725	14.5- (5.71)	28.10- (10.43)	43.0- (16.93)	13.5	29.76	¼"FLARE- ½"ACME
	3.5	4 cfm										
DVR 140	140	170	15- (0.020)	¼	1425	1725	14.5- (5.71)	28.10- (10.43)	43.0- (16.93)	13.7	30.2	¼"FLARE- ½"ACME
	5	6 cfm										

Fuente: Dosivac

**Opción 2. BOMBA DE VACÍO DE ANILLO LIQUIDO DSHC DOSIVAC**

Se trata de electrobombas para vacío de mínimo mantenimiento (requieren solo agua de alimentación) Esta serie en particular se caracteriza por:

**Mínimo espacio ocupado:**

Gracias a su diseño monoblock con el motor de accionamiento y el reemplazo de la 2ª etapa por una simple válvula de expulsión tipo Flapper.

**Es aplicable en general cuando:**

No se requiere vacíos superiores al 97% del absoluto.

Exista posibilidad de succión de líquidos a vapores en cantidades que afectarían a cualquier bomba en baño de aceite. Siempre que el servicio requerido se caracterice por un gran desplazamiento volumétrico, largo periodo de funcionamiento continuo y posibilidad de succión de barro y otros elementos indeseables que con el sistema son arrastrados hacia el exterior por el agua de alimentación que se descarga en la expulsión.

Ilustración 18. Principio funcionamiento



Fuente: Dosivac

Principio de Funcionamiento, Fig. 1

En ella se observa la tapa con sus conductos de succión y descarga y las lumbreras correspondientes que están comunicadas con dichos conductos.

Principio de Funcionamiento, Fig. 2

Aquí observamos el rotor, montado sobre su eje. Dicho eje es excéntrico respecto al cilindro exterior. El volumen de agua esquematizado es el que establece en el cuerpo de la bomba, cuando se alcanza el equilibrio fluido – dinámico.

Principio de Funcionamiento, Fig. 3

En este caso puede observarse la configuración del agua durante la marcha, que se dispone según un anillo hidráulico centrifugado por el rotor y concéntrico con el cilindro. De esta forma el agua, cuando se aleja del núcleo del rotor (correspondencia con la lumbrera de succión) succiona como si fuera un embolo. A su vez, durante el acercamiento al núcleo (correspondencia con la lumbrera de descarga) se expulsa el aire y vapores antes succionados, más el agua de alimentación que en forma independiente es tomada por la bomba de una línea o tanque para asegurar su refrigeración.

## CONDICIONES OPERATIVAS

PRESIÓN DE DESCARGA: 760 Torr (1013 Mb)

LIQUIDO DE SERVICIO: AGUA

TEMPERATURA LIQUIDO 15°C

DE SERVICIO:

FLUIDO ASPIRADO: AIRE SECO

TEMPERATURA FLUIDO ASPIRADO: 20°C

## **MATERIALES CONSTRUCTIVOS**

CUERPO:	FUNDICIÓN GRIS
ROTOR:	FUNDICIÓN NODULAR
SOPORTE:	CHAPA
VÁLVULA:	PTFE
SELLO:	CSI, GRAFITO Y FLUOROELASTOMERO

### **Opción 3. BOMBA DE VACÍO PALETAS SECAS DV DOSIVAC**

#### **CARACTERÍSTICAS PARTICULARES.**

##### **PALETAS**

De expansión centrifugas, sin resortes (mayor confiabilidad) construidas en materiales antifricción.

##### **VÁLVULAS ANTI RETORNO DE ACEITE Y AIRE.**

De diseño exclusivo que evita (al detenerse la bomba) tener que operar válvulas manuales para evitar la succión del aceite del cárter y/o la pérdida del vacío obtenido en la línea.

Este dispositivo (de accionamiento centrifugo) cumple, además, la función de controlar el caudal de aceite de lubricación y sello, lo que asegura un mayor rendimiento e impide que se inunde el cilindro al detenerse la bomba. Esto último representa una considerable disminución de las solicitaciones mecánicas y eléctricas del equipo.

##### **ROTOR**

En SAE 1045 SM, totalmente rectificado, apoyado sobre amplia bancada, con buje de bronce antifricción y lubricación forzada. Dicha bancada absorbe totalmente las solicitaciones y oscilaciones de direcciones radiales, permitiendo la transmisión de torsión pura a través de un acoplamiento elástico de diseño propio, (esta característica no es extensiva al modelo DV – 95 E, cuyo rotor está directamente montado al eje del motor).

##### **CARTER.**

En aleación de aluminio, de gran capacidad de aceite para conseguir baja

temperatura, mejor vacío, mayor capacidad de deshidratación y menor grado de contaminación del mismo.

#### CILINDRO Y TAPA.

De fundición gris perlítica de granulometría controlada, tratamiento normalizado y superficialmente adaptados a las exigencias impuestas.

Todo lo anteriormente descrito deriva en:

- Mayor vida útil
- Calidad y constancia en el vacío obtenido
- Aptitud para soportar altas rpm sin acusar desgastes ni altas temperaturas.
- Menor exigencia en los rodamientos del motor.

#### VISOR DE ACEITE

De amplias dimensiones que permiten controlar cómodamente el nivel y estado del lubricante.

#### MOTOR ELÉCTRICO

100% blindado, normalizado (excepto el modelo DV – 95 E) y de marca reconocida.

#### MANIJA

Para su fácil traslado.

Cuadro 11. Selección Bomba de Vacío

<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>OP 1</b>	<b>OP 2</b>	<b>OP 3</b>	<b>% FACTOR</b>	<b>% CRITERIO</b>
PRECIO	N/A	10	8	6	100	10
	General	7	9	10	100	30
CAPACIDAD	Ubicación de proveedores	5	5	5	20	30
	Fabricación o imitación	1	10	10	40	
	Tiempos de entrega	5	5	5	40	
DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	Modificación estructura física	10	10	10	40	10
	Contratación nuevo personal	10	10	10	30	
	Capacitación de personal	10	10	10	30	
ADAPTACIÓN	N/A	1	3	3	100	3
	Sub contratar mantenimiento	10	8	8	55	17
MULTIFUNCIONALIDAD	Frecuencia	5	4	4	45	
	MANTENIMIENTO	<b>TOTAL</b>	6.46	7.74	<b>7.84</b>	

Fuente: Autor.

- **RODILLO**

Información tomada del catálogo herramientas de Sumiglas<sup>45</sup>.

**Opción 1. RODILLOS DE FELPA SUMIGLAS**

Rodillo profesional de cartuchos intercambiables, resistentes al estireno para larga duración. Permite aplicar gel coat cuando utiliza cartuchos de cerda corta o humectar telas de fibra de vidrio con cartuchos de cerda larga.

**Opción 2. RODILLOS DE ALUMINIO SUMIGLAS**

Especialmente diseñado para humectar y romper eficientemente las burbujas de aire atrapado presentes en los laminados fibra-resina, mejorando sustancialmente la resistencia mecánica. De alta duración y fácil limpieza, se recomienda principalmente para telas unidireccionales.

**Opción 3. RODILLOS DE CERDAS SUMIGLAS**

Especialmente diseñado para humectar y romper eficientemente las burbujas de aire atrapado presentes en los laminados fibra-resina. Se recomiendan principalmente para trabajar velos de superficie y telas de tejidos cerrados. Su construcción elástica permite adaptarse con facilidad a cualquier superficie del molde.

---

<sup>45</sup>SUMIGLAS. Catálogo de herramientas. 2011.

Cuadro 12. Selección Rodillo

<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>OP 1</b>	<b>OP 2</b>	<b>OP 3</b>	<b>% FACTOR</b>	<b>% CRITERIO</b>
PRECIO	N/A	6	10	8	100	10
	CAPACIDAD	General	10	6	6	100
DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	Ubicación de proveedores	10	10	10	20	30
	Fabricación o imitación	1	1	1	40	
	Tiempos de entrega	5	5	5	40	
ADAPTACIÓN	Modificación estructura física	10	10	10	40	10
	Contratación nuevo personal	10	10	10	30	
	Capacitación de personal	10	10	10	30	
MULTIFUNCIONALIDAD	N/A	10	4	4	100	3
MANTENIMIENTO	Sub contratar mantenimiento	10	10	10	55	17
	Frecuencia	5	5	5	45	
<b>TOTAL</b>		<b>7.53</b>	6.55	6.35		

Fuente: Autor.

## • PISTOLA DE BAJA PRESIÓN

### Opción 1. PISTOLAS DE BAJA PRESIÓN PARA PRESIÓN < 50 PSI GONI

Presión máxima: 50 PSI  
Presión óptima de trabajo: 35-45 PSI  
Boquilla: Mezcla Interna  
Alimentada por: Presión  
Consumo de aire: 1.9 PCM  
Flujo de aire: Continuo  
Capacidad de vaso: 1,000 CC  
Conector de aire: 1/4 pulg

### Opción 2. PISTOLA BAJA PRESIÓN MUZI

Código	Medida	Unidad
<b>Pistola Pintar Baja Presión, Modelo MD-472</b> Presión 20 – 40 PSI Depósito de aluminio 1 litro. Boquilla 1,3 mm.		
54-04-042		Pza.
<b>Juego de Refacción</b>		
54-04-222		Pza.
<b>Empaquetadura para MD-472</b>		
54-04-223		Pza.

### Opción 3. PISTOLA DE BAJA PRESIÓN EC-80 DESPIECE

Sistema de pulverizado con mezcla externa (aire y producto no se mezclan hasta estar fuera de la boquilla y el pico).  
Cuerpo de aluminio inyectado a alta presión.  
Taza pulida con efectivo sistema de cierre a rosca, capacidad 800 cm<sup>3</sup>.  
Consumo de aire 90 lts/min a 40 psi.  
Consumo de producto 150 cm<sup>3</sup>/min a 40 psi.  
Entrada de aire ¼" BSPP.  
Presión de trabajo recomendada 40 psi.  
Pico inyector ø 1.5 mm.  
Compresor recomendado ¾ HP. Peso 1100 grs.

Cuadro 13. Selección Pistola Baja Presión

<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>OP 1</b>	<b>OP 2</b>	<b>OP 3</b>	<b>% FACTOR</b>	<b>% CRITERIO</b>
PRECIO	N/A	8	10	8	100	10
	CAPACIDAD	10	8	7	100	30
DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	Ubicación de proveedores	10	10	10	20	30
	Fabricación o imitación	1	1	1	40	
	Tiempos de entrega	10	10	10	40	
ADAPTACIÓN	Modificación estructura física	10	10	10	40	10
	Contratación nuevo personal	10	10	10	30	
	Capacitación de personal	1	1	1	30	
MULTIFUNCIONALIDAD	N/A	1	1	1	100	3
MANTENIMIENTO	Sub contratar mantenimiento	10	10	10	55	17
	Frecuencia	3	3	3	45	
<b>TOTAL</b>		<b>7.64</b>	<b>7.24</b>	<b>6.74</b>		

Fuente: Autor.

- **PISTOLA DE ALTA PRESIÓN**

**Opción 1. PISTOLA ALTA PRESIÓN MUZI**

**Pistola Pintar Alta Presión, Modelo PQ-2U**

**Presión 50 – 80 PSI**

Depósito de aluminio 1 litro.

Boquilla 2,0 mm.

Consumo de aire 7-13 cfm (pies cúbicos por minuto).

54-04-016 Pza.

**Juego de Refacción**

54-04-216 Pza.

**Empaquetadura para PQ-2U**

54-04-217 Pza.

**Opción 2. PISTOLA DE ALTA PRESIÓN TRUPER**

Cuadro 14. Especificaciones Pistola Truper



**ESPECIFICACIONES**

Presión óptima	50 a 60 PSI
Presión máxima	90 PSI
Capacidad del vaso	1 L
Consumo de aire	110 a 120 l/min
Conexión	1/4 NPT
Boquilla	1.8 mm
Peso	950 g
Empaque	Caja

**Incluye:**

1 Cepillo de limpieza
1 Espiga para manguera
1 Tuerca

Fuente: Truper

**Opción 3. PISTOLA DE ALTA PRESIÓN AQUAMARKET**

La boquilla de la pistola de alta presión profesional es de aproximadamente de 1.5 mm, tiene presión de 45-60psi, su alimentación es por gravedad y succión con una mezcla interna. Tiene la mezcla interna con un control de abanico y un control de presión de alta presión al realizar la transferencia, esta pistola de alta presión es de alta eficiencia en la transferencia de pintura con un recipiente o taza 600cc de plástico y de 100cc con un recipiente de aluminio.

Cuadro 15. Selección Pistola Alta Presión

<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>OP 1</b>	<b>OP 2</b>	<b>OP 3</b>	<b>% FACTOR</b>	<b>% CRITERIO</b>
PRECIO	N/A	8	10	8	100	10
	CAPACIDAD	General	10	8	7	100
DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	Ubicación de proveedores	10	10	10	20	30
	Fabricación o imitación	1	1	1	40	
	Tiempos de entrega	10	10	10	40	
ADAPTACIÓN	Modificación estructura física	10	10	10	40	10
	Contratación nuevo personal	10	10	10	30	
	Capacitación de personal	1	1	1	30	
MULTIFUNCIONALIDAD	N/A	1	1	1	100	3
MANTENIMIENTO	Sub contratar mantenimiento	10	10	10	55	17
	Frecuencia	3	3	3	45	
<b>TOTAL</b>		<b>7.64</b>	7.24	6.74		

Fuente: Autor.

- **CORTADORA DE FIBRA DE VIDRIO**

**Opción 1. CORTADORA DE FIBRA DE VIDRIO NEUMÁTICA FV 1270FORADIA**

Anchos útiles: desde 1270 hasta 3250 mm  
Longitud de corte: de 20 a 90 m/min  
Número de cuchillas: 12  
Cuchillos capaces de cortar vidrio de 4800 tex  
Cilindro de cuchillas cromado duro y pulido  
Cilindro de poliuretano de 15mm, 70 shores A  
Con barra oscilante guía hilos de vidrio con cerámicas  
Barra antiestática incorp. (7000V) con protección CE  
Control de velocidad con variador de frecuencia  
Instalación eléctrica a 380V, 1.5Kw  
Velocidad de corte: de 20 a 90 m/min  
Posibilidad de fabricar hasta 3600 mm

**Opción 2. CORTADORA CD 08 GLAS CRAFT**

El nuevo diseño aumenta la superficie de la cabeza de corte a un 32% e incrementa el material cortado entre el remplazo de la cuchillas a un 33%.

Unidad ligera para cortar fibra de vidrio  
4.0 Libra/Min. Salida con 1" de filamento largo  
3.5 CFM @ 80psi.  
Cuchillas de alta velocidad para una vida más duradera  
Rodillos anvil de tamaño estándar  
Nuestra pistola cortadora más popular

**Opción 3. CORTADORA MB50K – 115V/220V ELECTRICA SUMIGLAS HE0352**

Cortador eléctrico para telas de fibras de vidrio. Su práctico diseño y resistente estructura permite desempeñar trabajo pesado y constante.

Cuadro 16. Selección Cortadora

<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>OP 1</b>	<b>OP 2</b>	<b>OP 3</b>	<b>% FACTOR</b>	<b>% CRITERIO</b>
PRECIO	N/A	6	10	8	100	10
	CAPACIDAD	General	10	8	6	100
DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	Ubicación de proveedores	5	10	10	20	30
	Fabricación o imitación	1	1	1	40	
	Tiempos de entrega	5	10	10	40	
ADAPTACIÓN	Modificación estructura física	10	10	10	40	10
	Contratación nuevo personal	10	10	10	30	
	Capacitación de personal	1	1	10	30	
MULTIFUNCIONALIDAD	N/A	1	1	1	100	3
MANTENIMIENTO	Sub contratar mantenimiento	10	10	10	55	17
	Frecuencia	7	7	7	45	
<b>TOTAL</b>		6.85	<b>7.55</b>	7.02		

Fuente: Autor.

## • PUENTE GRÚA

Será utilizado para la movilidad en el interior del hangar permitiendo el transporte de cargas (materiales, productos, piezas y/o componentes de la embarcación) en proceso de almacenamiento ó construcción. El puente grúa tendrá vigas carrileras soportadas sobre estructura metálica.

### Opción 1. PUENTE GRÚA GH

Fabricante	GH
Capacidad de carga	15Ton
Modo de construcción	Dos testeros atornillados
Altura de elevación (m)	12
Mandos de control	Botonera control remoto/suspendida.
Modo de elevación	Eléctrica dos velocidades
Modo de translación	Eléctrica dos velocidades
Modo de orientación	Eléctrica dos velocidades
Alimentación	380V
Potencia de consumo	51,19KW
Observaciones	Dispone de limitador de carga.

### Opción 2. PUENTE GRÚA JASO

Fabricante	JASO
Capacidad de carga	10Ton
Modo de construcción	Dos cajones atornillados
Altura de elevación (m)	7,20m
Mandos de control	Botonera suspendida
Modo de elevación	Eléctrica dos velocidades
Modo de translación	Eléctrica dos velocidades
Modo de orientación	Eléctrica una velocidad
Alimentación	380V
Potencia de consumo	12,49KW
Observaciones	Dispone de limitador de carga

### Opción 3. PUENTE GRÚA JASO

Fabricante	JASO
Capacidad de carga	20Ton
Modo de construcción	Dos cajones atornillados
Altura de elevación (m)	15m
Mandos de control	Botonera control remoto
Modo de elevación	Eléctrica dos velocidades
Modo de translación	Eléctrica dos velocidades
Modo de orientación	Eléctrica dos velocidades
Alimentación	380V
Potencia de consumo	65,40KW
Observaciones	Dispone de limitador de carga

Cuadro 17. Selección Puente Grúa

<b>CRITERIO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>OP 1</b>	<b>OP 2</b>	<b>OP 3</b>	<b>% FACTOR</b>	<b>% CRITERIO</b>
<b>PRECIO</b>	N/A	6	10	8	100	10
	<b>CAPACIDAD</b>	General	10	8	4	100
<b>DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS</b>	Ubicación de proveedores	1	1	1	20	30
	Fabricación o imitación	1	1	1	40	
	Tiempos de entrega	5	5	5	40	
<b>ADAPTACIÓN</b>	Modificación estructura física	10	10	1	40	10
	Contratación nuevo personal	10	10	10	30	
	Capacitación de personal	10	10	10	30	
<b>MULTIFUNCIONALIDAD</b>	N/A	10	1	1	100	3
<b>MANTENIMIENTO</b>	Sub contratar mantenimiento	10	10	10	55	17
	Frecuencia	8	8	8	45	
<b>TOTAL</b>		<b>9,1</b>	<b>8,6</b>	<b>6,8</b>		

Fuente: Autor

En el cuadro 18 se presenta un resumen de los equipos seleccionados anteriormente para el sistema productivo de casco y cubierta en materiales compuestos para embarcaciones.

Cuadro 18. Equipos del sistema productivo

DESCRIPCIÓN	MARCA
SISTEMAS DOSIFICADORES DE GEL-COAT DE MEZCLA EXTERNA GLAS CRAFT	GLAS CRAFT
BOMBA DE VACÍO PALETAS SECAS DV	DOSIVAC
RODILLOS DE FELPA	SUMIGLAS
PISTOLAS DE BAJA PRESIÓN PARA PRESIÓN < 50 PSI	GONI
PISTOLA ALTA PRESIÓN	MUZI
CORTADORA CD 08	GLAS CRAFT
PUENTE GRÚA	GH GRÚAS

Fuente: Autor

Finalmente se relacionan los equipos y herramientas menores, que como ya fue mencionado, se seleccionaron por recomendación del personal de la división, basándose en la experiencia. Ver cuadro 19.

Cuadro 19. Equipos y Herramientas menores

DESCRIPCIÓN	MARCA	CANT.
Balanza electrónica con capacidad de 1200g.	OHAUS-TOLEDO	1
Compresor portátil 125 lb 110v 2hp 3600 rpm	EVANS	1
Báscula electrónica 200 kg con plataforma en inox.	WEIGHT TRONIX	1
Mototool neumático 1/4" Tipo 308	INGERSOLL RAND	4
Atornillador mediano vv r 6,5 amp DW268	DEWALT	1
Taladro inalámbrico 3/8" 12V DW924K2	DEWALT	7
Taladro percutor inalámbrico de 1/2" 18v ref. DC925KA	DEWALT	3
Lijadora rotoorbital industrial 5" mod.	DYNABRADE	5
Brilladora neumática de 7"	DYNABRADE	6
Juego herramientas madera	VARIAS	4

Esmeriladora de banco DW 756 6"	DEWALT	1
Sierra caladora 5.8 amp DW331K	DEWALT	1
Sierra acolilladora corte compuesto 12" 15A 4000 rpm, DW715	DEWALT	1
Sierra circular 7 1/4" 10A DW352-B3	DEWALT	1
Sierra de banco portátil de 10"	DEWALT	1
Recolector de polvo de 1.5 Hp	GRIZZLY	1
Taladro de banco de 12"	DELTA	1
Lijadora de banda y disco	GRIZZLY	1
Cepillo portable de 12 1/2"	GRIZZLY	1
Canteadora de 6" x 47" 110/220v ref.G118HW	GRIZZLY	1

Fuente: Autor.

#### 5.4. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMA DE GESTIÓN LOGÍSTICO

Para la caracterización del sistema de gestión logístico se consideraran los procesos desde la selección del material a pedir, hasta su dispensación dentro del taller, teniendo en cuenta que el proceso de entrega del producto final no está dentro del alcance de la presente investigación.

Para los siguientes procesos, se establecieron propuestas bajo la premisa de que éstos se rigen por la estrategia de producción Engineering to order.

De igual forma se destaca, que el almacén de la División, solo contemplara en sus procesos materias primas, repuestos y herramientas menores.

**5.4.1. Selección:** Este proceso se encarga de la identificación de los productos que deben ser requeridos. Con el fin de seguir los parámetros establecidos por la corporación, será responsabilidad de DIDESI, debido a que ellos diseñan los planos de la embarcación a fabricar, y sus ingenieros quienes finalmente dan el último aval según su criterio e identifican las herramientas y consumibles necesarios para el proceso de fabricación.

**Método de selección:** Para la selección de los productos se usará el método oferta y demanda con una leve variación, considerando que este no podría abarcar los requerimientos de eficiencia y eficacia de la misma. Teniendo en cuenta lo anterior, los ingenieros decidirán (analizando costos

y calidad) si se adquiere el producto original o se fabrica; en el primer caso el alistador de materiales identificará la marca y referencia del producto para realizar la programación de la compra; en el segundo caso, se deberá evaluar las diferentes cotizaciones suministradas por los proveedores convocados a ofertar, para luego seleccionar aquella que mejor cumpla con las especificaciones de calidad, tiempo de entrega y precio.

**Catálogo de bienes:** A fin de no redundar en el proceso logístico de un producto, se deberá mantener la uniformidad generando un código de identificación para cada uno de ellos. Esta lista estará conformada por familias y subfamilias que permitan una mejor categorización de los mismos.

La codificación se realizara de la siguiente manera:

Familia: Repuesto 00, Materia prima 01, Herramienta 02

Sub familia: Original 00, Fabricado según muestra 01, Imitación 02

Código del repuesto: Según ingreso en la base de datos, debe ser de cuatro dígitos.

De esta forma, si se requiere por ejemplo una válvula, identificada con el código 00020015, se indica que es una imitación de un repuesto, es decir no es de la marca original, pero, que de igual forma puede cumplir la función de éste y que fue el número 15 en ingresar en la base de datos.

**Registro de proveedores:** Con el fin de minimizar tiempos en el proceso de selección, se debe crear un registro de proveedores donde se relacione la información de cada uno de ellos y el código del bien que proveen a la línea.

**Petitorio.** El petitorio será la base de datos donde se encontrará consignada toda la información anteriormente mencionada en un formato de fácil manipulación (Anexo C).

**5.4.2. Programación.** La programación hace referencia a las cantidades que se deben comprar y fechas en que se deben hacer según los requerimientos del proceso y será responsabilidad del ingeniero encargado del proyecto, el cual debe alinear su cronograma de actividades, con uno de requerimientos, de forma similar a un mrp, y el alistador de materiales de la división, por lo que contemplara los tiempos en los que se incurren al realizar los trámites con el almacén general de la Corporación, de esta forma el lead time final de un requerimiento será el lead time del proveedor, más el tiempo estimado del protocolo de compra.

Los lead time utilizados se obtendrán con base en el petitorio de la división, estos pueden variar de acuerdo al grado de confiabilidad que se tenga del proveedor, y considerando que nunca son 100% confiables, siempre se debe contar con un tiempo adicional que actué como colchón para evitar los retrasos.

**5.4.3. Adquisición:** Se refiere al proceso de compra como tal, para el caso de la propuesta, este debe ser gestionado por el almacén general de acuerdo a la programación del almacén de la División, procurando seguir con los lineamientos actuales de COTECMAR.

Con el fin de tener un control efectivo de este proceso, se debe realizar un registro de las solicitudes mediante el diligenciamiento del formato de requisición de materiales (Anexo D).

**5.4.4. Almacenamiento.** Está diseñado para el almacenamiento de los productos mencionados en ítems anteriores. Esta procura que se conserve la calidad de los materiales, de tal manera que permita asegurar la misma en el producto terminado.

Según el diseño propuesto para la línea, esta solo manejara almacén para productos en proceso y para herramientas, pues dadas las condiciones de espacio y manejo, se recomienda que se retire del almacén general solo el material que será empleado en un periodo no mayor a una semana.

Este almacén debe cumplir los requerimientos especificados ambientales (condiciones de limpieza y baja humedad, con temperatura cercana en lo posible a las condiciones mencionadas) y de seguridad ante riesgo de incendio, básicamente ambiente seco libre de contaminación por polvo y con estantes separados para almacenar cada grupo de materiales o herramientas en forma segura.

Es importante considerar los requerimientos de almacenamiento de la materia prima (únicamente materiales compuestos) ya que de dichas condiciones depende en gran parte, la calidad y durabilidad del producto terminado, así como la seguridad ante posibles riesgos de incendio.

Generalmente, los refuerzos de vidrio y materiales de núcleo (espumas de PVC y Balso), deben ser almacenados en ambientes secos protegidos del polvo y la alta humedad, preferiblemente a una temperatura por debajo de 30°C. La resina líquida, los aceleradores y catalizadores asociados deben ser almacenados a una temperatura de 20° (ideal) dada por los fabricantes.

Es indispensable mantener la seguridad respecto a los productos químicos, siendo el de mayor peligro la mezcla accidental de aceleradores de cobalto y catalizadores de MECK Peróxido dado el potencial peligro de explosión.

En el almacén de herramientas se debe guardar toda la herramienta no signada de la planta así como la materia prima para ensamble (tornillería y equipos pequeños de alto costo), siendo entregados a la persona responsable del ensamble en el momento requerido.<sup>46</sup>

**5.4.5. Dispensación.** Hace referencia al proceso de entrega de los materiales a los procesos internos de la línea, su importancia radica en que se deben entregar los productos correctos y en cantidades correctas, para así lograr una gestión que asegure la confiabilidad del stock del almacén.

Con el objetivo de obtener un buen control de este proceso, se debe realizar un registro de las entregas mediante el diligenciamiento del formato de entrega de materiales (Anexo D).

## 5.5. KPI'S DEL SISTEMA PRODUCTIVO

Con el fin de llevar un control y seguimiento de los resultados, se establecen indicadores claves de desempeño, los cuales deberán medir la asertividad que se tuvo en la selección de los equipos y en el sistema logístico, éstos deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y sobre todo a tiempo, con el fin de generar decisiones oportunas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone medir:

- Disponibilidad de los equipos: Apuntado a identificar problemas en el desempeño de los mismos, es un indicador que va de la mano con el mantenimiento y que su meta debe variar a medida que disminuye la vida útil del equipo.
- Número de fallas: Apunta a observar las condiciones de calidad y de funcionamiento del equipo.
- Disponibilidad de repuestos: Conociendo que fue uno de los criterios para la selección de los equipos, debe arrojar datos al respecto y además sobre el sistema logístico.

---

<sup>46</sup>COTECMAR - GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos. 2010.

- Rendimiento: A fin de corroborar la asertividad en la selección de los equipos.
- Calidad de los pedidos generados: Corresponde a la relación existente entre los pedidos generados sin problemas y los pedidos generados en total.
- Entregas oportunas: Será la relación entre el número de pedidos recibidos sin rechazo previo y el número total de órdenes generadas.
- Nivel de cumplimiento de proveedores: A fin de llevar un control para la evaluación de la confiabilidad de los tiempos de entrega de los proveedores.

## 6. CONCLUSIONES

De manera acorde con lo planteado en los objetivos específicos de esta investigación, podemos concluir:

- El punto de partida para la caracterización de un sistema debe ser el estado actual del mismo, pues es este quien suministra la información sobre las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades que posee, a fin de generar una propuesta que pueda ser aplicable, práctica y oportuna sobre lo que se tiene.
- Un sistema productivo debe partir siempre desde el cliente, es decir, lo primero que se debe identificar es el tipo de demanda, pues a través de esta se establece la estrategia de producción a utilizar, que finalmente define en gran parte el diseño de la planta. De igual forma, la demanda indica las exigencias de acabado, calidad y especificaciones técnicas de un producto, por tanto es esta quien define en gran medida los equipos que se deben utilizar para su fabricación.
- Es importante considerar criterios mecánicos y logísticos en la caracterización de un proceso productivo, teniendo en cuenta que estos van completamente ligados, pues la parte mecánica depende de la logística para la adquisición de equipos, herramientas y sus repuestos, afectando el mantenimiento y por ende la continuidad de la línea de producción.
- Se observó que resulta práctico la adaptación de herramientas de otras disciplinas para la selección de equipos y herramientas, así como también se pudo aprender que en su mayoría y cuando no son equipos de grandes mecanismos o con mucha diferenciación, la experiencia prima en la selección.
- En un sistema de gestión logístico deben analizarse todos los procesos que intervienen para la adquisición de un producto hasta su entrega, partiendo siempre del objetivo de no entorpecer el flujo y minimizar tiempos de adquisición.
- De acuerdo con el objetivo de la investigación, se deben establecer indicadores que permitan identificar si se cumplió con los objetivos a nivel técnico y logístico de la línea de producción propuesta.

## 7. RECOMENDACIONES

Luego del desarrollo de la investigación, se recomienda realizar toda la documentación del diseño propuesto, de tal forma que quede habilitado en el sistema como una nueva línea de producción de COTECMAR, de igual forma se deja como sugerencia, el plantear como un nuevo proyecto de investigación, el despliegue de cada una de las fases del sistema logístico, para una completa documentación del mismo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ANDERCOL S.A. Capacitación básica en materiales compuestos. 2011.
- ANDERCOL S.A. Conocimiento, selección y aplicación de los Gelcoats Cristalán. 2005.
- ANDERCOL S.A. Materiales compuestos y consumo.
- ARANGO SERNA, Martín Darío, et al. Diseño metodológico para la implementación de un sistema de indicadores de desempeño en la cadena logística de COTECMAR. 2010. 80p.
- ASKELAND, Donald R. Ciencia e ingeniería de los materiales. International Thomson Editores, Tercera edición. 1998. ISBN 968 7529 – 36 -9. 468 p.
- BALLOU, Ronald. Business logistics management: planning, organizing and controlling the supply chain. Prentice Hall. 1999. ISBN 0137956592. 681p.
- BAQUERO CORRALES, Alfredo. Administración de recursos humanos. Primera parte. Módulos 1,2,3. Editorial Universidad estatal a distancia San Jose. Costa Rica. 2005. 183p.
- BARBER, Pedro. Máquinas de obras públicas II. Máquinas y equipos. Cuarta edición. Editorial Club universitario. ISBN 978-84-8454-956-7. España. 2009. 327 p.
- BARRIOS, Laura. SIERRA, Melissa. Evaluación y rediseño del sistema de control y medición de los procesos productivos en las divisiones de soldadura, pintura, varadero y mecánica en COTECMAR Planta Mamonal. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2010.
- BESEDNJAKDIETRICH, Alejandro. Materiales compuestos: procesos de fabricación de embarcaciones. Ediciones Universidad Politécnica de Catalunya. España. ISBN. 84-8301-820-9. 2005.
- CSCMP. Supply Chain Management Terms and Glossary. Disponible en: <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>.
- COTECMAR. ACTI 2010, Informe de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación. Juan Carlos Ordosgoitia. 2010.

- COTECMAR. COTECMAR 10 años Innovando. Patricia plana ediciones. 2010.
- COTECMAR. Diagnostico tecnológico 2009.
- COTECMAR. Fasttrack.
- COTECMAR – Grupo Social Empresarial de Defensa GSED. Proyecto de investigación y desarrollo materiales compuestos laminados para estructuras navales y sus procesos. 2010.
- COTECMAR. Plan estratégico 2007 – 2020.
- COTECMAR. Portal corporativo. Disponible en: [www.cotecmar.com](http://www.cotecmar.com).
- DEL CAMPO, Pedro. Gestión de operaciones. Planeación, distribución y administración de ámbitos de trabajo. Universidad del Cema. Presentación Microsoft Power Point. 2010. 46p.
- GLOSARIO EN LÍNEA. <http://www.bigmachines.com/eto.php>.
- HAUSMAN, W.H. (2005). Supply chain performance metrics. En: HARRISON, T.P., LEE, H.L. and NEALE, J.J., The practice of supply chain management: where theory and application converge, Chap. 4. NewYork: Springer, 356 P.
- HUGOS, M. (2003). Essentials of Supply Chain Management. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd. 264p.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINI EN EL ESTADO DE CAMPECHE. Ingeniería rural. México. Disponible en: [www.itescam.edu.mx/principal/syllabus/fpdb/recursos/r49780.PDF](http://www.itescam.edu.mx/principal/syllabus/fpdb/recursos/r49780.PDF).
- JIMENEZ, Daniel Patricio. La retribución. Editorial ESIC. España. 2009. 162p.
- MANDELLI, Antonio. Elementos de Arquitectura Naval. Librería editorial Alsina. Buenos Aires .1986. ISBN 950-553-026-9.
- MARTÍNEZ ROBLES, Agnessy Yerina. Control de inventario con análisis de la demanda para la empresa “Sport B”. Capítulo 2. UNMSM. 8p.
- MARTÍNEZ, María. RAMOS MADRID, Justo. Criterios y metodologías de evaluación de maquinaria y equipo industrial. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar. 1999. 240p.

- MONTOTA, Allison, et al. Distribución del espacio. 2011. 41p.
- MONTOYA, Allison. Et Al. Distribución del espacio. 2011. 41p.
- MORA, L.A y Muñoz, R.D. Diccionario de logística y negocios internacionales. 1996.
- PAUS, J.P. y De Navascués, Ricardo. Manual de Logística Integral. Ed Díaz de Santos. Madrid. 2001.
- PUCHOL, Luis. Dirección y gestión de recursos humanos. Ediciones Diaz de Santos. Séptima edición. Argentina. 2007. ISBN 978-84-7978-831-5. 425p.
- QUINTERO, Carlos. Manual práctico sobre poliéster (plásticos) reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2007.
- STOCK, James R. LAMBERT, Douglas. Strategic logistics management. Mac Graw Hill. 2001. ISBN 0256136874. 872p.
- SUCKY, E. Inventory management in supply chains: A bargaining problem. Int. J. Production Economics, 93–94.
- TORRES, J.H. (2008). Aspectos generales de la función de planeación. Apuntes Planeación y Control de la Producción I. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- UNIVERSIDAD DE JAUME I. Manual de control estadístico de calidad: Teoría y aplicaciones. España. 2006. ISBN 978-84-8021-503-8. 213p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Sede Manizales. Taller de ingeniería de métodos. Tipos básicos de distribución de planta. 2011.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Sede Manizales. Taller de Ingeniería de métodos. Tipos básicos de distribución de planta. Material de estudio. 2011.

# ANEXOS

## ANEXO A. ENCUESTA.

ENCUESTA 1. ANALISIS DE LOS PROCESOS		
Nombre del proceso:		
Nombre del encuestado (cargo):		
<b>PROPÓSITO</b>	Preguntas preliminares	Preguntas de fondo
	¿Qué se hace en realidad?	¿Qué otra cosa podría hacerse?
	¿Por qué hay que hacerlo?	¿Qué debería hacerse?

<b>LUGAR</b>	¿Dónde se hace?	¿En qué otro lugar podría hacerse?
	¿Por qué se hace allí?	¿Dónde debería hacerse?

**SUCESIÓN**

¿Cuándo se hace?

¿Cuándo podría hacerse?

¿Por qué se hace en ese momento?

¿Cuándo debería hacerse?

**PERSONA**

¿Quién lo hace?

¿Qué otra persona podría hacerlo?

¿Por qué lo hace esa persona?

¿Quién debería hacerlo?

**MEDIO**

¿Cómo se hace?

¿De qué otro modo podría hacerse?

¿Por qué se hace de ese modo?

¿Cómo debería hacerse?

## ANEXO B. INSTRUCTIVO DE FASTTRACK

	<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO</b>			F-GEN-07-02
	<b>FABRICACIÓN CASCOS COMPLETOS PARA BOTE FAMILIAR B5 Nos 020 a 021</b>			
Página 1 de 4	VERSION N°:00	PLANTA: MAMONAL	FECHA : 12/05/08	
REGISTRO N°: IT 002 MAT-COM 07	PROYECTO: BOTE FAMILIAR B5		O.T. N°	

<b>1. OBJETIVO:</b> Dar las pautas para la construcción de los cascos completos del velero familiar Barracuda 5, B5, Nos 020 a 022, con el fin de cumplir los requisitos del cliente, señor Juan José Jaramillo Fernández - Altamar.	
<b>2. CONDICIONES GENERALES:</b> Fabricación de casco, cubierta y apéndices, a partir de los moldes propiedad del cliente, con el laminado especificado por el mismo y ensamble de los componentes.	
<b>3. DATOS DE ENTRADA:</b>	
MATERIAL: PRFV, PVC y Auromat	PROCESO: Construcción de Piezas
ELEMENTO/PIEZA: Casco con mamparos, cubierta con tapas y apéndices (timón y orza).	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistola de alta presión Binks 2000.</li> <li>• Compresor Ingersoll Rand 15 Hp.</li> <li>• Brilladora eléctrica de ø 7".</li> <li>• Pulidora de ø 7".</li> <li>• Pulidora de ø 4 1/2".</li> <li>• Mototool de ø 1/4".</li> <li>• Taladro de ø 3/8".</li> <li>• Caladora eléctrica.</li> <li>• Rodillos de Laminación.</li> <li>• Herramienta de mano.</li> </ul>	<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL:</b> <b>ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDUSTRIAL:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mascara con filtro de gases orgánicos.</li> <li>• Guantes quirúrgicos desechables.</li> <li>• Mascarilla para polvo.</li> <li>• Gafas de seguridad transparentes</li> </ul> <b>EQUIPOS DE SEGURIDAD:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilador Axial Portátil.</li> <li>• Extractor axial área de trabajo.</li> <li>• Extinguidores cerca de zona de trabajo</li> </ul>
<b>4. RESPONSABLE:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsable por hacer cumplir: Jefe y Superintendente de División Materiales Compuestos.</li> <li>• Responsable por cumplir: Supervisor de la División Materiales Compuestos</li> </ul>	
<b>5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimiento P-DEPRO MA-82-02 Construcción de Piezas.</li> </ul>	



## INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

F-GEN-07-02

### FABRICACIÓN CASCOS COMPLETOS PARA BOTE FAMILIAR B5 Nos 020 a 021

Página 2 de 4	VERSION N°:00	PLANTA: MAJONAL	FECHA : 12/05/08
REGISTRO N°: IT 002 MAT-COM 07		PROYECTO: BOTE FAMILIAR B5	O.T. N°

#### 6. DESCRIPCIÓN NARRATIVA:

##### ◆ ENCERADO DE MOLDES:

Antes de comenzar la producción de los tres cascos, se procede a un mantenimiento de moldes, contratado adicionalmente, consistente en la limpieza de gelcoat residual en las pestañas, continuando con el lavado de los moldes y la remoción de la cera vieja mediante limpieza con solvente apropiado, terminando con brillado de áreas sin antideslizante, básicamente en la cubierta y costados del casco.

Con el molde limpio y brillado, se procede a encerar con cera para moldes nuevos TR 108 (seguir instrucciones) cada molde, aplicando de 6 a 8 manos de cera. Para el antideslizante de la cubierta se debe usar cera líquida blanca Mansión tradicional. El Jefe de Grupo o el Supervisor verifican la correcta aplicación de la cera y da el visto bueno para pasar a pintura.

##### ◆ APLICACIÓN DE GEL COAT:

La cubierta debe ser empapelada, cubriendo todos los antideslizantes, para pintar primero el color blanco de fondo terminando con el gris claro, incluyendo las tapas de los pañoles. Los otros componentes son pintados de blanco (Casco y apéndices).

El gelcoat lo aplica el Jefe de Grupo con pistola de alta presión, catalizando al 2%, empleando mínimo 750 gramos por metro cuadrado de superficie de molde. Emplear catalizado en el recipiente.

**NOTA:** Tener en cuenta que es un bote de Lujo y puede ser rechazado únicamente por defectos de pintura.

##### ◆ APLICACIÓN DE CAPA DE CONTACTO:

Cuando el gelcoat ha curado hasta tactosidad (al poner el dedo sobre la pintura este sale limpio) se procede a aplicar la capa de contacto en tela de fibra de vidrio tipo mat de 225-300 g/m<sup>2</sup> con resina para laminación manual ASHLAND 1060 o BASF 53 46B, a toda la superficie pintada. Se debe tener especial cuidado en la eliminación total de burbujas de aire atrapadas. Esta aplicación es bajo el control directo del Supervisor de la División.

##### ◆ LAMINACIÓN DE REFUERZO SÓLIDO Y EN SANDWICH:

Luego del curado de la capa de contacto, con un tiempo mínimo de 6 horas a temperatura del taller, se continua con el laminado de refuerzo especificado por el cliente para cada componente del bote en el documento "LAMINADO B5 2007 V1". Una vez terminado el casco, se procede a pintar con gelcoat gris claro el interior a proa de la caja de la orza hasta el borde de la pestaña de ensamble (dejando sin pintar la zona del poste de compresión).

Las piezas a laminar son: Casco, cubierta, 04 tapas de pañoles, 01 mamparo transversal de cierre, 04 mamparitos de cierre laterales y 04 cierres longitudinales de pañoles laterales, poste de compresión, tapa caja orza, soporte motor, torre central, timón y orza.

Como premisa de construcción orientada al control de pesos y tiempos, todo el material, tanto de refuerzo como de núcleo deben ser precortados.

Los detalles mas importantes de la laminación son:

##### • Casco

- El bidireccional va desde la base del espejo hasta la proa en una sola pieza, comenzando desde 60 mm sobre la unión caja orza-fondo casco, hasta el borde del casco, cortando a 25-30 mm de la pestaña de ensamble. El espejo se lamina posteriormente con dos capas de bidireccional traslapadas 200 mm en el



## INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

F-GEN-07-02

### FABRICACIÓN CASCOS COMPLETOS PARA BOTE FAMILIAR B5 Nos 020 a 021

Página 3 de 4	VERSION N°:00	PLANTA: MAMONAL	FECHA : 12/05/08
REGISTRO N°: IT 002 MAT-COM 07	PROYECTO: BOTE FAMILIAR B5	O.T. N°	

centro, con un refuerzo de Auromat de 2 mm x 200 (de fondo a borde casco sobre mat de contacto) cubierto por una capa de mat de 450 g/m<sup>2</sup>. Todos los bordes expuestos de bidireccional se cubren con una cinta de mat de contacto.

- El refuerzo en la zona de los cadenotes consiste en tres (03) cintas de bidireccional de 120, 110 y 100 mm de ancho (L= 400, 300 y 200 mm) respectivamente, laminadas desde el borde exterior de la pestaña de ensamble y sobre el laminado del casco. Se laminan simultáneamente con la pestaña.

- El laminado de la pestaña son 04 capas de mat de 450 g/m<sup>2</sup> con dos capas adicionales en los extremos para facilitar el desmoldeo y tienen que ser desbastadas antes del ensamble.

- El auromat llega a 60-70 mm de la roda, quedando ambas capas de bidireccional traslapadas esta misma longitud, terminando con dos cintas adicionales de refuerzo de 150 x 500 mm en mat de 450 g/m<sup>2</sup>.

- La zona de pivote de la orza, lleva un refuerzo de dos (02) cintas adicionales de 100 x 150 mm en mat de 450 g/m<sup>2</sup> con un inserto de 25 x 20 aprox. en aluminio de 1/8" a ambos lados de la guía.

#### • Cubierta

- Se laminan las dos capas de mat de 450 g/m<sup>2</sup> juntas a toda la cubierta, con la precaución de laminar de ultimo las partes horizontales con núcleo, el cual debe ser puesto en sitio estando húmeda la capa y realizando la imprimación de la cara del núcleo inmediatamente antes de ponerla. Esto NO aplica para el piso de la bañera que tiene un tratamiento diferente y debe ser lo ultimo en laminarse.

- Luego de endurecidas las primeras capas, se procede a laminar las capas siguientes en una sola operación, teniendo la precaución de llenar con masilla de microesferas los bordes donde puedan presentarse problemas de asentamiento.

- Toda la pestaña del hueco de los pañoles lleva una cinta adicional de 50 mm en todo el perímetro.

- La zona horizontal de la tapa de inspección cerca al espejo, no lleva núcleo, solo una capa de bulker de 3 mm entre las capas Nos 2 y 3.

- El WR va solo en la tapa regala y piso de la bañera.

- El borde de la pestaña de ensamble lleva una cinta adicional de 50 mm a lo largo del perímetro exterior.

#### • Tapas de Pañoles

- El detalle mas importante es localizar el auromat de 3mm en la zona del hueco en la cubierta.

- La pestaña vertical de las tapas lleva una cinta adicional de 50 mm en mat de 450 g/m<sup>2</sup> en todo el perímetro.

#### ♦ DESMOLDEO DE PIEZAS:

Cuando cada componente este curado, con dureza Barcol de minimo 40, se procede a desmoldarlo, empleando cuñas plásticas y de madera, realizando esta labor con cuidado con el fin de no deteriorar las pestañas del molde o rayarlo.



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

F-GEN-07-02

## FABRICACIÓN CASCOS COMPLETOS PARA BOTE FAMILIAR B5 Nos 020 a 021

Página 4 de 4

VERSION N°:00

PLANTA: MAMONAL

FECHA : 12/05/08

REGISTRO N°: IT 002 MAT-001/ 07

PROYECTO: BOTE FAMILIAR B5

O.T. N°

### ♦ MONTAJE DE ESTRUCTURA INTERNA Y ENSAMBLE DE CASCO:

Con el casco desmoldado y la rebaba cortada, se presenta la cubierta para ajustar la caja de orza, los mamparos de cierre de los pañoles en popa y los refuerzos en hat de PVC en el fondo del casco entre los mismos. Una vez verificados los ajustes se procede al laminado in situ de los mamparos, continuando con el ensamble casco-cubierta (en el molde de cubierta) usando dos cintas de 80 mm en mat de 450 g/m<sup>2</sup>.

De igual forma, se ensamblan los apéndices. Este trabajo es bajo el control directo del Supervisor de la División.

### ♦ CIERRE INTERNO:

Con el casco ensamblado, se procede a laminar los mamparos de cierre al casco, la parte superior de la caja de la orza y las uniones casco-bañera en los pañoles en popa.

Se termina con pintado en gelcoat gris claro de los pañoles, incluyendo las tapas. Este trabajo es bajo el control directo del Supervisor de la División.

### ♦ ACABADO FINAL:

Con el casco ensamblado, se procede a recortar la borda y a pulir, con ajuste incluido, las tapas y borde de los guardaderos en popa y todo el perímetro de la unión casco-cubierta.

Se debe verificar que las tapas queden aprox. 4 mm por debajo del borde de cubierta.

Se continúa con el recorte, mediante plantilla, del hueco de la escotilla de proa y del hueco para tapa de inspección de ø 6" de la popa.

Se termina con pintado en gelcoat blanco de la pestaña de la borda y brillo general del casco, dejándolo listo para entrega al Gerente de Proyecto y al Cliente. Este trabajo es bajo el control directo del Supervisor de la División.

### 7. OBSERVACIONES:

Emplear gelcoat Andercol ISO NPG Ref 888 en todos los componentes del casco.

Entregar los apéndices, Tapa de orza, soporte motor y torre envueltos en plástico "stretch".

### 8. REGISTROS / ANEXOS

CÓDIGO	TÍTULO
F-DIRCAL 31-02	Registros PC 00X MC0X al PC 00X MC0X Planes de Calidad.

ELABORADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:	EJECUTADO POR:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
NOMBRE: ING TN RMC	NOMBRE: ING. PEDRO ELIZALDE	NOMBRE: ACISCLO TRELLEZ RIVAS
CARGO: ANALISTA ARQUITECTURA NAVAL	CARGO: JEFE DIVISION MATERIALES COMPUESTOS	CARGO: SUPERVISOR MATCOM

### ANEXO C. PETITORIO

En archivo digital adjunto.

### ANEXO D. FORMATO DE REQUISICIÓN

<h1>REQUISICIÓN</h1>		N° _____
Fecha de solicitud: _____		Fecha de entrega programada: _____
Cant.	Descripción	
Observaciones: _____		
_____	_____	_____
Solicitado por	Recibido por	Entregado por