



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES**

**TEMA: REPARACIÓN DE LOS CARENAJES DEL
HELICÓPTERO GAZELLE SA 342L, UTILIZANDO
MATERIALES COMPUESTOS EN EL TALLER DE
ESTRUCTURAS DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE
AVIACIÓN DEL EJÉRCITO.**

AUTOR: QUINATOA CASA BLANCA MARICELA

DIRECTOR: TLGO. PROAÑO ALEJANDRO

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

CERTIFICACIÓN

Tlgo. Alejandro Proaño

CERTIFICA

Que el trabajo titulado “Reparación de los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L, utilizando materiales compuestos en el taller de estructuras del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército.” Realizado por QUINATO A CASA BLANCA MARICELA con C.I. 0504326075 ha sido revisado y guiado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de acrobat (PDF).

Autoriza a Quinatoa Casa Blanca Maricela que lo entregue a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez en calidad de Directora de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Latacunga, Mayo 2015

Tlgo. Alejandro Proaño
DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

QUINATOA CASA BLANCA MARICELA

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “Reparación de los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L, utilizando materiales compuestos en el taller de estructuras del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército.” Ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de este proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo 2015

Blanca Maricela Quinatoa Casa

C.I. 0503426075

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORIZACIÓN

Yo Blanca Maricela Quinatoa Casa

Autorizo a la Unidad de Gestión de Tecnologías la publicación, en la biblioteca virtual de la institución el trabajo “Reparación de los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L, utilizando materiales compuestos en el taller de estructuras del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y criterio.

Latacunga, Mayo 2015

Blanca Maricela Quinatoa Casa

C.I 0504326075

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios por estar siempre conmigo acompañando, brindando sabiduría para culminar con éxitos y bendiciones la carrera.

A mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación convirtiéndose en mi apoyo incondicional en cada momento.

Depositando la confianza y la comprensión en cada reto que me presentaba sin dudar en cada momento en mí inteligencia y capacidad de hacer las cosas.

Blanca Maricela Quinatoa Casa

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por la oportunidad que me ha brindado para poder prepararme profesionalmente.

Agradezco infinitamente a mis padres por su apoyo incondicional y mi amor a mi familia por estar siempre conmigo que me brindan cada día para seguir luchando y lograr mis sueños.

De una manera muy especial quiero agradecer al Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército (CEMAE) quienes la conforman, que me abrieron sus puertas para lograr mi meta, A mi Mayor - TRP Marco A. Noboa B. COMANDANTE DEL CEMAE N°15 por su apoyo y gran acogida que tuvieron hacia mí. Como no agradecer al taller de estructuras, por sus enseñanzas compartidas, a lo largo de la realización de este trabajo.

Por último quiero agradecer a la Unidad de Gestión de Tecnologías y a todos los docentes que son los pioneros en ayudar con sus conocimientos impartidos en clases, guiándonos al ámbito profesional y en especial al Tlgo. Alejandro Proaño tutor del proyecto de grado.

Blanca Maricela Quinatoa Casa

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	II
AUTORIZACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
INDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
SUMMARY	XIV
CAPÍTULO I	1
EL TEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación e Importancia	2
1.4 Objetivo general	3
1.5 Objetivos específicos	3
1.6 Alcance	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Introducción	5
2.2 Presentación de fuselaje	5
2.2.1 Estructura principal	5
2.2.2 Estructura trasera	6
2.3 Clasificación de la estructura general	6
2.4 Definición de los materiales utilizados en los subconjuntos de fabricación del fuselaje	7
2.4.1 Áreas de construcción de aleación ligera	7
2.4.2 Zonas de construcción en “NIDA”	8
2.4.3 Estaciones de la B.T.P y del G.T.M	9
2.5 Generalidades de los materiales compuestos	10

2.6 Característica de material compuesto.....	11
2.7 Ventajas de los materiales compuestos.....	12
2.7.1 Aplicaciones de los materiales compuestos en las aeronaves incluyen:	12
2.7 Fibra.....	13
2.8.1 Sistemas de fibra	13
2.9 Fibras de vidrio	13
2.10 Características de la fibra de vidrio.....	14
2.10.1 Clasificación según las propiedades de descarga	14
2.10.2 Tejido de las fibras	15
2.10.3 Formación de Fibras	16
La fibra de vidrio se forma cuando el vidrio es extruido en muchos filamentos de diámetro pequeño adecuado para el procesamiento textil. La técnica de calefacción y moldeo de vidrio en fibras finas se conoce desde hace milenios, sin embargo, el uso de estas fibras para aplicaciones textiles es más reciente. Hasta entonces se conocía las fibras de hilos cortados.....	16
2.11 Honeycomb (Panal de abeja).....	17
2.11.1 Honeycomb fabricado en distintos materiales.....	18
2.11.2 Tipos de panal de abeja (Honeycomb)	19
2.11.3 Construcción Sándwich.....	23
2.12 Resina epoxi	25
2.13 Adhesivo Hysol EA 9396.....	25
2.13.1 Características	25
2.13.2 Producto.....	25
2.13.3 Mezcla.....	25
2.13.4 Aplicación.....	26
2.13.5 Aplicando	26
2.13.6 Curación.....	26
2.13.7 Limpiar	27
2.14 Norma ASTM	27
2.15 Ficha de datos de seguridad.....	29
2.16 Microbalón	31

2.17 Materiales Fungibles al momento de la terminación de la reparación .	31
2.17.1 Cinta de sellado	31
2.17.2 Tela paraguas	32
2.17.3 Capa Drenaje.....	33
2.17.4 Bolsa de vacío	33
2.17.5 Plástico perforado	34
CAPÍTULO III	35
DESARROLLO DEL TEMA.....	35
3.1 Adecuación del Sitio de Trabajo	35
3.2 Reparación.....	35
3.2.1 Manuales, herramientas y equipos a utilizar	36
3.2.2 Reparación de Panel de Abeja Estratificada.....	38
3.2.3 Procedimiento	38
3.2.3.1 Identificación del daño	38
3.2.3.2 Cortar el tejido arrancado sin deteriorar el “NIDA”	40
3.2.3.3 Ligar el Revestimiento.....	41
3.2.3.4 Limpiar el Revestimiento.....	41
3.2.3.5 Corte de la Tela de Vidrio	42
3.2.3.6 Preparación de la Resina.....	42
3.2.3.7 Untar la tela de vidrio con resina.....	43
3.2.3.8 El Pre impregnado de la Tela de Vidrio	44
3.2.3.9 Quitar el exceso de resina	44
3.2.3.10 Finalización:	45
3.2.4 Reparación de una Perforación con Destrucción del “NIDA”	45
3.2.4.1 Cortar Regularmente el Revestimiento	45
3.2.4.2 Ligar alrededor del revestimiento.....	46
3.2.4.3 Cortar el trozo de Nida deteriorado y preparar el nuevo elemento de Nida	47
3.2.4.4 Preparación de la Resina.....	47
3.2.4.5 Aplicación de la resina sobre la Nida	48
3.2.4.7 Cortar una pieza la tela de vidrio	49
3.2.4.6 Introducir la Nida en el Orificio	49

3.2.4.8 Reparación al Vacío.....	50
3.4 Presupuesto.....	51
3.4.1 Análisis de Costos	51
3.4.1.1 Costos Primarios.....	52
Tabla 5.....	52
Costos.....	52
3.4.1.2 Costos Secundarios.....	52
3.4.1.3 Costo total del proyecto de grado	53
CAPÍTULO IV.....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
4.1 Conclusiones	54
4.2 Recomendaciones	54
GLOSARIO	56
ABREVIATURAS	59
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas	36
Tabla 2. Equipos de Protección Individual	37
Tabla 3. Número de parte de los carenajes	37
Tabla 4. Listado de los daños encontrados en los carenajes de la B.T.P y del G.T.M.....	37
Tabla 5. Costos Primarios.....	52
Tabla 6.- Total costos secundarios	52
Tabla 7. Total costos del proyecto de grado	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Presentación de partes estructurales.....	6
Figura 2. Las áreas de construcción de aleación ligera	8
Figura 3. Construcción zonas de “NIDA”	9
Figura 4. Estaciones de la B.T.P y del G.T.M	10
Figura 5. Material compuesto.....	11
Figura 6. Fibra de vidrio	14
Figura 7. Tejido de las fibras.....	16
Figura 8. Honeycomb.....	17
Figura 9. Morfología del núcleo.....	18
Figura 10. Honeycomb de aluminio	20
Figura 11. Estructura de honeycomb de aluminio.....	20
Figura 12. Honeycomb de fibra aramida.....	21
Figura 13. Características de fibra aramida	21
Figura 14. Honeycomb de acero inoxidable.....	22
Figura 15. Características de acero inoxidable	23
Figura 16. Construcción sándwich	24
Figura 17. Hysol EA 9396	30
Figura 18. Microbalon	31
Figura 19. Cinta de sellado	32
Figura 20. Tela paraguas	32
Figura 21. Capa drenaje	33
Figura 22. Bolsa de vacío	33
Figura 23, Plástico perforado.....	34
Figura 24. Adecuación del sitio de trabajo	35
Figura 25. Identificación del daño	39
Figura 26. Colocación de la cinta adhesiva	40
Figura 27. Delimitación del Daño.....	40
Figura 28. Lijar el Revestimiento.....	41
Figura 29. Limpiar el Revestimiento.....	41
Figura 30. Corte de la tela de vidrio	42

Figura 31. Preparación de la resina	43
Figura 32. Untar la tela de vidrio con resina.	43
Figura 33. El pre impregnado de la tela de vidrio.....	44
Figura 34. Colocación de la tela paraguas.....	45
Figura 35. Corte de capa de tela dañada.....	46
Figura 36. Lijar alrededor del revestimiento	46
Figura 37. Cortar el trozo de Nida deteriorado y preparar el nuevo elemento de Nida.	47
Figura 38. Preparación de la resina	48
Figura 39. Aplicación de la resina sobre la Nida	48
Figura 40. Introducir la Nida en el orificio.....	49
Figura 41. Colocación de la tela de vidrio en la nida.....	49
Figura 42. Reparación al Vacío.....	50
Figura 43. Prueba de operación.....	51

RESUMEN

La reparación de los carenajes de la B.T.P y del G.T.M del Helicóptero Gazelle SA 342L, tiene como finalidad la respectiva reparación estructural para que así los carenajes se mantenga operable ya que si no se lograría hacer este tipo de reparaciones utilizando materiales compuestos se manifestaría más daños estructurales en los carenajes con llevando a perder su vida útil. Se lo puede añadir temas de suma importancia, que contribuyan a su ejecución como son: la operación, descripción de las herramientas de trabajo, materiales que se utilizaran al momento de la obtención del proyecto ya que estos materiales deben ser netamente de aviación. Llevado a cabo las respectivas reparaciones de los carenajes mencionadas anteriormente, ayudara eficientemente a la operatividad del mismo esto conllevara a conservar su vida útil con el afán de brindar seguridad y confort al momento de prender un vuelo con el objetivo de realizar las misiones presentadas. Se detalla también los procesos de la reparación de los carenajes ya que esto es la parte más esencial para dar seguimiento al desarrollo del proyecto hasta su culminación, adicional a esto se menciona un presupuesto económico necesario para la realizar las reparaciones de los carenajes, es importante tener en cuenta los respectivos manuales como Manual de Reparación y Manual de Técnicas Corrientes que será de gran ayuda al momento de realizar las reparaciones de los carenajes con el fin de preservar su vida útil.

Palabras Claves:

- **REPARACIÓN ESTRUCTURAL**
- **CARENAJES**
- **VIDA ÚTIL**
- **PROCESOS**
- **MANUALES**

SUMMARY

The repair of Helicopter Gazelle SA 342 L BTP and GTM cowlings, focuses on structural repair so that cowlings remain functional since if composite materials are not used it, more structural damage would appear in cowlings affecting its shelf life. There are important issues that contribute to its implementation such as: the operation, tool description, things that will be used when developing the project since they are to be aviation items. The fairing repair will help the aircraft operation preserving its shelf life offering comfort and safety when the aircraft takes off to carry out the tasks presented. Fairing repair process is detailed since it is the most essential for tracking the project development until its completion, besides the financial budget is mentioned for repairing the cowlings, it is important to consider the Repair Manual and Technical Manual that will help when making cowlings repairs in order to preserve its useful life.

KEYWORDS:

- **STRUCTURAL REPAIR**
- **COWLINGS**
- **SHELF LIFE**
- **PROCESS**
- **MANUALS**

Legalized by: MSc. Rosa E. Cabrera T

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

La Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”, Presente en el Cantón Rumiñahui de la Provincia de Pichincha. El presente tema ha sido desarrollado de acuerdo al Manual de Reparaciones (MRR), Manual de Técnicas Corrientes (MTC) para establecer procedimientos a seguirse, los mismos que contiene información sobre: técnicas de mantenimiento, métodos de inspección, procedimientos en reparaciones estructurales, reparación de los materiales compuestos para ello se ha escogido como patrón o guía todas las normas, métodos, prácticas y técnicas señaladas en los manuales técnicos de las aeronaves con la que opera la Brigada de Aviación del Ejército, necesarias para el cumplimiento de las tareas específicas y mantener los más altos estándares de calidad.

La misión del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército, es mantener un alto nivel de calidad, eficiencia y seguridad en la ejecución del mantenimiento a sus aeronaves, motores y componentes, cumpliendo con los procedimientos de mantenimiento que aseguren la Aeronavegabilidad.

Por tal motivo el personal que labora en el taller de estructuras está capacitado para realizar las reparaciones en materiales compuestos ya que las aeronaves de Aviación del Ejército están fabricadas de aleación de aluminio y materiales compuestos de tal manera que los trabajos ejecutados proporcione una reparación de calidad según exige los manuales técnicos del fabricante.

1.2 Planteamiento del problema

La Brigada de Aviación del Ejército N° 15 "PAQUISHA" posee careanjes de la B.T.P y del G.T.M perteneciente al helicóptero Gazelle SA 342L que se encuentra en condiciones inoperables por la fatiga del material, desgastes, condiciones atmosféricas, por el tiempo de vida útil y cada carenaje posee su propio daño como la capa de tela de vidrio y el panel de abeja de tal manera se procede a realizar las respectivas reparaciones utilizando materiales compuestos ya que si no se procede a realizar las respectivas reparaciones perjudicara a la aeronave que no sea operable.

Dando origen a:

- No poder cumplir las misiones a tiempo
- Pérdida de operabilidad de la aeronave/ carenajes.
- Por lo expuesto es necesaria la reparación estructural del carenaje del Helicóptero Gazelle SA 342L perteneciente a la ESCUELA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N° 15 "PAQUISHA", aportando así a la reparación total del carenaje.

1.3 Justificación e Importancia

El trabajo a realizar tiene como propósito que los componentes estructurales del Helicóptero Gazelle SA 342L se encuentren en óptimas condiciones de vida útil brindando la máxima seguridad de vuelo.

De no realizar las reparaciones a tiempo como estipula en la orden de trabajo, los carenajes se van deteriorando por lo tanto las aeronaves no podrán estar operables, se puede decir que el campo de aviación el mantenimiento es constante y por ende sus técnicos determinan sus respectivas necesidades para la actualización de sus conocimientos que día a día se va evolucionando. Como el centro de mantenimiento brinda

inspecciones mayores y menores por lo cual se enfocó a la reparación de los componentes utilizando materiales compuestos.

1.4 Objetivo general

Realizar la reparación estructural de los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L, utilizando materiales compuestos, para asegurar su estado operativo por el mayor tiempo posible; en el taller de estructuras del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE-15).

1.5 Objetivos específicos

- Identificar el tipo de daño en los componentes a ser reparados.
- Seguir los procedimientos de reparación con materiales compuestos como estipula los manuales técnicos.
- Identificar los materiales a ser utilizados para fabricación y reparación de los elementos que poseen materiales compuestos.
- Familiarizarse con el uso de equipo de protección personal en vista que los productos a utilizarse son muy tóxicos.
- Reparación de los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L.

1.6 Alcance

Una vez culminada la reparación del carenaje del Helicóptero Gazelle SA 432L se podrá realizar la respectiva colocación del carenaje en la aeronave de esta manera cubrirá las expectativas trazadas durante la ejecución.

Este proyecto benefició al Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército, aeronave y por ultimo a los carenajes de la B.T.P y del G.T.M con el objetivo de mantener operable y conservar su vida útil.

El siguiente trabajo de investigación va en caminado a obtener amplios conocimientos en el área estructural, ya que nos facilita familiarizar la

enseñanza adquirida durante el periodo académico con lo práctico, así logrando conocer con mayor exactitud lo que es una reparación estructural.

De esta manera también se busca llegar a obtener provecho, tanto de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, como de la comunidad en general que esté interesado a lo que se refiere la carrera de mecánica aeronáutica mención "aviones".

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Desde el comienzo de la aviación han sido usados los materiales compuestos. Madera y la tela ofrecerían las mejores propiedades mecánicas en relación a su bajo peso. Entre los años 20 y 30 del pasado siglo las estructuras metálicas ganaron terreno incluso en la fabricación de aviones grandes. Las aleaciones de aluminio presentaban las mejores propiedades incluso en la fabricación de los primeros reactores (entre los años 40 y 70).

Un material compuesto está formado por dos o más componentes y se caracteriza porque las propiedades del material final son superiores a las que tienen los materiales constituyentes por separado. De tal manera que con el material compuesto utilizada en aviación se obtiene el ahorro de peso estructural como a la vez el ahorro del combustible.

2.2 Presentación de fuselaje

La aeronave está constituida por la estructura principal y la estructura trasera.

2.2.1 Estructura principal

Se compone de la estructura inferior (5) del compartimiento de pasajeros (1) y de la estructura central (4).

2.2.2 Estructura trasera

Consiste en el tubo de cola (3) y la deriva (2).

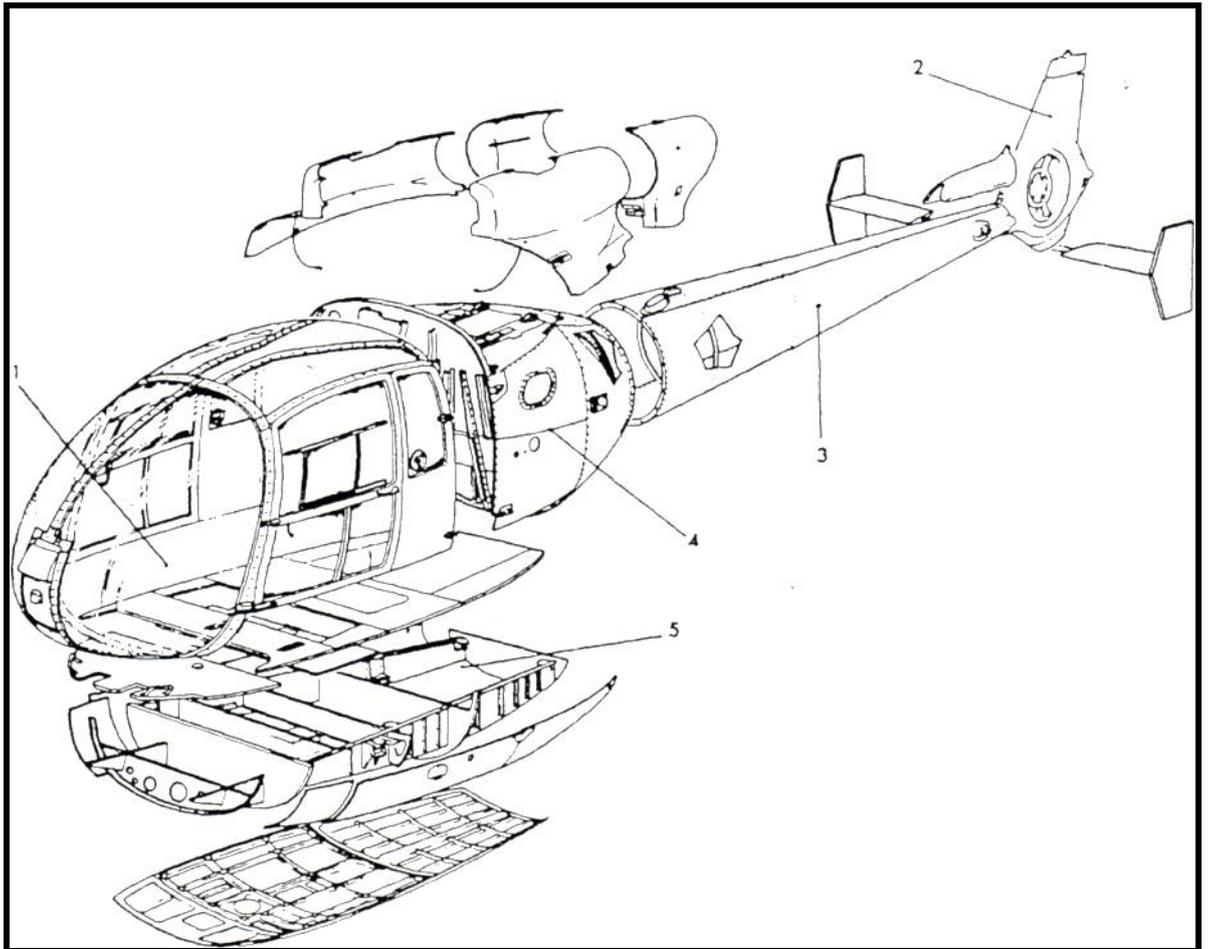


Figura 1. Presentación de partes estructurales

Fuente: Manual de Reparación Helicóptero Galleze SA 342, 1973

2.3 Clasificación de la estructura general

La estructura se presenta en tres clases: primaria, secundaria, terciaria, de la misma manera en cada sección correspondiente tiene la definición de los componentes del fuselaje.

2.4 Definición de los materiales utilizados en los subconjuntos de fabricación del fuselaje

- Aleaciones ligeras
- Laminado
- El laminado NIDA
- Metal NIDA
- Contenidos transparentes

2.4.1 Áreas de construcción de aleación ligera

- Estructura de techo de vidrio (1)
- Estructura puertas delanteras (11), atrás (10)
- Travesaños de la estructura inferior (14)
- Recubrimiento paneles laterales (12)
- Panel inferior (13)
- Reparto antes estructura central (2)
- Reparto posterior (8)
- G.T.M. marco Soporte (7)
- Trasero Posterior (3)
- Marco oblicuo (6)
- Estructura de refuerzo de la estructura del panel central (9)
- Tail boom (5)
- Derivado (4)

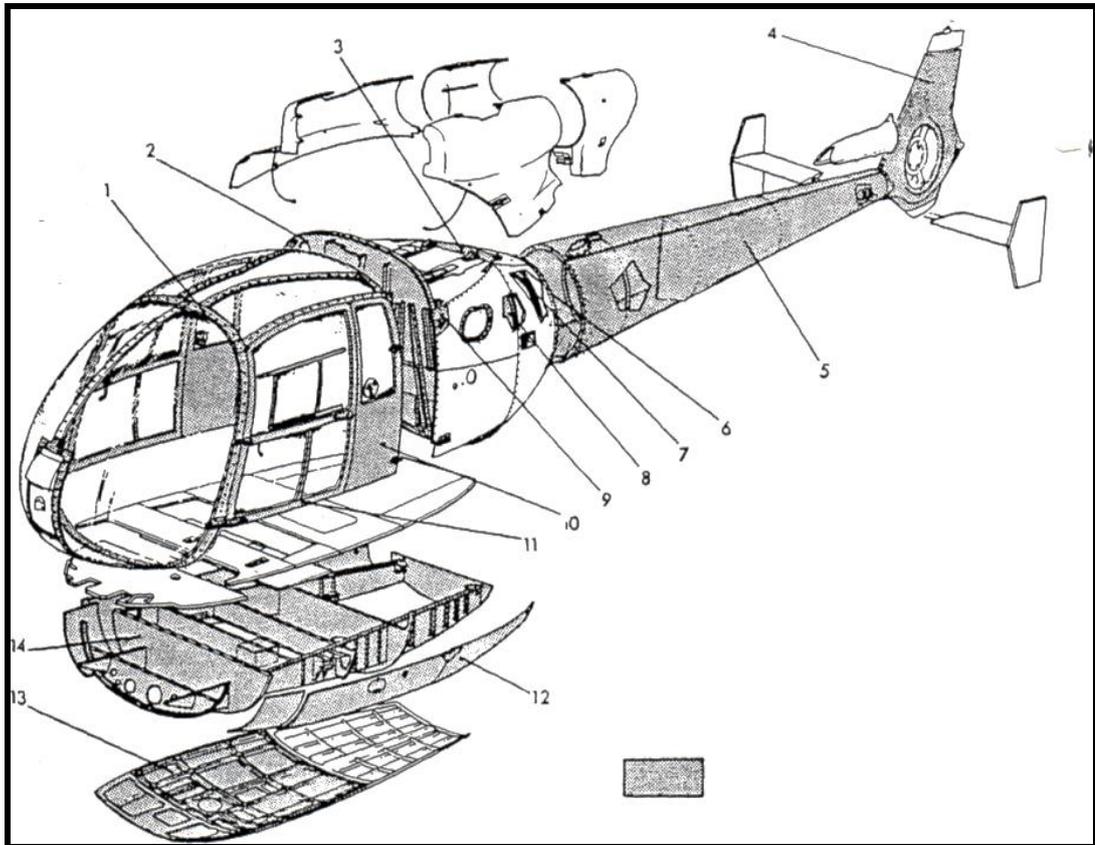


Figura 2. Las áreas de construcción de aleación ligera

Fuente: Manual de Reparación Helicóptero Galleze SA 342, 1973

2.4.2 Zonas de construcción en “NIDA”

NIDA laminado

- Cubre la Construcción BTP (3)
- Cubre GTM (4)

NIDA de metal

- Pisos (7)
- Panel de techo de cabina (1)
- Cubrir la estructura central (6)
- Corredor lanza mensaje (8)
- Planta Mecánica (2)

- Panel superior entre el marco de 3511, 5 y 4431 (5).

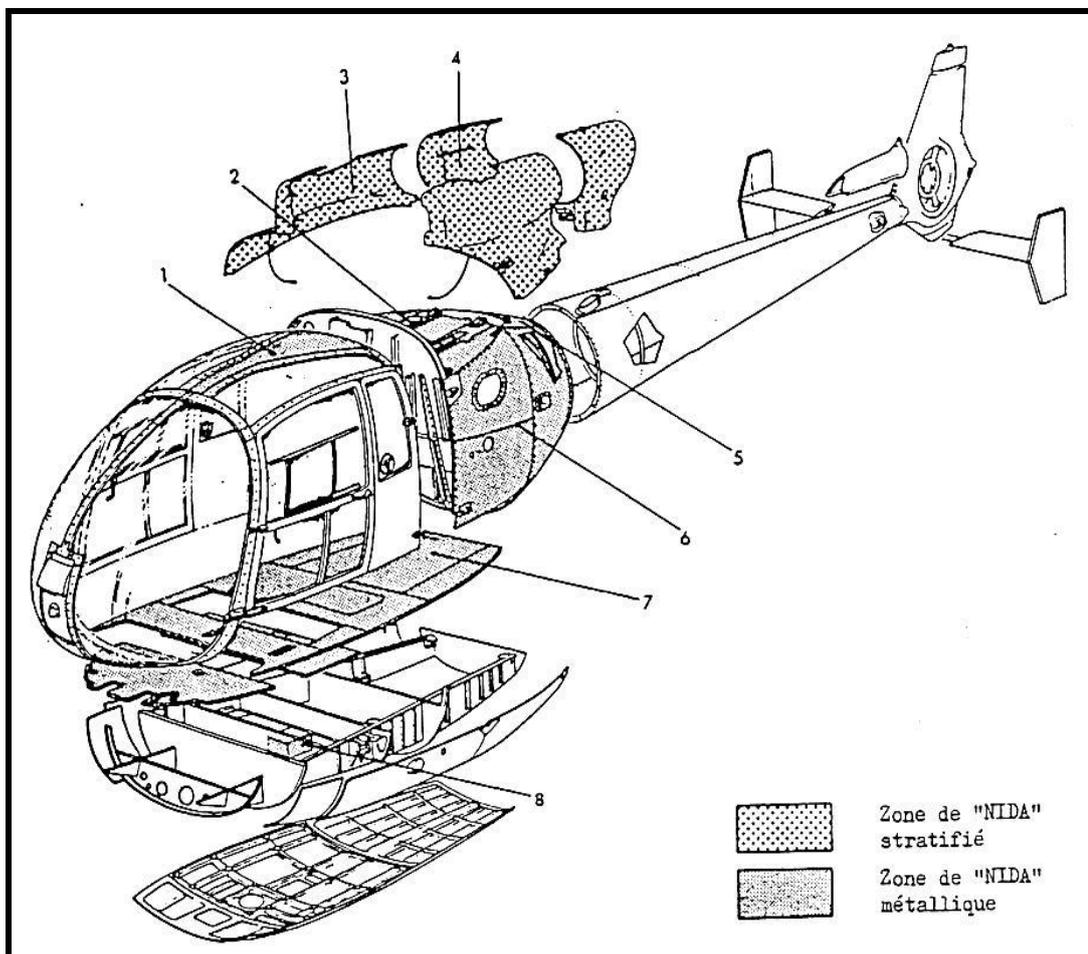


Figura 3. Construcción zonas de "NIDA"

Fuente: Manual de Reparación Helicóptero Galleze SA 342, 1973

2.4.3 Estaciones de la B.T.P y del G.T.M

Estaciones donde se encuentra montada los carenajes de la B.T.P y del G.T.M la primera ref. A 2517,5 a la ref. A35511, 5 ahí se encuentra montada los carenajes de la B.T.P y por último de la Ref. A 4431,5 se localiza a los carenajes del G.T.M.

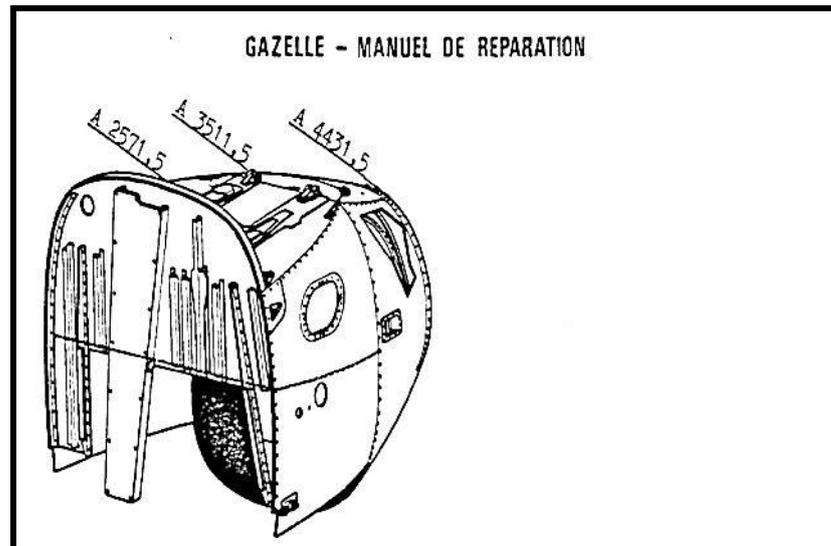


Figura 4. Estaciones de la B.T.P y del G.T.M

Fuente: Manual de Reparación del Helicóptero Galleze SA 342, 1973

2.5 Generalidades de los materiales compuestos

Los materiales compuestos están constituidos por dos elementos estructurales: fibras y material aglomerante. Las fibras son hilos de materiales que poseen muy alta resistencia mecánica, como el carbono y el boro embebidos y entretnejidos en una matriz que sirve de aglomeración de soporte. La matriz es de naturaleza plástica, aunque en aplicaciones para servicio a altas temperaturas pueden ser de naturaleza metálica.

Los materiales compuestos no son absolutamente nuevos si se considera desde el punto de vista estructural. La madera, que fue un material aeronáutico de primer orden, tiene dos elementos estructurales, un blando y el otro duro. Durante la primavera el árbol crece muy aprisa y produce madera blanda. En verano el crecimiento el lento y se produce un anillo de madera muy dura. La naturaleza proporciona un ejemplo excelente de un material resistente, el anillo de verano, que esta embebido en un material poco resistente y que actúa de relleno. La madera es un compuesto natural formado de celulosa (fibras) y resina (matriz). Se entiende por materiales compuestos aquellos formados por dos o más materiales distintos sin que se

produzca reacción química entre ellos. En todo material compuesto se distinguen dos componentes:

- La matriz, componente que se presenta en fase continua, actuando como ligante.
- El refuerzo, en fase discontinua, que es el elemento resistente.

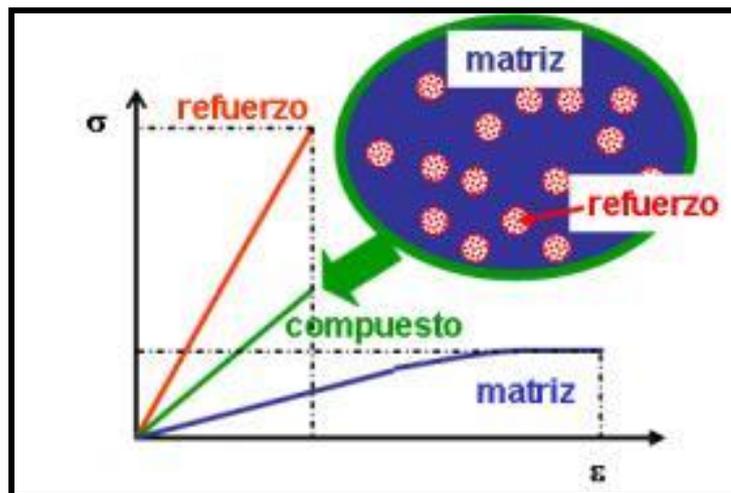


Figura 5. Material compuesto

Fuente: BITZER, 1997

2.6 Característica de material compuesto

1. Mayor rigidez y resistencia específica en comparación con los aceros y aleaciones.
2. Peso reducido entre un 15 y 30% en comparación con las estructuras metálicas.
3. Mayor resistencia a la fluencia en comparación con las estructuras metálicas.
4. Resistencia a la fatiga excepcional.
5. Dependiendo de la matriz utilizando, buena resistencia al calor.
6. Estabilidad dimensional.
7. Sin degradación debido a la corrosión.
8. Resistencia al impacto dependiendo de la naturaleza de los compuestos utilizados.

9. Estructuras complejas, las normas y cálculos de estrés.
10. Técnicas de aplicación sofisticadas.
11. Inexactitudes de perforación.
12. Dificultades de mecanizado.

2.7 Ventajas de los materiales compuestos

Una de las ventajas más importantes de los materiales compuestos es, que el alto coste de las materias primas se compensa con el bajo coste del equipamiento y mano de obra en el proceso de preparación, ensamblado, y aplicación de los materiales compuestos directamente en los elementos de hormigón que se pretenda reforzar o reparar según el caso. Los materiales compuestos pueden operar en ambiente hostiles por grandes periodos de tiempo. Estos materiales tienen grandes periodos de vida bajo fatigas y su mantenimiento y reparación son muy fáciles. Sin embargo, presentan sensibilidad a ambientes hidrotermales, donde existen cambios severos de humedad de la atmosfera, donde durante su vida de servicio.

2.7.1 Aplicaciones de los materiales compuestos en las aeronaves

incluyen:

- Carenados
- Las puertas del tren de aterrizaje
- Vigas de suelo y tablas del piso
- Superficies estabilizadoras (Vertical y horizontal) en aeronaves de gran tamaño.
- Estructura del fuselaje principal y alas en modernas aeronaves de gran tamaño.
- Las aspas del ventilador del motor de turbina
- Hélices

2.7 Fibra

Como su nombre lo dice son hilos para transformar mallas o telas. Una fibra de material compuesto consiste usualmente de una o más fases filamentarias, unidas a una matriz.

2.8.1 Sistemas de fibra

Cuando se combinan con una matriz, las fibras de refuerzo son las que dan la resistencia primaria del compuesto. Existen siete tipos comunes de fibras de refuerzo:

- Fibra de vidrio
- Fibra de carbono
- Fibra de Aramida
- Fibra de Boro
- Fibra cerámica
- Fibra orgánica
- Fibra metálica

Estos materiales básicos pueden ser usados en combinación con otros tejidos híbridos en patrones específicos (ciencia de las fibras), en combinación con otros materiales como espumas rígidas o simplemente en combinación con varios materiales para matriz. Cada compuesto en particular provee ventajas específicas

2.9 Fibras de vidrio

El término fibra de vidrio proviene de la expresión inglesa “fiber glass”, que ha sido adoptada de modo casi textual a nuestro idioma español. Con dicha frase se hace referencia a una suerte de entelado. La fibra de vidrio se obtiene gracias a la intervención de ciertos hilos de vidrio muy pequeños, que al entrelazarse van formando una malla, patrón o trama.



Figura 6. Fibra de vidrio

Fuente: BITZER, 1997

2.10 Características de la fibra de vidrio

Para comprender más hondamente características de la fibra de vidrio, se procede a señalar las propiedades del vidrio. El mismo tiene como rasgos distintivos su **fragilidad, transparencia y también su alta dureza**. Siempre y cuando se lo encuentre en un estado de fundición, entonces podrá ser maleable o manuable. Por otra parte, su temperatura ideal para ser fundido es de 1250°C.

2.10.1 Clasificación según las propiedades de descarga

VIDRIO-E, para aplicaciones generales.

VIDRIO-S, para mayor resistencia y rigidez.

VIDRIO-C, para estabilidad química, resistencia a altas temperaturas.

VIDRIO-M, para muy alta rigidez para hacer un recubrimiento al avión.

VIDRIO-D, para muy baja constante dieléctrica, se encuentra en la fibra óptica no es comúnmente utilizado en aviación.

2.10.2 Tejido de las fibras

- **TAFETÁN (A).**- Distribuyen uniformemente sobre toda la superficie la más utilizada en aviación para realizar reparaciones.
- **ESTERILLA (B).**- Dos sobre dos se distribuyen uniformemente pero en una sola dirección pero su coste son caros.
- **SEMIESTERILLA (C).**- Dos sobre uno uniforme ver en la dirección del tejido.
- **SARGA (D).**- Tres sobre uno impacto fuerza de compresión y de torsión formando una grada.
- **RASO (E).**- Cuatro sobre uno, resistencia a la compresión., recubrimiento de aluminio en vigas no principales que sujetan en el tren de aterrizaje.
- **SATÉN DE ESPIGUILLA (F).**- No se lo realiza con hilos se realizada directamente con filamentos. Proporcionan la mayor resistencia física de todas las formas fibrosas.

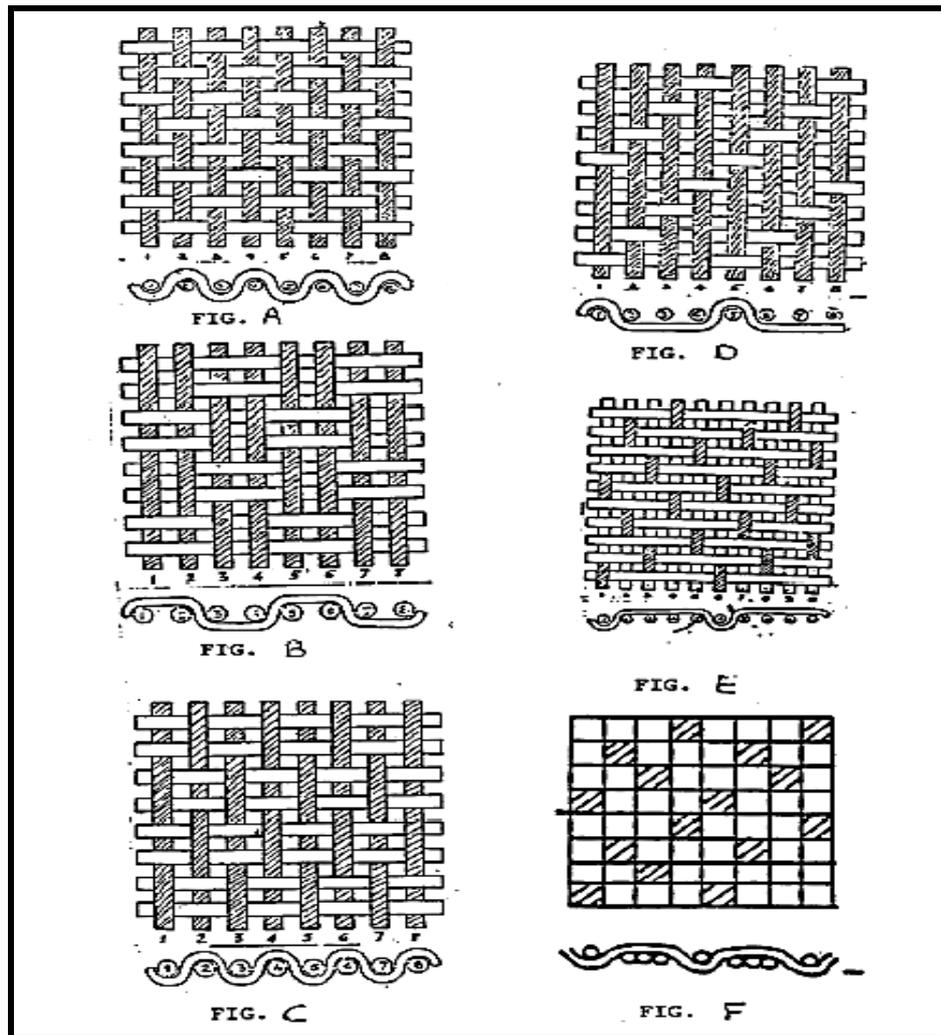


Figura 7. Tejido de las fibras.

Fuente: Santiago Poveda Martínez, 1997

Fibra de vidrio de acuerdo al espesor que corresponde

DHS 216-611-10(0.1mm)

DHS 216-611-20(0.2mm)

DHS 216-611-30(0.3mm)

2.10.3 Formación de Fibras

La fibra de vidrio se forma cuando el vidrio es extruido en muchos filamentos de diámetro pequeño adecuado para el procesamiento textil. La

técnica de calefacción y moldeo de vidrio en fibras finas se conoce desde hace milenios, sin embargo, el uso de estas fibras para aplicaciones textiles es más reciente. Hasta entonces se conocía las fibras de hilos cortados.

2.11 Honeycomb (Panal de abeja)

Honeycomb son estructuras que son fabricadas en la naturaleza o por el hombre que tienen la geometría de un panal para permitir minimizar la cantidad de material para alcanzar el peso mínimo y el costo mínimo de material. La geometría de las estructuras de honeycomb pueden tener extensas variaciones pero todas estas estructuras tienen una característica en común y es que en todas tienen filas con celdas huecas separadas por paredes verticales muy delgadas. Las celdas comúnmente son en forma de columna y con una forma hexagonal.

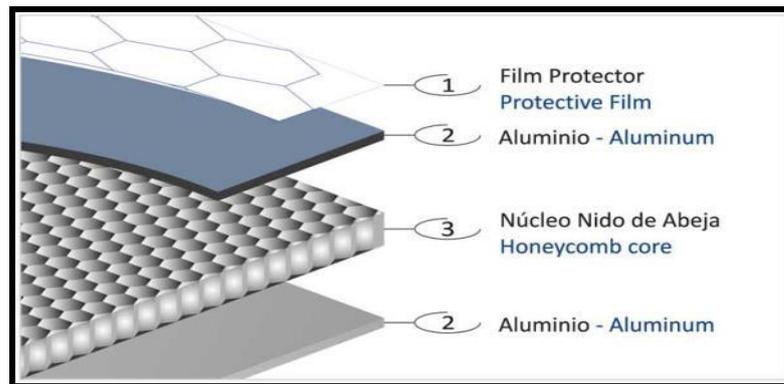


Figura 8. Honeycomb

Fuente: BITZER, 1997

Una estructura hecha con honeycomb provee la menor densidad y buenas propiedades de compresión y cortante. La morfología del núcleo (normalmente hexagonal) se define con los siguientes parámetros:

- El tamaño de la celdilla (diámetro del círculo inscrito en el hexágono).
- El espesor de la lámina.
- La altura del núcleo.
- La densidad.

- La dirección longitudinal, paralela a la línea de nodos (zona de adhesión) también denominada “ribbon direction”.

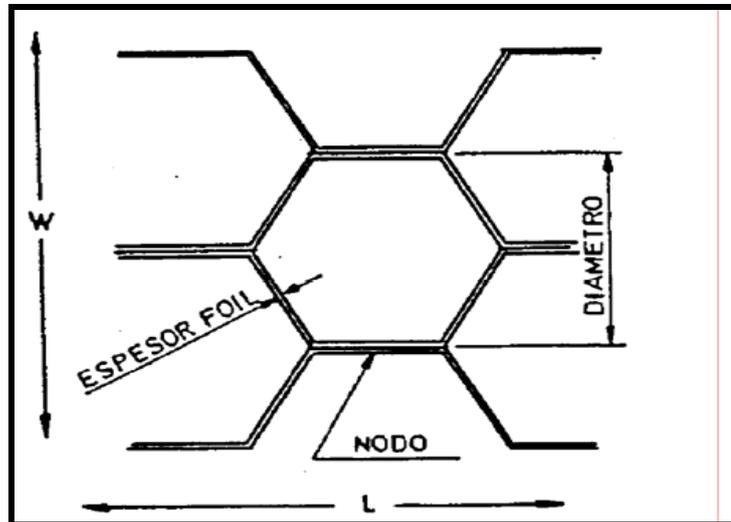


Figura 9. Morfología del núcleo

Fuente: Santiago Poveda Martínez, 1997

2.11.1 Honeycomb fabricado en distintos materiales

Desde 1940 las estructuras honeycomb han sido fabricadas en diferentes materiales, así como la estructura honeycomb puede ser fabricada con casi cualquier hoja plana de algún material. Algunos de los materiales las comunes para su fabricación son:

- Metálicos – aluminio, acero inoxidable, titanio de acuerdo al espesor entre 0.2 y 1,5 mm.
- No metálicos – fibra de vidrio, Nomex, papel Kraft

De hecho es el primer no metálico que tiene el mismo módulo de corte que el aluminio. La aleación más común de aluminio utilizada es el 3003 que se utiliza para el grado comercial. La aleación 2024 es usada para servicios que se encuentran grandes temperaturas, resiste 420°F (216°C), mientras que otras aleaciones de aluminio solo resisten hasta 350°F (177°C)

2.11.2 Tipos de panal de abeja (Honeycomb)

A) Aluminio

La estructura honeycomb fabricada en un material liviano que ofrece una excelente fuerza y resistencia a la corrosión para la industria de la arquitectura y en el transporte. Existe una variedad de grados para diversas aplicaciones del honeycomb fabricado en aluminio.

El grado comercial es una estructura honeycomb de bajo peso y que ofrece fuerza y resistencia a la corrosión y está fabricada con aleación de papel de aluminio. Las características de este material son su resistencia a las llamas, resistencia a la humedad, altamente conductor térmico, soporta temperaturas de hasta 350°F, de bajo peso y gran fuerza. Es utilizado para direccionar flujos de aire o de luz, absorción de energía, herramientas, para techos y pisos, entre otras aplicaciones.

El grado aeroespacial es una estructura honeycomb con un bajo peso que ofrece una fuerza y resistencia a la corrosión superior al grado comercial y está fabricada con aleación de papel de aluminio. Las características de este material es su resistencia a las flamas, excelente resistencia a la humedad y a la corrosión, soporta altísimas temperaturas y es de bajo peso y gran fuerza. Es utilizado para construir pisos de aviones, alas con misiles, cubiertas de ventilador, depósitos de combustible, componentes de fuselaje, palas de rotor de helicóptero, absorción de energía entre otros.

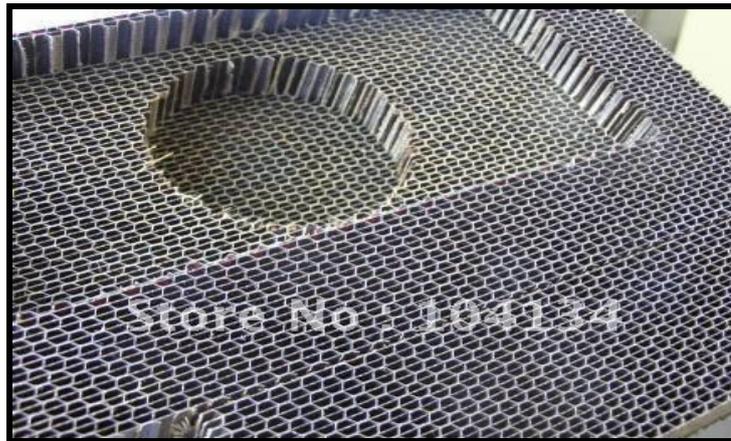


Figura 10. Honeycomb de aluminio

Fuente: BITZER, 1997

Existe otro tipo de estructura de honeycomb fabricada con aleación de papel de aluminio que también ofrece una gran fuerza y bajo peso. Su principal característica contiene mayor desempeño que el utilizado en la industria aeroespacial pero es muy costoso.

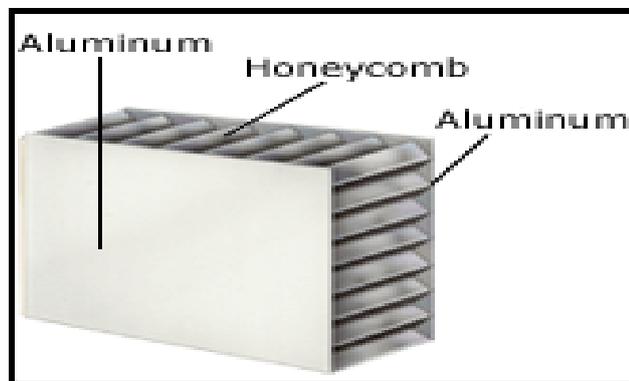


Figura 11. Estructura de honeycomb de aluminio

Fuente: BITZER, 1997

B) Fibra aramida

La estructura honeycomb fabricada con fibra aramida es fabricada por DuPont Nomex® y puede ser recubierta con resinas fenólicas resistentes al calor para gran desempeño en las carreras automovilísticas y aplicaciones aeroespaciales. Existe una variedad de grados para diversas aplicaciones del honeycomb fabricado en fibra de aramida.

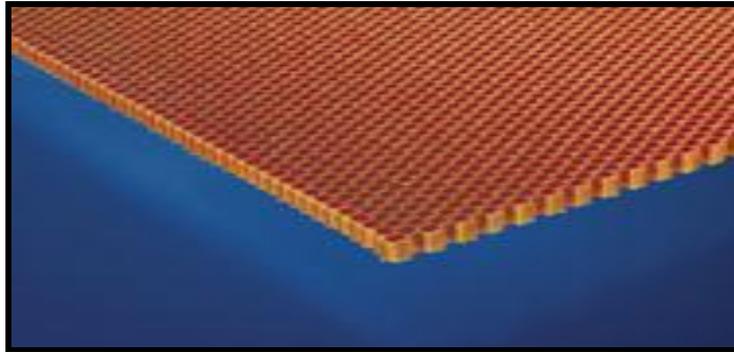


Figura 12. Honeycomb de fibra aramida

Fuente: BITZER, 1997

El grado aeroespacial de fibra de aramida exhibe una espectacular propiedad a las flamas. Sus principales características son su resistencia a la corrosión, resistencia al fuego(se auto extingue), excelente resistencia al peso, excelente aislador eléctrico, excelente aislador térmico, gran dureza, gran rendimiento a la fatiga y a la fluencia, buena estabilidad térmica, compatible con casi todos los compuestos adhesivos, muy baja densidad. Es principalmente utilizado para la industria aeroespacial por ejemplo en la construcción de alas con misiles palas de rotor de helicóptero, para tanques de combustible, para la marina entre otros.

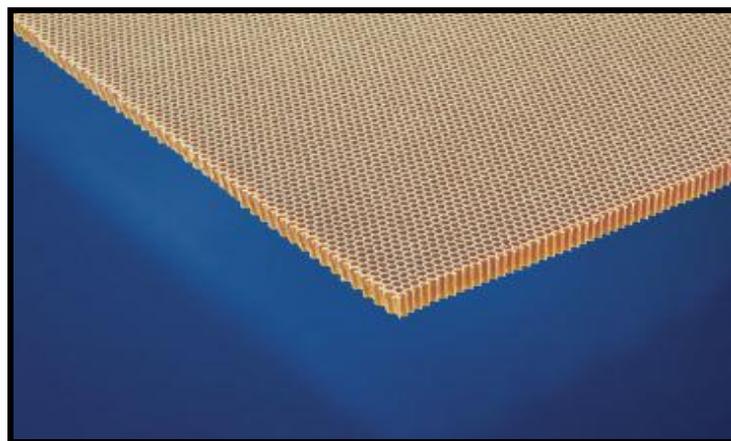


Figura 13. Características de fibra aramida

Fuente: BITZER, 1997

Existe un grado más alto de fibra de aramida que supera las propiedades del grado aeroespacial en un 40%, es extremadamente fuerte, perfecta estabilidad a la temperatura y a la humedad, mejor resistencia a la fluencia, cumple con estrictas normas de humo, toxicidad e inflamabilidad, muy resistente.

C) Acero inoxidable

La estructura honeycomb fabricada con aceros inoxidables es utilizada para herramientas, para mamparos, puertas y pisos de trenes y en todo aquel ambiente hostil en el que se requiera un material resistente y capaz.

Las principales características de este material es su excelente resistencia a la corrosión y a la humedad, es resistente a las flamas y a los hongos.

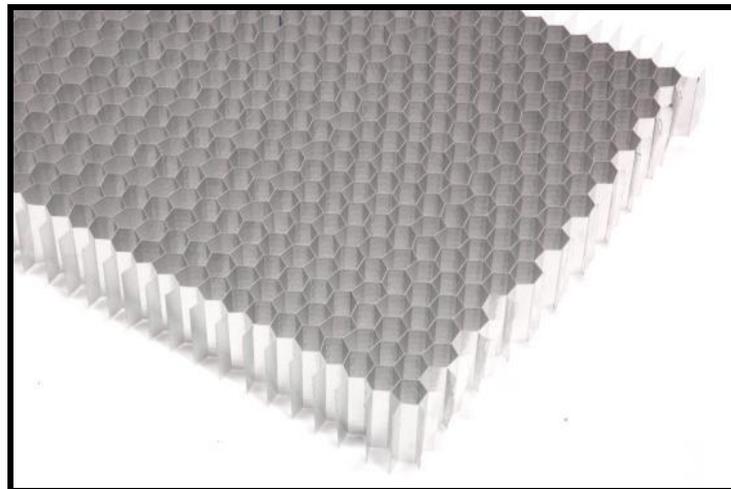


Figura 14. Honeycomb de acero inoxidable

Fuente: BITZER, 1997

Características.- El honeycomb cuenta con características únicas para cada estructura debido a que se fabrica en diferentes materiales, estos no poseen las mismas características físicas y propiedades mecánicas, entonces las propiedades de una estructura honeycomb vienen directamente relacionadas con el material con el que se fabrica. Algunas de las

propiedades más comunes a mencionar después de un exhaustivo estudio de todos los materiales con los que se fabrica son las siguientes.

- Excelente resistencia a la compresión
- Buena resistencia al esfuerzo cortante.
- Extremadamente ligero
- En algunos materiales como el polipropileno no absorbe el agua lo cual lo hace excelente para construcciones expuestas a la humedad
- En algunos materiales el honeycomb es totalmente resistente a la corrosión, a las sales, a los hongos y a la humedad
- Es una excelente estructura para la absorción de energía como las vibraciones y el sonido.
- Resistente a la fatiga incluso con grosores de tamaño pequeño
- Excelentes propiedades bajo la acción de calor.
- Una de las ventajas más importantes es que en la mayoría de los materiales en que se construye son reciclables
- Es fácil de cortar, pegar, soldar, manejar, amoldar, entre otros.

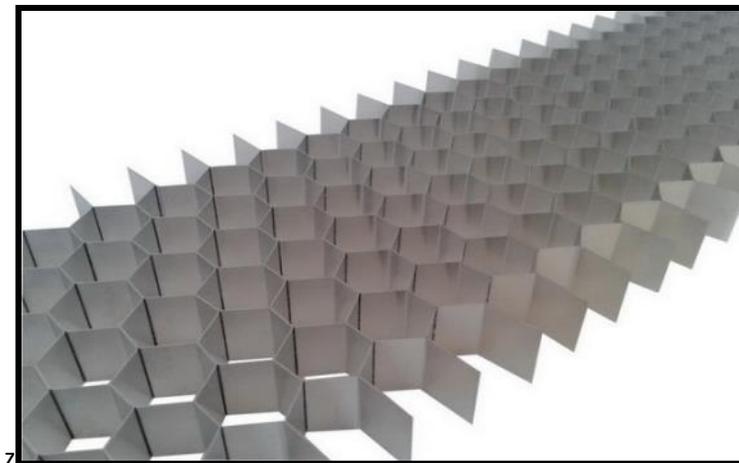


Figura 15. Características de acero inoxidable

Fuente: BITZER, 1997

2.11.3 Construcción Sándwich

Se llama la construcción en sándwich la estructura de material compuesto que está formada por dos láminas pegadas, a un núcleo interior y separado

por este. El núcleo puede tener formas geométricas, precisa, o bien un relleno continuo de material más o menos rígido en forma de esponja. El primer tipo, con núcleo de forma alveolar, es la construcción más usada en aviación comercial para paneles de pisos y superficies de control de vuelo.

Las dos láminas que se pegan al núcleo pueden estar hechas de cualquier material, normalmente en aviación son de aluminio, fibra de vidrio o de carbono. La construcción más utilizada en aviación tiene la forma de panal de abeja, hecho de cerdillas de aluminio de resina fenólicas. También, se puede decir, que el núcleo puede ser de esponja de material situado entre las placas.

Las placas del sándwich soportan de las cargas que imponen la flexión de la estructura en vuelo (la carga compresiva y de tracción) mientras que el núcleo soporta los esfuerzos de cortadura. El núcleo soporta también las cargas de compresión que actúan perpendicular a él. Se comprende que la unión perfecta de las placas es un factor decisivo en el éxito estructural de este conjunto.

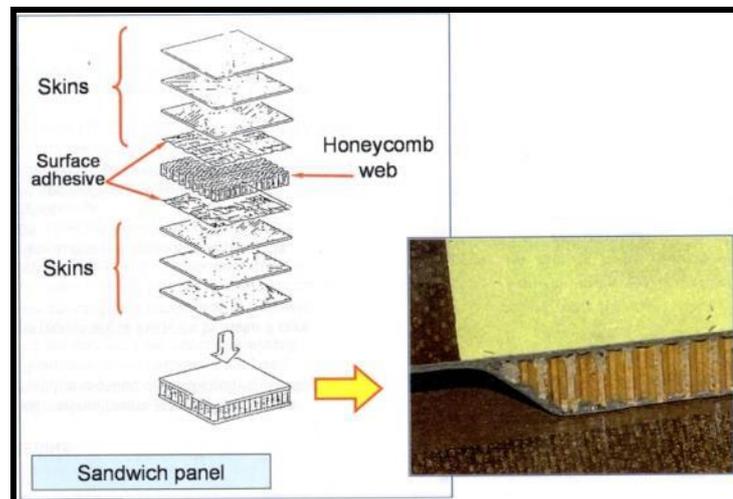


Figura 16. Construcción sándwich

Fuente: Eurocopter Training Services, Iss.05-2008

2.12 Resina epoxi

Son de las más empleadas para conjuntos estructurales aeronáuticos por su buena característica de adhesión a las fibras, no así para interior de la cabina porque se queman originando grandes humos. Para mejorar sus prestaciones, se modifican sus propiedades para adecuarse al uso específico como su temperatura de transición vítrea, tiempo endurecimiento, viscosidad, dureza, etc.

2.13 Adhesivo Hysol EA 9396

Hysol EA 9396 es una baja viscosidad, temperatura ambiente de curado sistema adhesivo con excelentes propiedades de resistencia a temperaturas de -67 ° F a 350 ° F (-55 ° C a 177 ° C). Hysol EA 9396 tiene una vida útil de un año cuando almacenado @ 77 ° F / 25 ° C para los componentes separados.

2.13.1 Características

- Baja viscosidad
- Habitación Temperatura de almacenamiento
- Alta resistencia a altas y bajas temperaturas

2.13.2 Producto

Hysol EA 9396 adhesivo es un compuesto que se cura a temperatura ambiente después de mezclar dos partes de componentes.

Parte A base, pasta de epoxi azul.

Parte B endurecedor, líquido marrón.

2.13.3 Mezcla

Este producto requiere la mezcla de dos componentes juntos justo antes de la aplicación a las partes para ser en condiciones de servidumbre. La

mezcla completa es necesaria. La temperatura de los componentes separados antes de la mezcla no es crítico, pero debe estar cerca de la temperatura ambiente (77 ° F / 25 ° C).

Relación de mezcla	Parte A	Parte B
Por Peso	100	30

2.13.4 Aplicación

Combina las Partes A y B en la proporción correcta y mezclar bien esto es importante! La acumulación de calor durante o después de la mezcla es normal. No mezclar cantidades superiores a 450 gramos como peligrosos la acumulación de calor puede ocurrir causando la descomposición incontrolada del adhesivo mezclado. Emanaciones tóxicas pueden ocurrir, como resultado lesiones personales. La mezcla de cantidades más pequeñas minimiza la acumulación de calor.

2.13.5 Aplicando

Superficies de unión deben estar limpias, secas y bien preparadas. Para la preparación óptima de la superficie consulte la Guía de Preparación de Superficie Hysol. Las piezas pegadas deben mantenerse en contacto hasta que el adhesivo está ajustado. Manejo de fuerza para este adhesivo se producirá en 24 horas @ 77 ° F / 25 ° C, después de lo cual el apoyo herramientas o presión utilizada durante el curado pueden ser quitados. Dado que la fuerza de unión total aún no se ha alcanzado, aplicación de la carga debe ser pequeña en este momento.

2.13.6 Curación

Este adhesivo se puede curar durante 3 a 5 días @ 77 ° F / 25 ° C para lograr un rendimiento normal.

Se pueden usar curas acelerados de 1 hora @ 150 ° F / 66 ° C.

2.13.7 Limpiar

Es importante para eliminar el exceso de adhesivo del área de trabajo y el equipo de aplicación antes de que endurezca. El alcohol desnaturalizado y muchos disolventes industriales comunes son adecuados para la eliminación sin curar adhesivo. Consulte la información de su proveedor relacionada con el uso seguro y adecuado de disolventes.

2.14 Norma ASTM

ASTM, la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales Las normas de ASTM International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. Son unos de los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día

Comités técnicos de ASTM

- **Materiales varios**

D30 Materiales compuestos

Es un nuevo método de prueba brinda instrucciones sobre el modo de alcanzar la temperatura de transición vítrea en compuestos reforzados con fibra continua para determinar si el material utiliza frecuentemente para indicar la temperatura de uso más alta de los materiales compuestos, así como para el control de calidad de dichos materiales.

D14 Adhesivos

Esto nos indica que el material adhesivo soportara altas temperaturas será un nuevo recurso importante para cualquiera que trabaje.

D20 Plásticos

El compostaje ofrece una alternativa beneficiosa para soportar a la resina y no contaminar el medio ambiente para el final de la vida útil de los productos plásticos.

- **Tema varios**

E08 Fatiga y fractura

Muchas estructuras, como las de los aviones u otros vehículos de peso ligero, están hechas de materiales estructurales delgados y dúctiles que presentan una baja constricción de frente de grieta, lo que permite que haya una extensa cadencia plástica del material alrededor del frente de la grieta. Sin embargo, muchas de las normas actuales como la Método de prueba para determinar la tenacidad a la fractura. Método de prueba para medir la tenacidad a la fractura, se desarrollaron para utilizarse en el caso de materiales gruesos y quebradizos, en condiciones de deformación o de materiales gruesos y dúctiles que estuvieran bajo condiciones de alta constricción que rodearan el frente de la grieta.

E11 Calidad y estadística

El Manual de control estadístico de la calidad de AT&T expresa “Se denomina capacidad del proceso al comportamiento natural de éste luego de la eliminación de las perturbaciones anormales”. El manual enfatiza que un estudio de la capacidad del proceso es una investigación sistemática de éste en la que usan gráficos de control para determinar su estado de control, se inspecciona cualquier falta de control para determinar su causa y se toman medidas para eliminar todo comportamiento no aleatorio cuando se justifique desde el punto de vista de la economía o de la calidad.

- **Materiales para aplicaciones específicas**

F11 Aspiradora

Cumple una función de eliminar/ absorber todo tipo de suciedad.

F12 Sistemas y equipos de seguridad

Es el equipo indispensable para trabajar con materiales compuestos ya que esto nos ayuda a prevenir lesiones a futuro.

F24 Juegos mecánicos y maquinarias relacionadas

Al momento de trabajar con maquinarias debe estar precavida ya que se puede sufrir lesiones durante el proceso.

F29 Equipos respiratorios

El sistema respiratorio es una de las partes más vulnerables de nuestro organismo y puede verse seriamente dañado al respirar en un recinto o al momento de trabajar con materiales compuestos.

2.15 Ficha de datos de seguridad

- **Medidas de primeros auxilios**

Inhalación: Muévase al aire fresco. Si no hay respiración, darle artificialmente. Si la respiración es difícil, proceda a dar oxígeno. Si se manifiesta y persisten los síntomas obténgase atención médica.

Contacto de la piel: Quitar la ropa y el calzado contaminados. Lavase con abundante agua y jabón. Si una persona presenta síntomas de irritación en la piel consulte a un médico.

Contacto con los ojos: Enjuagar inmediatamente con abundante agua, de igual manera debajo de los párpados, por lo menos durante 15 minutos. Obtenga atención médica.

Ingestión: No provocar vómitos. Obtenga atención médica.

- **Manejo y almacenamiento**

Manejo: Evite el contacto con los ojos y la piel. Lavase después del manejo. Evite respirar los vapores de este producto.

Almacenamiento: Mantenga el envase bien cerrado en un lugar fresco, bien ventilado coloque lejos de materiales incompatibles.

- **Equipo de protección individual**

Indicaciones acerca de la estructuración de las instalaciones técnicas:

Proveer ventilación de extracción local y general para eliminar efectivamente y prevenir la acumulación de cualquier vapor o neblina generada por la manipulación del producto.

Protección respiratoria: si la ventilación no es suficiente para prevenir la acumulación del aerosol, niebla o vapores se debe proveer protección respiratoria adecuada.

Protección de los ojos: Anteojos de seguridad o lentes con viseras laterales protectores.

Protección de la piel y del cuerpo: Usar guantes impermeables para contacto prolongado. Se recomienda usar delantal y botas impermeables.



Figura 17. Hysol EA 9396

Fuente: Eurocopter Training Services, Iss.05-2008

2.16 Microbalón

Son “micro “esferas huecas por dentro, muy ligeras en su peso, mezcladas con resina generan mayor viscosidad tienen muchos usos, siempre mezcladas con resina la mayor importancia es que casi no ganan peso por ende la reparación tampoco cuesta lijarlas.



Figura 18. Microbalon

Fuente: Eurocopter Training Services, Iss.05-2008

2.17 Materiales Fungibles al momento de la terminación de la reparación

2.17.1 Cinta de sellado

La cinta adhesiva se compone de dos elementos, uno es el soporte y el otro es la que contiene el adhesivo. El soporte puede estar hecho por una película plastificada, papel, tela u hojas metalizadas, su finalidad es otorgar flexibilidad y facilidad de manejo al aditivo.

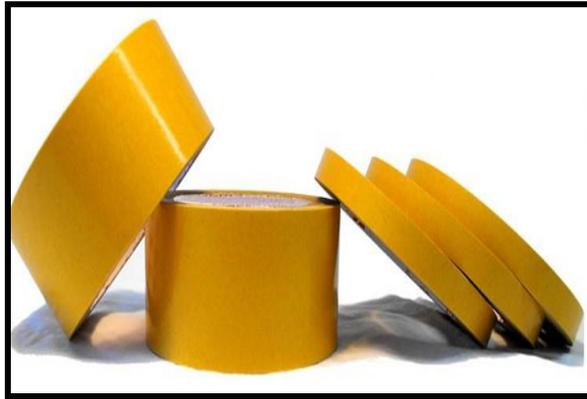


Figura 19. Cinta de sellado

Fuente: Eurocopter Training Services, Iss.05-2008

2.17.2 Tela paraguas

La tela paraguas se utiliza para evitar el apego entre el laminado y las capas de drenaje. Se permite que el exceso de resina para purgar hacia las capas de drenaje. Ellos ligeramente adhieren a las superficies de los tejidos mientras que proporciona una protección temporal antes de pintar o de unión. Una película de Teflón perforada o no perforada se puede colocar entre la tela de la cáscara y la capa de drenaje, respectivamente, para limitar o prevenir, resina sangrado de la capa drenaje.



Figura 20. Tela paraguas

Fuente: Eurocopter Training Services, Iss.05-2008

2.17.3 Capa Drenaje

Las fibras sintéticas utilizadas para agotar materiales gaseosos. El vacío es entonces distribuido de manera uniforme sobre la pila. Capas de drenaje de absorber el exceso de resina o de flujo. Estos productos se caracterizan por su capacidad de absorción, que se expresa en gramos de resina por metro cuadrado.



Figura 21. Capa drenaje

Fuente: Eurocopter Training Services, ISS.05-2008

2.17.4 Bolsa de vacío

Es la parte implícita para realizar la reparación ya que la resina es muy resistente.

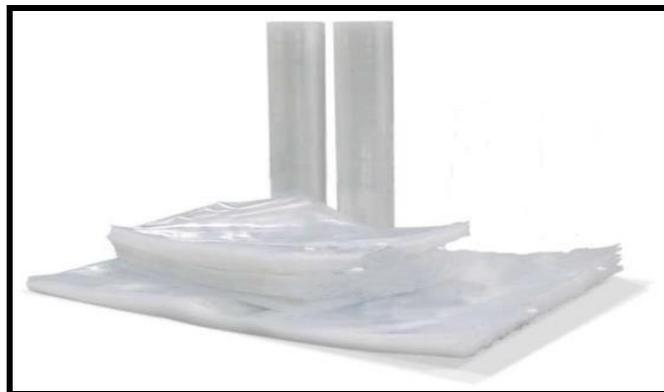


Figura 22. Bolsa de vacío

Fuente: Eurocopter Training Services, Iss.05-2008

2.17.5 Plástico perforado

Consiste en que la resina pase por los agujeros que existes en el mismo al momento de absorber el aire.



Figura 23, Plástico perforado

Fuente: Eurocopter Training Services, Iss.05-2008

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Adecuación del Sitio de Trabajo

Para efectuar el trabajo el carenaje fue trasladado por los técnicos al taller de estructuras conjuntamente con la orden de trabajo para dar su respectiva reparación al componente del Helicóptero Gazelle SA 342L.



Figura 24. Adecuación del sitio de trabajo

3.2 Reparación

Para realizar el trabajo se toma la mejor decisión que va encaminado en la reparación de dichos componentes de tal manera se precede a la verificación de los daños en los carenajes, porque en el manual de reparación nos menciona que no debe exceder el 70% del daño total en los carenajes. Con la finalidad de conservar la vida útil de los mismos, para lograr el propósito planteado durante la realización de la reparación será necesario la utilización de manuales, herramientas, equipos, tiempo y la supervisión de un técnico con experiencia de la sección de estructuras.

3.2.1 Manuales, herramientas y equipos a utilizar

Para llevar a cabo la reparación de los carenajes es recomendable utilizar el manual reparaciones del Helicóptero Gazelle SA 342L y el manual de técnicas corrientes en los cual se encontró la información necesaria referente al reparación de los carenajes de la B.T.P y del G.T.M acompañados de las herramientas adecuadas, las mismas que se encuentran en el taller de estructuras estarán la lijadora neumática, cortadora, entre otros.

Detalle de las herramientas y materiales a ser utilizados en la reparación

Tabla 1.

Herramientas

N.-	HERRAMIENTAS
1.	Tijera
2.	Regla
3.	Lápiz
4.	Disco de corte
5.	Lijadora neumática
6.	Lijas de agua N°80
7.	Lija de agua N°180
8.	Lija de agua N° 400
9.	Espátula
10.	Cinta adhesiva
11.	Tela pañal
12.	Brocha 1plg.
13.	Compas
14.	Aspiradora

Tabla 2.

Equipos de Protección Individual

EPI (EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL)	
N°	
1	Overol
2	Guantes quirúrgicos (Nitrilo)
3	Guantes de pupo
4	Gafas
5	Tapones de oídos
6	Mascarilla con filtro
7	Zapatos de punta de acero o impermeable
8	Delantal

Tabla 3.

Número de parte de los carenajes

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
341A24-0010-09	CARENAJE BTP DERECHO
341A24-0010-0851	CARENAJE BTP IZQUIERDO
341A58-0050-01	CARENAJE GTM DERECHO
341A58-0050-02	CARENAJE GTM IZQUIERDO

Tabla 4.

Listado de los daños encontrados en los carenajes de la B.T.P y del G.T.M

LISTADO DE DAÑOS ENCONTRADOS EN LOS CARENAJES B.T.P Y G.T.M			
Carenaje	Daño	Piel	Núcleo
			

		Honeycomb	
B.T.P	7*5 cm	✓	X
	8*7cm	✓	X
	10*9cm	✓	X
	13*10cm	✓	X
	6*8cm	✓	X
G.T.M	4*4cm	✓	X
	9*5cm	✓	X
	6*6cm	✓	X
	14*6cm	✓	X
	30*8cm	✓	X
	32.5*19cm y 1cm de espesor	✓	✓

NOTA: Tomar en cuenta que en todos los daños sufridos los carenajes del helicóptero Gazelle SA 342L se coloca una capa de refuerzo

3.2.2 Reparación de Panel de Abeja Estratificada

Despegadura de Tejido

3.2.3 Procedimiento

3.2.3.1 Identificación del daño

El primer paso se lo verifica a través del tapping (golpe) con un cilindro suave la parte que se puede visualizar a simple vista, para ejecutar una reparación de laminación del recubrimiento inscrita en un círculo de diámetro igual o inferior a 100 mm, esto nos indica que no se puede sobrepasar de los rangos establecidos en el manual de reparación se procese a realizar, seguidamente con una regla y un lápiz se lo raya formando una figura geométrica(rectángulo, círculo), posteriormente alrededor de lo mencionado se lo coloca la cinta de adhesiva con el objetivo de proteger la parte sobrante al momento de realizar el lijado.

NOTA: Si el desprendimiento es parte de un círculo de diámetro superior a reparar un 100 mm se aplicará a la EUROCOPTER servicio técnico con los detalles y la descripción necesarios del tema una reparación.



Figura 25. Identificación del daño



Figura 26: Trazamiento del daño ocasionado



Figura 26. Colocación de la cinta adhesiva

3.2.3.2 Cortar el tejido arrancado sin deteriorar el “NIDA”

Una vez realizado la identificación del daño se procede a cortar el tejido alrededor de lo señalado utilizando un disco de corte, se debe realizar el corte con precaución esto incluye sin deteriorar el panal de abeja ni tratar de poner el dedo alrededor de la capa de tela afectada al momento de realizar el trabajo.



Figura 27. Delimitación del Daño

3.2.3.3 Ligar el Revestimiento

Ligar en unos 30mm alrededor del agujero con papel abrasivo N° 180 con el objetivo de quitar la pintura que se encuentra en el revestimiento.



Figura 28. Lijar el Revestimiento

3.2.3.4 Limpiar el Revestimiento

Limpiar el revestimiento con trapo limpio empapado de mec, para eliminar todo tipo de suciedad que se encuentra alrededor de lo lijado asegurándose una buena impregnación al momento de colocar de la tela de vidrio.



Figura 29. Limpiar el Revestimiento

3.2.3.5 Corte de la Tela de Vidrio

El número de tejidos que consistía el daño debe ser remplazado por 2 pliegues (2 capas) porque la reparación ejecutada consiste en una reparación del revestimiento exterior de tal manera se procede a cortar la tela de vidrio con una tijera con las dimensiones ya mencionadas, evitando así el desperdicio de la tela de vidrio conjuntamente con el plástico con una dimensión más grande.



Figura 30. Corte de la tela de vidrio

3.2.3.6 Preparación de la Resina

Para realizar la preparación de la resina consiste en 2 elementos principales la pega HYSOL EA 9396 se considera la parte A y el acelerante la parte B esto tiene un porcentaje de la mezcla 100/30 lo cual la mezcla dura 7 minutos.



Figura 31. Preparación de la resina

3.2.3.7 Untar la tela de vidrio con resina

Se lo vierte alrededor de la tela empapado por completo con un pincel limpio o una espátula , seguidamente se lo cubre con el plástico con una espátula se extrae las burbujas que se encuentren dentro de la tela cubierta con el mismo el método de realizar se lo hace de adentro hacia afuera.



Figura 32. Untar la tela de vidrio con resina.

3.2.3.8 El Pre impregnado de la Tela de Vidrio

Se lo coloca alrededor de la parte dañada un poco de resina con un pincel limpio o con una espátula para que la tela de vidrio se impregne sin dificultad, al momento de la colocación de la tela se retira el primer plástico posteriormente se lo coloca en la parte dañada, se lo moldea hasta cubrir el orificio pulido y al final se lo retira el segundo plástico.



Figura 33. El pre impregnado de la tela de vidrio

3.2.3.9 Quitar el exceso de resina

Esto influye en que se debe tener cuidado con expulsar bien el aire entre la tela y la pieza a reparar la resina, seguidamente se procede a colocar la tela paraguas con el objetivo de absorber toda la resina restante que se encuentra alrededor del revestimiento reparado con una cinta adhesiva que se coloca cubriendo todo la reparación formando una fuerza evitando el desprendimiento de la tela de paraguas logrando una reparación de buena calidad



Figura 34. Colocación de la tela paraguas

3.2.3.10 Finalización:

Para culminar la reparación al siguiente día se lo retira la cinta de adhesiva y la tela paraguas. Después de pegamento de polimerización, lijar con papel de abrasivo N° 180, el excedente de resina que puede haber quedado sobre la reparación.

3.2.4 Reparación de una Perforación con Destrucción del “NIDA”

3.2.4.1 Cortar Regularmente el Revestimiento

Consiste en cortar con un disco de corte alrededor del revestimiento para retirar la capa de tela de vidrio dañada.



Figura 35. Corte de capa de tela dañada

3.2.4.2 Ligar alrededor del revestimiento

Ligar en unos 30mm alrededor del orificio con papel abrasivo N° 180 para quitar la pintura de tal manera se procede a realizar la lijada cuidadosamente.



Figura 36. Lijar alrededor del revestimiento

3.2.4.3 Cortar el trozo de Nida deteriorado y preparar el nuevo elemento de Nida

Cortar el trozo de panal de abeja deteriorado, en la zona a reparar y preparar el elemento de panal de abeja necesario para la reparación las medidas fueron 32.5*19 y el espesor de 1cm



Figura 37. Cortar el trozo de Nida deteriorado y preparar el nuevo elemento de Nida.

3.2.4.4 Preparación de la Resina

Para realizar la preparación de la resina consiste en 2 elementos principales que son la pega HYSOL EA 9396 se considera la parte A y el acelerante la parte B esto tiene un porcentaje de la mezcla 100/30 en consecuencia a las dimensiones mencionada se procede a preparar la resina con un porcentaje del 100g de la parte A y 30g de la parte B.



Figura 38. Preparación de la resina

3.2.4.5 Aplicación de la resina sobre la Nida

Aplicar de la resina sobre del Nida que estará en contacto con el revestimiento no dañado para obtener una mejor impregnación durante la reparación.



Figura 39. Aplicación de la resina sobre la Nida

3.2.4.7 Cortar una pieza la tela de vidrio

Cortar la tela de vidrio según su dimensión se aplica solo 1 capa del mismo como nos indica en el manual de reparación ya que consiste es una reparación del revestimiento interno se impregna la resina y aplicar sobre la nida con una brocha y su respectivo retiro del plástico y de la cinta adhesiva.



Figura 40. Colocación de la tela de vidrio en la nida.

3.2.4.6 Introducir la Nida en el Orificio

Al momento de introducir la Nida se debe mantener hasta la polimerización de 3 a 4 horas, tomar en cuenta que alrededor del orificio hay que rellenarlo con microbalón al momento de la colocación de la Nida que se impregné de la mejor manera.



Figura 41. Introducir la Nida en el orificio

3.2.4.8 Reparación al Vacío

Colocación de la tela paraguas, tela perforada, tejido de drenaje y el plástico que cubre alrededor de la reparación con una dimensión más larga de la tela de vidrio alrededor de la reparación, se sella completamente alrededor con la cinta doble face para evitar la fuga de aire. La presión que ejecuto al momento de absorber el aire fue de 6 psi o 0.4bar



Figura 42. Reparación al Vacío

NOTA: Se debe tomar en cuenta que esta reparación se lo hizo al vacío ya que es una reparación con mayor daño estructural con el objetivo de que la reparación sea de mejor calidad.

3.2 Pruebas Operación

Se realiza las pruebas operacionales para comprobar si aparecen las burbujas de aire en el interior del revestimiento a través un tapping (golpe) en las zonas reparadas que pueden aparecer al momento de la operación y tomar las medidas correctas a fin de solucionar el problema y proporcionar una reparación factible a los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L, totalmente operable.



Figura 43. Prueba de operación

3.4 Presupuesto

El presupuesto que se presentó en el anteproyecto no es el presupuesto real que se utilizó en la reparación de los carenajes llegando a tener variaciones durante el proceso de reparación.

3.4.1 Análisis de Costos

Para la reparación de los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L, se llegaron a obtener costos primarios y costos secundarios que a continuación se detalla:

3.4.1.1 Costos Primarios

Tabla 5.

Costos Primarios

N°	DETALLE	CANT.	V/U	V/T
	Brocha de 1 Pulg.	02	3.00	6.00
	Tijeras	01	3.00	3.00
	Regla graduada flexible	01	3.50	3.50
	Lápiz	01	1.00	1.00
	Mascarilla 3M	03	6.00	6.00
	Guantes quirúrgicos	01 caja	23.00	23.00
	Protectores de oídos	01	15.00	15.00
	Cinta adhesiva	2	7.20	14.40
	Tela de Vidrio	01mt	200	200
	Tejido de arranque	01	5	5
	Tela Perforada	01	5	5
	Tejido de drenaje	01	5	5
	HYSOL EA 9396	1kit	200	200
	Cetona (MEC)	1litro	5	5
	Plástico	01	5	5
	Panal de abeja	1	50	50
TOTAL			USD	546.90

3.4.1.2 Costos Secundarios

Tabla 6.

Total costos secundarios

CANTIDAD	MATERIAL	V/U	V/T
1	Anillados	15.00	15.00
2	Empastados	20.00	20.00
3	Alimentación	60.00	60.00
4	Transporte	130.00	130.00

5	Varios	100.00	100.00
TOTAL		USD	325.50

3.4.1.3 Costo total del proyecto de grado

Tabla 7.

Total costos del proyecto de grado

N	DETALLE	VALOR TOTAL
1	Gastos Primarios	USD 546.90
2	Gastos Secundarios	USD 325.00
TOTAL		USD 871.90

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó la identificación del daño a los carenajes de la B.T.P y del G.T.M del Helicóptero Gazelle SA 342L, obteniendo como resultado daños estructurales tanto en la parte interior como en la parte exterior del componente.
- Antes de iniciar los trabajos de reparación estructural de los carenajes averiados del Helicóptero Gazelle SA 342L, se recopiló gran cantidad de información, la misma que fue estudiada y analizada detenidamente antes de realizar los trabajos de reparación la cual se encuentra detallada en el capítulo III.
- El éxito que se obtuvo en la reparación de los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L se realizó siguiendo las instrucciones del Manual de Reparación (MRR) y el Manual de Técnicas Corrientes (MTC), utilizando equipo de protección individual.

4.2 Recomendaciones

- Es importante como primer paso, la identificación del daño que sufrieron los carenajes del Helicóptero Gazelle SA 342L se dé a reconocer detalladamente, de manera que cumplan con los parámetros que nos indica el manual.
- Toda información recopilada sobre dicho tema se recomienda clasificar y familiarizar en lo que nos ayudaría a realizar la reparación con el afán de obtener buenos resultados durante la operación.

- Antes de un procedimiento de reparación se procede a recibir instrucciones sobre el tema a ser ejecutada ya que los ingredientes son tóxicos para el ser humano de esta manera se recomienda utilizar el equipo de protección individual (EPI) durante toda la operación.
- Antes de proceder a realizar la reparación, lea cuidadosamente los manuales tanto de Manual de Reparación como el de Manual Técnicas Corrientes, para tener una mayor visión de lo que se va a ejecutar.

GLOSARIO

Alveolar: Estructuras alveolares hechas por el hombre incluyen sándwich compuestos estructurados con núcleos de nido de abeja.

Aeronavegabilidad: Característica o condiciones que deben reunir las aeronaves para realizar en forma segura y satisfactoria los vuelos o maniobras para las que han sido autorizadas. Aptitud técnica para el vuelo y/o para una clase de vuelo determinado. La cualidad de una aeronave que determina su aptitud y seguridad para funcionar en el aire en condiciones normales de vuelo.

Calidad: Todas las características de una entidad que se refieren a su capacidad para satisfacer necesidades establecidas e implícitas.

Carenado: Piezas lisas de plástico o fibra de vidrio utilizadas en el fuselaje del avión, para mantener su forma aerodinámica y reducir la fricción.

Componente: Conjunto de pieza o elemento constitutivo de una aeronave según especificaciones del fabricante y por extensión de la estructura, grupo motor, hélice o accesorio.

Control de calidad: Proceso de regulación, a través del cual se puede medir la calidad real, compararla con las normas y actuar sobre la diferencia. Dentro de la organización de una empresa de servicios aéreos comerciales, dependencia responsable por dicho proceso y por la condición de aeronavegabilidad del equipo de vuelo.

Deriva: Plano vertical de la cola.

Epoxy: Pegamento de dos componentes de considerable dureza y secado en pocos minutos.

Fabricante: Significa el titular de una aprobación de producción otorgada por la Autoridad Aeronáutica, sea esta un Certificado de Producción (PC), Aprobación de Fabricante de Partes (PMA), Aprobación de Orden Técnica Estándar (TSOA), o Fabricación bajo Certificado.

Fenólica: También denominado tableros estratificados a los formados por un núcleo de resinas con fibras con una alta densidad.

Helicóptero: Aerodino que se mantiene en vuelo en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados mecánicamente que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales.

Ingredientes: Productos especiales de aviación.

Limpieza: Es la ausencia de cuerpos extraños o salpicaduras de líquidos y de zonas sucias de grasa susceptibles de enmarcar un defecto de aspecto.

Mantenimiento: Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de la aeronave, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas; reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación.

Material aglomerante: Se llaman materiales aglomerantes aquellos materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables.

Procedimiento: Método utilizado o modo de acción para el logro de un objetivo previamente definido.

Reparación: Cualquier trabajo técnico aeronáutico, que no sea de mantención rutinaria, necesaria para restaurar las condiciones para la operación segura de una aeronave, motor de aeronave, hélice, componente

o accesorio, incluyendo el refuerzo o reemplazo de partes dañadas o deterioradas.

Recipientes: Envases para recibir y contener sustancias o artículos, incluyendo algún dispositivo de cierre.

Ruta: Trayectoria entre dos puntos determinados. Para efectos comerciales hace referencia al servicio de transporte aéreo que se presta entre un origen y un destino.

Técnico (mecánico): Persona titular de una licencia que lo habilita para efectuar trabajos de mantenimiento de aeronaves en línea (técnico de línea) o en relación con especialidades (técnico especialista) propias de talleres aeronáuticos.

ABREVIATURAS

MRR: Manual de Reparación

MTC: Manual de Técnicas Corrientes

EPI: Equipo de Protección Individual

B.T.P: Caja Rotor Principal

G.T.M: Grupo Turbo Motor Propulsor

CEMAE: Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército.

O.T: Orden Técnica

ATA: Air Transport Association.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Esteban, O. A. Conocimiento del Avión.
- Eurocopter. (1973). Manual de Reparación Helicóptero Gazelle SA 342, Vol 1. París: Eurocopter.
- Eurocopter. (s.f.). Manual Técnicas Corrintes Gazelle SA 342, Vol 3. París: Eurocopter.
- Eurocopter Training Services. (Iss.05-2008). Francia: AN EADS COMPANY.
- Santiago Poveda Martínez. (1997). Materiales Compuestos. Lecturas complementarias, 15.
- Martínez, S. P. (8 de Ocutubre de 1997). Lecturas Complementarias. Materiales Compuesto, 5-6.
- BITZER, T. (1997). Honeycomb Techology Chapiman & Hall. London.

ANEXOS