

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Proceso de certificación de planta de materiales compuestos para la fabricación de estructuras sandwich según norma interna aeronáutica

Autor: Pablo GARCÍA MIRALLES

Fecha: Junio 2006





## ÍNDICE DEL RESUMEN DEL PROYECTO

1- <u>Objetivo y justificación del proyecto</u>	1
2- <u>Contenido del proyecto</u>	2
2.1- Análisis del alcance de la norma AK-2223-X:	2
2.1.1- Requisitos de la planta y la fabricación	2
2.1.2- Requisitos documentales	3
2.2- Descripción de la planta y los procesos para evidenciar que se cumplen los requisitos de la norma:	4
2.2.1- Manipulación de materiales	4
2.2.2- Instalaciones y equipos	4
2.2.3- Personal	5
2.3- Fabricación de los paneles sándwich de certificación	5
2.4- Ensayos aplicables a las probetas de certificación	6

## **RESUMEN DEL PROYECTO:**

### **1- OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:**

El presente proyecto fin de carrera tiene como objetivo desarrollar el proceso para la certificación de una planta de materiales compuestos para la fabricación de estructuras sándwich según la norma AK-2223-X; entendiéndose como estructura sándwich, cualquier conjunto formado por núcleos y telas de fibra de carbono, aramida o vidrio. Esta norma describe el proceso a seguir para obtener la certificación, así como, los requisitos que tiene que cumplir el proceso productivo para que sea certificado.

Este proyecto fin de carrera surge debido a la exigente normativa de calidad aeronáutica, que obliga a las empresas a documentar e implementar numerosos requisitos de calidad en los procesos productivos para garantizar la conformidad de los productos fabricados. La certificación es el reconocimiento, otorgado por una empresa o entidad ajena a la empresa que la solicita, de que toda la documentación necesaria y la implementación de los requisitos exigidos se han realizado de manera correcta. Por lo tanto, el proceso productivo estará validado para la fabricación, en este caso, de estructuras sándwich.

Las certificaciones de fabricación permiten a las empresas ampliar sus líneas de negocio, ya que pueden apostar por contratos de trabajo que requieran operaciones más complejas desde el punto de vista técnico y conseguir la gestión integral de paquetes de trabajos, es decir, fabricar productos completos sin tener que recurrir a la subcontratación de servicios.

## 2- CONTENIDO DEL PROYECTO:

El contenido del presente proyecto se puede resumir en los siguientes apartados:

### 2.1- ANÁLISIS DEL ALCANCE DE LA NORMA AK-2223-X:

Lo primero que se hace en el proyecto es un análisis y estudio de la normativa de certificación, para poder identificar qué requisitos me exige la norma, cuáles son aplicables a mi proceso productivo y cuáles son más relevantes. Después de este estudio se identificaron los siguientes:

#### 2.1.1- Requisitos de la planta y la fabricación

La norma AK-2223 hace referencia a los siguientes requisitos, necesarios, para obtener la certificación:

##### ***Materiales:***

- Todos los materiales empleados en la fabricación tienen que estar perfectamente identificados
- Las condiciones de almacenaje será la indicada en la ficha técnica de cada material, siendo la de los preimpregnados será de  $-18\text{ C}$ .
- Los materiales tienen que tener perfectamente controladas sus horas de vida

### ***Instalaciones y equipos:***

- Todos los equipos e instalaciones tienen que tener las características tales que, me permitan cumplir con los requisitos de la normativa aplicable
- Tienen que estar calibrados por laboratorios metrológicos acreditados por ENAC
- El proceso de Hand-Lay Up se realizará en áreas limpias con control de temperatura, humedad y partículas en el ambiente

### ***Personal:***

- El personal que forme parte del proceso de fabricación tiene que tener una formación sólida en materiales compuestos, demostrable mediante la realización de un test (prueba teórica) y la fabricación de los paneles de certificación.

### **2.1.2- Requisitos documentales:**

Según la norma AK-2223-X para obtener la certificación hay que presentar la siguiente documentación:

#### ***Informe de certificación, que incluye:***

- Plano de las instalaciones
- Descripción de instalaciones y equipos
- Registros ambientales y del ciclo de curado
- Orden de producción de fabricación de las probetas

- Resultado de los ensayos de las probetas

## 2.2- DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y LOS PROCESOS PARA EVIDENCIAR QUE SE CUMPLEN LOS REQUISITOS DE LA NORMA:

Una vez que hemos identificado los requisitos aplicables, haremos un análisis a la planta, procesos de manipulación de materiales y a la formación del personal, para evidenciar que realmente se cumple con los requisitos exigidos y que la planta está en condiciones para ser certificada. Las conclusiones más importantes, de forma resumida, de este análisis son las siguientes:

### 2.2.1- Manipulación de materiales:

- Reciben recepción física: inspecciones visuales
- Reciben recepción técnica: ensayos de conformidad del material
- Control de horas de vida: mediante las hojas de control de vida

### 2.2.2- Instalaciones y equipos

- Existe una sala limpia: zona de manipulación de preimpregnados a 19°C, 50% de humedad y sobrepresión
- El almacenamiento de preimpregnados se realiza a temperaturas inferiores a los -18°C
- Las piezas se conforman en el Autoclave, que cumple los requisitos de la norma

### **2.2.3- Personal:**

El personal recibe una formación interna de seis meses en materiales compuestos para poder desarrollar su trabajo de forma correcta.

### **2.3- FABRICACIÓN DE LOS PANELES SÁNDWICH DE CERTIFICACIÓN:**

La fabricación de los paneles de certificación es un requisito indispensable para la certificación y, además, el más importante, porque en el proceso de fabricación queda reflejada toda la tecnología de conformado de materiales compuestos por Hand-Lay Up y engloba, además, todos los requisitos de calidad referentes a la producción de estructuras sándwich. Los requisitos que hay que cumplir en la fabricación vienen determinados por las normas I+D-1, I+D-2, I+D-3. Algunas de las actividades del proceso de fabricación de los paneles sándwich que desarrollaremos son las siguientes:

- Corte de telas y apilamientos de telas de prepreg.
- Limpieza de núcleos
- Unión de telas y núcleo
- Fabricación de bolsa de vacío
- Curado en autoclave
- Desmoldeo

Una vez fabricados los paneles se recantean para obtener de ellos las probetas (más pequeñas) que serán sometidas a los ensayos correspondientes. En este apartado, por tanto, también se desarrolla la configuración y dimensiones de estas probetas.

#### 2.4- ENSAYOS APLICABLES A LAS PROBETAS DE CERTIFICACIÓN:

Por último se definirán los ensayos aplicables a las probetas, así como, la instrumentación de ensayo, las características de equipos, desviaciones permitidas y los rangos de resultados de ensayos aceptables. Que, de forma general, el ensayo aplicable es el de “pelado en tambor ascendente”, con máquina de ensayos universal y a temperatura ambiente.

#### 2.5- PRESUPUESTO Y ANEXOS:

Para acabar el proyecto, se hace una valoración económica del proceso de certificación y se anexan todos los registros de órdenes de producción, ciclos, registros de sala limpia, de temperatura, humedad, presión...

## **ÍNDICE DEL PROYECTO**

### **DOCUMENTO 1:**

### **MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **CAPÍTULO 1: Presentación del Proyecto**

1.1-Peticionario	1
1.2- Propuesta del Proyecto Fin de Carrera	1

#### **CAPÍTULO 2: Objeto, justificación y viabilidad del proyecto**

2.1-Objeto del proyecto	3
2.2- Justificación del proyecto	4
2.3-Viabilidad del proyecto	5

#### **CAPÍTULO 3: Antecedentes del proyecto**

3.1- Antecedentes históricos. Materiales compuestos: Definición y Evolución.	7
3.1.1- Definición y conceptos generales de los materiales compuestos	7
3.1.2- Evolución de los materiales compuestos	11
3.1.3- Ventajas de los materiales compuestos actuales	13
3.1.4- Desventajas de los materiales compuestos actuales	13
3.2- Localización del proyecto	14
3.3- Previsiones de evolución de la industria aeronáutica andaluza	17

### 3.4- La calidad en el sector aeroespacial

3.4.1- Introducción	19
3.4.2- Definición de sistema de gestión de la calidad y norma	19
3.4.3- Evolución de la normativa aeronáutica	21
3.4.4- Características de la norma EN-9100	23
3.4.5- Proceso de certificación del SGC según la norma EN-9100	24
3.4.6- Relación existente entre la norma EN-9100 y la AK-2223-X	25

## **CAPÍTULO 4: Proceso de certificación para la fabricación de estructuras de materiales compuestos según norma AK-2223-X**

4.1- Conceptos Generales	27
4.2- Requisitos técnicos del proceso de fabricación, según la norma, necesarios para la fabricación	28
4.2.1- Materiales	28
4.2.2- Instalaciones y equipos	29
4.2.3- Área de montaje de telas (Lay-Up)	31
4.2.4- Utillaje	32
4.3- Formación del personal involucrado en la fabricación, según norma, para la certificación	33
4.4- Criterios de aceptación de los resultados de los ensayos de las probetas según norma, para la certificación	34
4.5- Registros del “Informe de Certificación” según norma, para la certificación	34

## **CAPÍTULO 5: Manipulación de materiales, Instalaciones, Equipos y Formación del personal en la planta**

5.1- Manipulación de materiales	36
5.1.1- Recepción física del material	36
5.1.2- Verificación del material	37
5.1.3- Hoja de identificación del material	38
5.1.4- Recepción técnica del material	39
5.1.5- Almacenamiento del material	40
5.2- Instalaciones y Equipos	42
5.2.1- Sala Limpia	42
A) Definición y funcionamiento de la Sala Limpia	42
B) Características Técnicas de la Sala Limpia	43
C) Requisitos de la sala limpia	46
D) Normas de entrada y salida en sala limpia	47
E) Normas de trabajo en sala limpia	47
F) Plan de limpieza de la sala limpia	48
5.2.2- Autoclave	49
A) Definición y características generales	49
B) Descripción del funcionamiento	51
C) Características técnicas	53
5.2.3- Instalaciones frigoríficas	58
A) Descripción de la cámara frigorífica	58
B) Características Técnicas	58
5.2.4- Plano de las Instalaciones	60

---

5.3- Utillaje	61
5.4- Personal	62

## **CAPÍTULO 6: Fabricación de probetas de certificación**

6.1- Materiales y equipos auxiliares para la fabricación de las probetas	70
6.2- Proceso de fabricación de las probetas	72
6.2.1- Corte de telas	72
6.2.2- Apilamiento manual	75
6.2.3- Preparación del núcleo	78
6.2.4- Unión de las telas y el núcleo	82
6.2.5- Fabricación de la bolsa de curado	84
6.2.6- Curado en autoclave	89
6.2.7- Desmoldeo	92
6.2.7- Recanteo	94
6.3- Configuración de las probetas	95
6.3.1- Fibra de carbono	96
6.3.2- Fibra de aramida	98
6.3.3- Fibra de vidrio	101

## **CAPÍTULO 7: Ensayos aplicables a las probetas de certificación**

7.1- Ensayos aplicables a las probetas sándwich de fibra de carbono	104
7.1.1- Objetivo de ensayo	104
7.1.2- Equipos de ensayo	105
7.1.3- Realización del ensayo	105

7.2- Ensayos aplicables a las probetas sándwich de fibra de aramida	108
7.2.1- Objetivo de ensayo	108
7.2.2- Equipos de ensayo	108
7.2.3- Realización del ensayo	109
7.3- Ensayos aplicables a las probetas sándwich de fibra de vidrio	112
7.3.1- Objetivo de ensayo	112
7.3.2- Equipos de ensayo	112
7.3.3- Realización del ensayo	113

## **DOCUMENTO Nº 2:**

### **PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

1- <u>Alcance del presupuesto</u>	115
2- <u>Estructura del presupuesto</u>	115
3- <u>Desarrollo del presupuesto</u>	116
3.1- Coste de fabricación de los paneles de certificación	116
3.1.1- Coste de Materiales	116
A) Preimpregnados	117
B) Auxiliares	117
3.1.2- Costes operativos de fabricación	118
A) Costes Horas/ Hombre de fabricación	118
B) Costes Horas/ Máquina de los equipos	120
C) Costes del ciclo de autoclave	121
3.2- Costes de metrología	122
3.2.1- Costes de calibraciones	122
3.3- Costes de desarrollo de ingeniería	123
3.3.1- Costes de ingeniería	123
3.4- Costes de los ensayos de las probetas	125
4- <u>Resumen del presupuesto</u>	126
5- <u>Presupuesto total</u>	126

## **CAPITULO 1:**

### **PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

#### **1.1- PETICIONARIO:**

La comisión de Proyectos Fin de Carrera de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz ha asignado el proyecto de título: “Proceso de certificación de planta de materiales compuestos para la fabricación de estructuras sándwich según norma interna aeronáutica” al alumno Pablo García Miralles, siendo el tutor del mismo D. Manuel Galán Vallejo y como cotutor, colaborador y persona de apoyo técnico D. Manuel de la Torre Moreno.

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

#### **1.2 PROPUESTA DEL PROYECTO FIN DE CARRERA.**

El documento de propuesta de Proyecto Fin de Carrera presentado el 25 de Abril de 2006 es el siguiente:

**DEPARTAMENTO:** “Ingeniería química y tecnología de los alimentos”

<p><b>TÍTULO:</b> “Proceso de certificación de planta de materiales compuestos para la fabricación de estructuras sándwich según norma interna aeronáutica”</p>
---

<p><b>TUTOR(ES):</b> D. Manuel Galán Vallejo</p>
--

<p><b>COTUTORES:</b> D. Manuel de la Torre Moreno</p>
---

### **DESCRIPCIÓN DEL PFC:**

El objetivo de este proyecto fin de carrera es definir todos los requisitos de fabricación y de calidad que están recogidos en la norma interna AK-2223-X para la certificación de una planta de producción de materiales compuestos en la fabricación de estructuras sándwich de fibra de carbono, aramida y fibra de vidrio.

En el proyecto definiremos:

- Equipos necesarios para la fabricación de los sándwich
- Distribución de la planta de producción
- Materiales necesarios
- Procesos de fabricación por Hand Lay Up
- Requisitos de la norma para obtener la certificación
- Presupuesto del proceso de fabricación

## **CAPITULO 2:**

### **OBJETO, JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD DEL PROYECTO**

#### **2.1- OBJETO DEL PROYECTO:**

El objetivo del presente proyecto fin de carrera es desarrollar el proceso, según norma AK-2223-X, necesario para certificar una planta de materiales compuestos aeronáuticos en fabricación de estructuras sándwich de fibra de carbono, fibra de aramida y fibra de vidrio.

El proceso de certificación tiene que cumplir con los requisitos de la norma interna AK-2223-X, y que se define como:

“CERTIFICACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS CON MATERIALES COMPUESTOS”

Esta norma define el procedimiento de certificación para la fabricación de estructuras de materiales compuestos (laminados y sándwich) de fibra (carbono, aramida o vidrio)/matriz orgánica y núcleos de panal de abeja (honeycomb) de fibra de vidrio o poliamida (Nómex), mediante el apilamiento de capas manual (hand lay up) o automático (ATL), posicionamiento de fibras (Fiber Placement) y posterior moldeo y polimerización en autoclave según la especificación I+D-1/I+D-2/I+D-3 según sea aplicable.

A grandes rasgos, lo que pretende dicha norma es establecer los requisitos técnicos, de calidad y de fabricación, así como el procedimiento que hay que seguir, para obtener una certificación en fabricación de estructuras sándwich, de materiales compuestos, para el sector aeronáutico. En la norma, como veremos en capítulos posteriores, se hacen referencia a materiales, instalaciones y equipos, probetas de ensayos, registros, personal, etc.

En este proyecto se desarrollarán:

- Requisitos exigidos por la norma relacionados con: instalaciones, equipos, manipulación de prepegs., etc.
- Documentación necesaria para evidenciar que la planta cumple con los requisitos necesarios para obtener la certificación según la norma AK-2223-X.
- Proceso de fabricación de las probetas de ensayos de certificación y presupuesto de la fabricación.
- Desarrollo de los tipos de ensayos a los que se someten las distintas probetas.
- Resultado de los ensayos

## **2.2- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:**

El sector aeronáutico es el sector industrial donde los requisitos de calidad son más exigentes. Estos requisitos de calidad son exigidos a las empresas por los clientes, es decir, las empresas tractoras (clientes) que contratan los servicios de empresas más pequeñas a las que se conocen como suministradores (subcontratistas). La calidad se presenta en forma de normas que hacen referencia a unos requisitos y que son los que tienen que ser implantados en las empresas; bien sean como requisitos del proceso productivo, requisitos del sistema de gestión o requisitos de procesos específicos. Una vez implantados, estos requisitos tienen que ser certificados, es decir, reconocidos, mediante un proceso de certificación que será distinto en cada caso, dependiendo del tipo de norma que los recoja.

Cumplir con los requisitos de calidad exigidos por los clientes es una tarea obligatoria para las empresas pues de éstos dependerá que su producto sea competitivo en el mercado y las empresas tractoras se interesen por ellos, ofreciéndoles carga de trabajo en forma de contratos. Es por ello que se realiza el siguiente proyecto fin de carrera, para implantar los requisitos de la norma aeronáutica AK-2223-X en el proceso productivo y desarrollar el proceso de certificación en fabricación de estructuras sándwich de materiales compuestos, consiguiendo abrir el campo de actuación de la empresa hacia otras líneas de negocio.

### **2.3- VIABILIDAD DEL PROYECTO:**

La fabricación de estructuras aeronáuticas está sufriendo una transformación positiva para las empresas que desarrollan su actividad en el campo de materiales compuestos. El aumento de producción de nuevas estructuras en materiales compuestos y la sustitución de antiguas piezas metálicas por piezas en fibra de carbono (en su mayoría) presenta al sector un futuro prometedor y con muchas expectativas.

En la actualidad el sector de los materiales compuestos se encuentra con un problema principalmente, éste es la escasez mundial de fibra de carbono, en cualquiera de sus variantes: preimpregnados, tejidos, fibra seca... debido a la fuerte demanda. Este problema hace que cada vez sea más frecuente el uso de núcleos para fabricar estructuras sándwich, ya que se consiguen espesores grandes y pesos bajos haciendo uso de la mínima cantidad de telas de fibra.

Con respecto a la tecnología de fabricación de estructuras sándwich, decir que, aunque son piezas que requieren un cuidado máximo en la manipulación de los núcleos, pues cualquier golpe puede dejarlos inutilizables, el proceso de fabricación es muy similar al de las piezas monolíticas y no entraña excesiva dificultad ni inversión en equipos especiales o muy costosos.

Toda esta situación actual y previsión futura del sector aeronáutico, hacen que la viabilidad del proyecto, tanto en aspectos legales, económicos y tecnológicos, esté perfectamente justificada y que la consecución de los objetivos del proyecto sea todo un avance para la empresa hacia un mercado en constante evolución y con muchas posibilidades de negocio.

## **CAPITULO 3:**

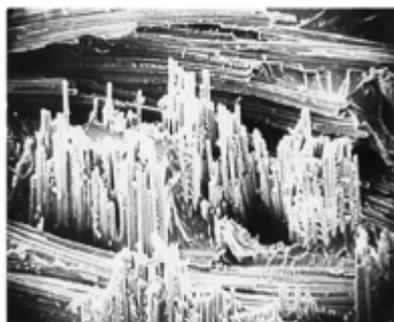
### **ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

#### **3.1- ANTECEDENTES HISTÓRICOS. MATERIALES COMPUESTOS: DEFINICIÓN Y EVOLUCIÓN.**

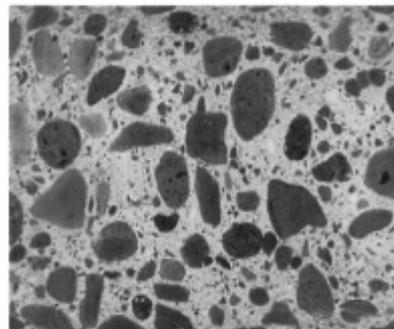
##### *3.1.1- Definición y conceptos generales de los materiales compuestos:*

Un material compuesto se puede definir como un “tipo de material formado por más de un material y que juntos poseen mejores características que por separado”. Es por ello que para definir un material compuesto será necesario hablar de:

- **MATRIZ o SUSTENTO:** en los compuestos aeronáuticos la matriz es una resina que tiene como misión embeber las fibras para proporcionarles rigidez.
- **REFUERZO:** como su nombre indica, son el refuerzo que está inmerso en la matriz y que tienen como principal función, transmitir las cargas a las que está sometido el compuesto en todas las direcciones.

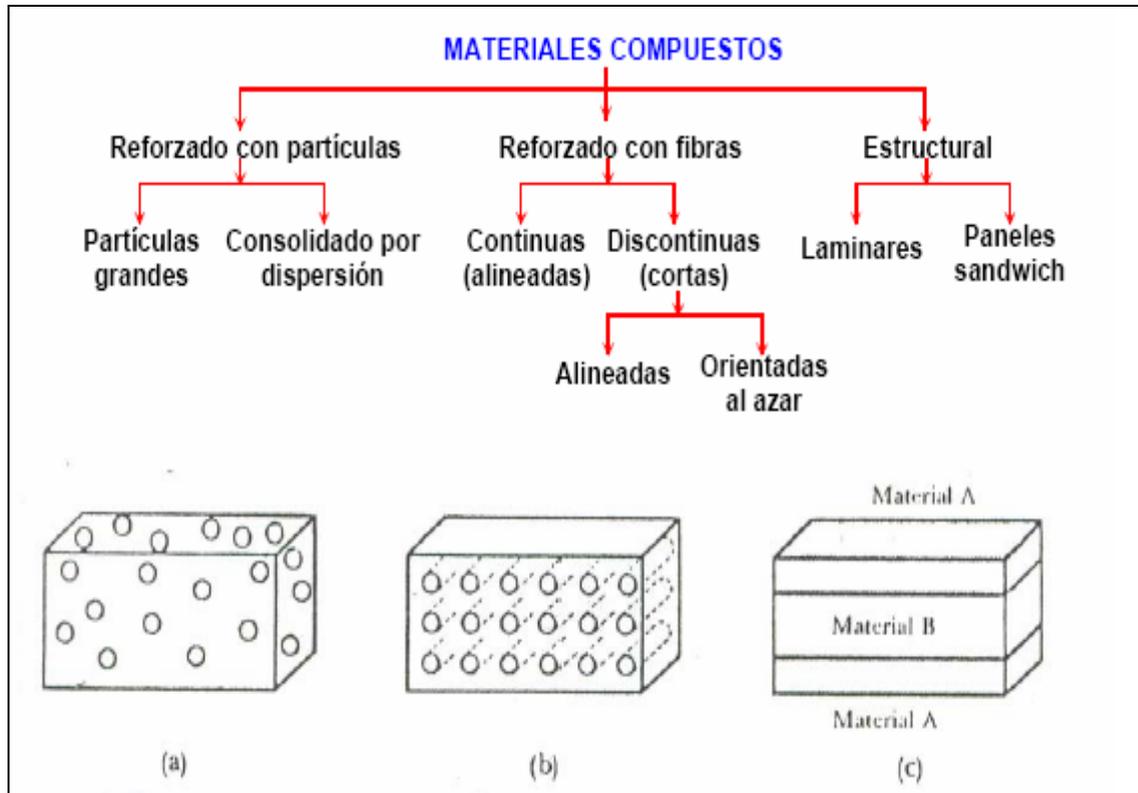


FIBRA DE VIDRIO Y MATRIZ EPOXY



ARENA Y MATRIZ DE CEMENTO

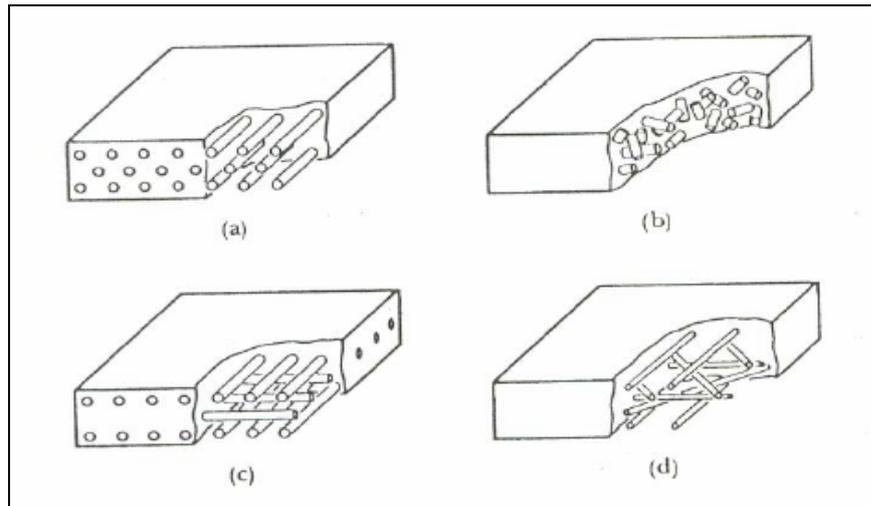
Según el tipo de refuerzo que está embebido en la matriz ( fibras, partículas o estructurales), los materiales compuestos se pueden clasificar como se muestra en el diagrama de la figura siguiente:



CLASIFICACIÓN DE LOS MC SEGÚN EL REFUERZO

a)	MC reforzados con partículas
b)	MC reforzados con fibras
c)	MC estructural (laminar)

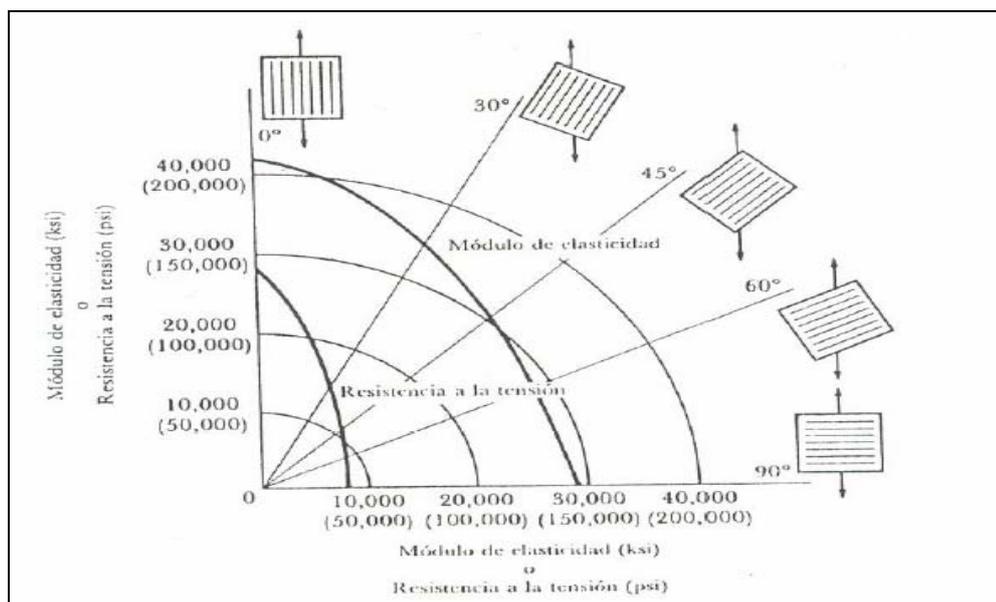
En un material compuesto las funciones de la matriz y de las fibras están perfectamente diferenciadas y son complementarias, es decir, las necesidades estructurales son recíprocas. Las fibras pueden estar inmersas en la matriz con diferentes orientaciones y concentración, siendo esta configuración la principal responsable de las propiedades mecánicas del material compuesto. A continuación se muestra una tabla donde aparecen algunas de las orientaciones de fibras más habituales:



**ORIENTACIONES DE FIBRAS MÁS HABITUALES**

a)	Fibras continuas unidireccionales
b)	Fibras discontinuas al azar
c)	Fibras ortogonales
d)	Fibras en capas múltiples

Dependiendo de esta configuración u orientación de las fibras, algunas de las propiedades mecánicas más importantes de los materiales compuestos varían; entre ellas el módulo elástico, como vemos en la gráfica siguiente:



Los tipos de fibras y de matrices que existen actualmente en el mercado son muy diversos y tienen diferentes designaciones y presentaciones, dependiendo del fabricante, pero podemos identificar una serie de conjuntos con propiedades diferentes y que son comunes a todos los fabricantes. Se muestran a continuación:

### TIPOS DE FIBRAS

<b>FIBRAS DE VIDRIO</b>	<b>CARBONO</b>
TIPO E TIPO A TIPO B TIPO D TIPO AR	CARBONO HT CARBONO HS GRAFITO HM GRAFITO UHM
<b>SINTÉTICAS</b>	<b>ARAMIDA</b>
POLIPROPILENO POLIETILENO NYLON POLYESTER	KEVLAR 4I KEVLAR 29 KEVLAR 49 NOMEX

### TIPOS DE RESINAS

<b>POLIMÉRICAS U ORGÁNICAS</b>	<b>METÁLICAS</b>
TERMOESTABLES:  POLIESTERES INSATURADOS (UP) VINILESTER O ÉSTERES VINÍLICOS EPOXY (EP) FENÓLICAS (PF) POLIAMIDAS (PI)  TERMOPLÁSTICAS:  NYLON POLIÉSTERES SATURADOS (PET-PBT) POLICARBONATO (PC) POLIACETATP POLIAMIDA (PA) POLIÉSTER-ÉTER KETONA (PEEK) POLISULFONATO (PSUL)	ALUMINIO TITANIO MAGNESIO SUPERALEACIONES

CERÁMICAS	MINERALES
ALÚMINA ( AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) CARBURO DE SILICIO (SiC) NITRURO DE SILICIO (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )	MORTERO DE CEMENTO MORTERO DE YESO BARRO

### 3.1.2- Evolución de los materiales compuestos:

Los materiales compuestos han existido y se usan desde el principio de los tiempos. Gran parte de los materiales compuestos conocidos aparecen en la naturaleza y se han desarrollado de forma natural, es el caso de los huesos y la madera; mientras que otros han sido desarrollados por el hombre para cubrir alguna necesidad, como podemos comprobar en la tabla siguiente:

	MATERIAL	MATRIZ	FIBRAS	
EN LA NATURALEZA	MADERA	RESINAS NATURALES	FIBRAS DE CELULOSA	
EN EL CUERPO HUMANO	HUESOS	CEMENTO CÁLCICO	FIBRAS DE COLÁGENO	
	ANTIGÜEDAD	ADOBE	BARRO	PAJA
		YESO ARMADO	YESO	CRINES DE CABALLO
	MODERNOS	HORMIGÓN ARMADO	HORMIGÓN	ARMADURAS DE ACERO
		AMIANTO-CEMENTO	MORTERO-CEMENTO	AMIANTO
		MORTEROS Y HORMIGONES FIBROSOS	MORTERO	ACERO, VIDRIO POLIMÉRICAS
			HORMIGÓN	
		YESO ARMADO	MORTERO DE YESO	VIDRIO POLIMÉRICAS
		COMPOSITES	RESINA	VIDRIO CARBONO ARAMIDA POLIMÉRICAS

#### EJEMPLOS DE MATERIALES COMPUESTOS

Pero, a lo largo de la historia, los materiales compuestos han ido desarrollando una evolución vertiginosa, en la que podemos destacar los siguientes principales avances que significaron la conquista de los materiales compuestos en todos los sectores industriales:

- ❑ ANTIGUAMENTE: barro + paja, yeso + crines de caballos,...
- ❑ 1680: nació el “ferrocemento” y de él, el “hormigón armado”.
- ❑ 1713: “Reaumur” presenta en la academia de ciencia de París varias muestras de tejidos de “fibra de vidrio”.
- ❑ 1831: se descubre el “estireno”.
- ❑ 1835: “el cloruro de vinilo”.
- ❑ 1847: “el poliéster”.
- ❑ 1862: Alexander da a conocer su “parkesina”.
- ❑ 1907: Leo Baekeland descubre las “resinas fenólicas”
- ❑ 1931: producción a nivel industrial de las fibras de vidrio aptas para ser tejidas.
- ❑ 1933: Cartón Ellis obtiene las resinas de poliéster.
- ❑ 1935: Ciba patenta las resinas “melanina-formaldehído”.
- ❑ 1938: se obtiene la fibra de vidrio de alta resistencia.
- ❑ 1938: Pierre Astan patenta las resinas de “EPOXY”.
- ❑ 1946: Ciba comercializa las “matrices EPOXY”.
- ❑ 1940: casetas de poliéster reforzado con fibra de vidrio para alojamiento de radares.
- ❑ Años 50: fuselaje central del helicóptero H-21 de la C<sup>a</sup> Piasecki Aircraft bajo contrato de las USAF (poliéster reforzado con fibra de vidrio); prototipos para las compañías Boeing, Parsons y Bell.
- ❑ Años 60: todos los aviones incorporan algún material compuesto, el avión F-5 fabricado en España contiene un alto porcentaje de composites en su composición.
- ❑ Años 80: se utilizan ya cientos de toneladas en transporte, electricidad, deporte, etc...

Todos estos avances han desembocado en los actuales materiales compuestos, fabricados con la más alta tecnología y que soportan las condiciones de servicio más extremas, a menudo, reduciendo el peso y el volumen de material necesario. Es por eso que la aeronáutica ha hecho de ellos un elemento imprescindible y clave en el actual diseño y fabricación de aeronaves.

### 3.1.3- Ventajas de los materiales compuestos actuales:

Podemos citar de forma general las siguientes ventajas de los materiales compuestos:

- Gran resistencia
- Baja densidad (poca masa por unidad de volumen)
- Posibilidad de fabricar piezas complejas
- Economía de fabricación
- No conducen la electricidad
- Gran resistencia a la fatiga
- Buenos amortiguadores de vibraciones
- Ausencia de corrosión

### 3.1.4- Desventajas de los materiales compuestos actuales:

Podemos citar de forma general las siguientes desventajas de los materiales compuestos:

- Alto precio de las materias primas
- Procesos muy manuales. (No repetitivos)
- Altos requerimientos de Calidad
- Alto número de rechazos
- Fabricación unitaria
- Condiciones muy especiales en su manipulación

### **3.2- LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO:**

El proyecto está enfocado en el sector aeronáutico andaluz y dentro del mismo en el campo de los materiales compuestos. Esto se debe a la inmediata necesidad de creación de empresas capaces de hacer frente y explotar el creciente aumento de la carga de trabajo en el área de los materiales compuestos para la aviación. Añadimos a ésta necesidad, la fuerte tendencia de la industria aeroespacial a sustituir las antiguas estructuras metálicas por estructuras fabricadas en materiales compuestos, que aumentan la resistencia y disminuyen el peso.

El sector aeronáutico ha crecido tan rápidamente en Andalucía gracias al apoyo de organismos autonómicos que se concreta en actuaciones en diversos campos, como los definidos a continuación:

- Puesta en servicio de parques empresariales que favorezcan la implantación de nuevas empresas.
- Concesión de ayudas a las empresas (tanto las que ya trabajan en el sector como otras nuevas) para facilitarles sus procesos de adaptación a las exigencias que se derivan de los nuevos proyectos aeronáuticos.
- Promoción de las actuaciones precisas para que las necesidades que el sector aeronáutico tiene respecto del contexto territorial y social en el plano formativo, de servicios de alto contenido tecnológico y en infraestructuras, sean satisfechas de manera que permitan que en el eje Sevilla-Cádiz se configure el tercer polo de actividad en Europa de la primera empresa mundial de la industria aeroespacial y aeronáutica, como es EADS.

En ese sentido, se ha promovido la construcción del Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía Aerópolis, en Sevilla y el Tecnoparque Bahía de Cádiz, Tecnobahía. El primero, inaugurado en noviembre de 2003, tiene ya varias empresas en producción y otras en proceso de construcción de sus instalaciones, así como está igualmente en proceso de construirse un centro de empresas para pymes que financiará la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía.

Los más importantes proyectos aeronáuticos en los que Andalucía forma parte son los programas AIRBUS:

- **A-380**

El A-380 es el avión con mas plazas de la historia, superando al mítico Boeing 747 tanto en envergadura como en confort.



La aeronave, que mide 70,40 metros de largo y 79,75 metros de envergadura, tiene capacidad para 555 pasajeros en su versión estándar y hasta 850 en configuraciones con todos los asientos en clase turista. Su peso máximo al despegue es de 540 toneladas. Tiene dos pisos en toda su longitud, cada uno con dos pasillos, y conectadas entre sí por dos grandes escaleras.

Para reducir peso del avión se ha decidido construir toda su parte trasera con un compuesto de fibra de carbono, un material mucho más ligero que el aluminio.

El proyecto del A-380 representa una inversión superior a los 10.000 millones de euros. Su entrada en servicio está prevista para el segundo trimestre de 2006 y entrará a competir directamente con el Boeing 747. Pese a todo ha habido ciertas dificultades en el desarrollo del Airbus A380.

- **A-400M**

El Airbus A-400M es un avión de carga, con cuatro motores turbopropulsados, diseñado por Airbus Military para cubrir las necesidades de transporte aéreo



de los países europeos. Desde el lanzamiento formal de la aeronave, Sudáfrica, Chile y Malasia han encargado varias unidades.

Se ha desarrollado principalmente como sustituto de los C-130 y C-160, que actualmente son las principales aeronaves de carga de los países miembros del grupo. Cuando se complete el A-400M será el primer Airbus construido con propósito únicamente militar.

Incrementará la capacidad de carga y el radio de alcance en comparación con las aeronaves que va a sustituir. La capacidad de carga se duplicará (tanto en peso como en tamaño). Al igual que otros aviones Airbus, el A400M tendrá una carlinga de vidrio donde se presentará toda la información a los pilotos y el sistema de fly-by-wire, lo que representa un salto cualitativo en comparación con los C-130s y C-160s. El Airbus A-400M operará en múltiples configuraciones incluyendo transporte de carga, transporte de tropas, evacuación médica, repostaje aéreo y vigilancia electrónica.

Ambos aviones emplean en su estructura un gran porcentaje de materiales compuestos que sustituyen a antiguas estructuras de aluminio. Este tipo de materiales presenta excelentes propiedades mecánicas y un mínimo peso, que los hace cada vez más imprescindibles en el diseño de las estructuras y son sin duda el futuro de la fabricación aeronáutica.

### **3.3 - PREVISIONES DE EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA ANDALUZA:**

En la actualidad en Andalucía la factoría Airbus de Puerto Real dispone del 20% de plantilla de la nueva sociedad Airbus España, cuya actividad es la de montajes estructurales de los conjuntos y subconjuntos en fibra de carbono y metálicas. En esta actividad, la factoría de Puerto Real supone el 50% de los trabajos de Airbus España. En estos momentos se hacen trabajos para los siguientes modelos: A-300, A-320, A-330/340 y A-340/600, A-380.

Además, la empresa tiene subcontratadas algunas tareas de los programas de Airbus a un conjunto de empresas auxiliares que suponen alrededor de una docena e incluso participa en esa subcontratación la división de transporte militar de EADS. Esta subcontratación supera el 40% total de la carga de trabajo propia.

Airbus tiene asignada una carga de trabajo del 10% del total del A-380, además, se han adjudicado a la división de transporte militar de EADS y a SACESA diferentes paquetes de fabricación. La fabricación en serie del avión comenzará en el año 2006 y se alcanzará el ritmo medio de 4 aviones al mes con 100 que se espera en el año 2009. La empresa tiene unas expectativas de venta de más de 1200 aviones y por lo tanto las necesidades inversoras tanto en infraestructura y equipamiento son del orden de los 110 millones de euros.

Las estimaciones de empleo y subcontratación son de 100000 horas en cada aparato lo que supone más de 3000 empleos directos e indirectos anuales, de los que el 50% corresponde a Andalucía, además de un empleo inducido de 6000. Con el A-380 se pretende desarrollar capacidades de ingeniería y fabricación que garanticen la estabilidad del sector en Andalucía.

La industria auxiliar aeronáutica andaluza cuenta con un gran número de empresas trabajando totalmente o parcialmente para algunos de los programas de las grandes empresas. Tienen en conjunto 1402 trabajadores directos y 5257 inducidos y facturan más de 60 millones de euros exclusivamente para la industria aeronáutica, por lo que la facturación por cada empleado se sitúa en 60000 euros.

Las posibilidades de aún mas crecimiento y consolidación de sector se reducen a:

- Mayor actividad del sector aeronáutico mundial
- Lanzamiento de programas como el del A-380
- Certificación de calidad de las empresas
- Inversión en modernización, ampliación y reubicación de las instalaciones actuales
- Preparación del personal
- Fortalecimiento del I+D+i en nuevas tecnologías, materiales y procesos

Respecto a este último aspecto y a la utilización de materiales compuestos en el sector debemos resaltar numerosos aspectos:

- El mercado mundial de composites (materiales compuestos) crece desde 1994 al 5,7% anual en cantidad.
- En el año 2000 se produjeron 7 millones de toneladas y para el año 2006 se espera alcanzar 10 millones de toneladas.
- El crecimiento es más favorable para los materiales compuestos termoplásticos que para compuestos termoestables: el 9% anual y el 3%, respectivamente.

- Los compuestos termoplásticos aparecieron a principios de los años 80 y son más recientes y prometedores. Sin embargo, los materiales compuestos termoestables representan aún más de las dos terceras partes del mercado.
- El mercado norteamericano es sin duda el más importante y representa el 47% de la transformación anual de composites y a continuación le siguen Europa y Asia.

### **3.4 - LA CALIDAD EN EL SECTOR AEROESPACIAL:**

#### **3.4.1- Introducción:**

Los productos aeroespaciales están sometidos a unas muy altas exigencias en temas de calidad, fiabilidad y mantenibilidad debido a las condiciones de operación de los mismos, que ha provocado que la normativa de calidad en el sector sea una de las más exigentes en el ámbito industrial. Para conseguir cumplir con esta exigencia de calidad, el Sistema de Gestión de cualquier empresa que enfoque su actividad dentro del sector aeronáutico, tiene que cumplir los requisitos de la norma EN-9100.

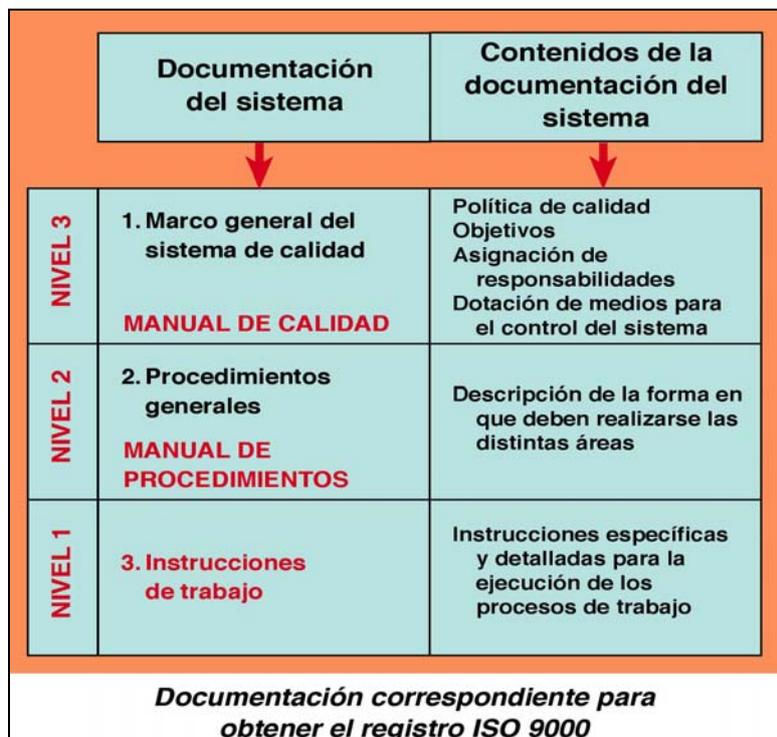
En este capítulo se considera necesario hacer un breve repaso a la evolución de la normativa aeronáutica hasta llegar a la actual EN-9100, y definir algunas de sus características, para posteriormente enlazarla con el verdadero objeto del proyecto que es la certificación del proceso según la norma AK- 2223-X.

#### **3.4.2- Definición de sistema de gestión de la calidad y norma:**

##### **Sistema de gestión de la calidad (SGC):**

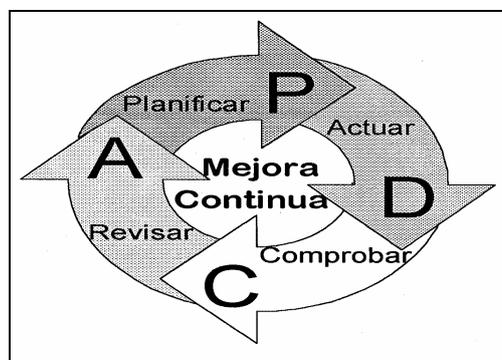
Un Sistema de Gestión se implanta con el objeto de realizar las actividades de la organización cumpliendo los requisitos contractuales de los clientes, medioambientales y de seguridad de los trabajadores, entre otros.

Además de cumplir con los requisitos legales/ reglamentarios, el Sistema de Gestión tiene que cumplir con los requisitos de las normativas exigidas por los clientes (ISO 9001, ISO 14001, **EN-9100**, OSAS 18001.... Los requisitos de esta normativa tienen que verse reflejados en la estructura documental del sistema de gestión, que es el mostrado en la figura siguiente:



**ESTRUCTURA DOCUMENTAL DEL SGC**

La implantación de un sistema de calidad implica que el proveedor se encuentra inmerso en un sistema de mejora continua:



Los Sistemas de Gestión son auditados y certificados por compañías de certificación acreditadas, siendo este reconocimiento de carácter internacional.

### **Norma:**

Una norma es “una definición, especificación, o cantidad de material contra la cual los resultados de un proceso pueden ser juzgados como aceptables o inaceptables”. Las normas pueden ser de:

- Normas de conformidad (ISO 9001, **EN-9100**, ISO-14001.)
- Normas de guía (ISO 9004, ISO 14000,...)
- Normas reguladoras (FDA, HACCP, ...)
- Normas de consenso (Risk Management, ...)
- Norma industrial o de referencia (QS9000, VDA, EAQF)
- Normas de producto (Marcaje CE,...)

#### 3.4.3- Evolución de la normativa aeronáutica:

1º) Al principio las empresas del sector aeronáutico se encontraban con **distintas normativas que satisfacer**.

A las normas ISO 9000 para el Aseguramiento de la Calidad, había que añadir las normas publicadas por el Ministerio de Defensa de EE.UU., la normativa OTAN, la normativa de las Autoridades de Aviación Civil, la de la NASA o la de la Agencia Espacial Europea.

2º) Tradicionalmente las **auditorias eran llevadas a cabo por el propio cliente** del suministrador (auditorias de segundas partes), que utilizaba su propio criterio y método de auditoría.

3º) Durante la década de los 90 surgió una tendencia hacia el desarrollo y **adopción de esquemas basados en Terceras Partes**.

4º) Durante la mitad de la década de los 90, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos disminuyó tantos requisitos contractuales como fue posible y adoptó la norma **ISO 9001 como el único Sistema de Gestión de Calidad que debía ser establecido.**

Sin embargo, la comunidad aeroespacial americana no estaba todavía muy convencida. Consideraba que la norma ISO 9001 no era lo suficientemente específica para su industria, que estaba demasiado abierta a la interpretación y que no tenía en cuenta requisitos reguladores. Como consecuencia, la NASA, el FAA y otros OEM's continuaron creando sus propios suplementos a la norma, con la inevitable multiplicación de los requisitos a los suministradores.

5º) Durante 1995, varias compañías aeroespaciales americanas fundaron el **Grupo de Calidad Aeroespacial Americano (AAQG).**

El AAQG inició el establecimiento de una serie de requisitos de calidad complementarios a la norma ISO 9001, que se denominaron **AS 9000**, junto con su correspondiente checklist (AS 9000 Apéndice 1) y un esquema de certificación (AIR 5359) para la certificación **de Tercera Parte.**

6º) En 1998, algunos de los mayores fabricantes, suministradores y asociaciones comerciales nacionales de América, Asia y Europa se unieron bajo el auspicio del **Grupo de Calidad Aeroespacial Internacional (IAQG).** Como resultado fundamental del esfuerzo conjunto del IAQG se publicó la **norma AS/prEN/SJAC/9100.**

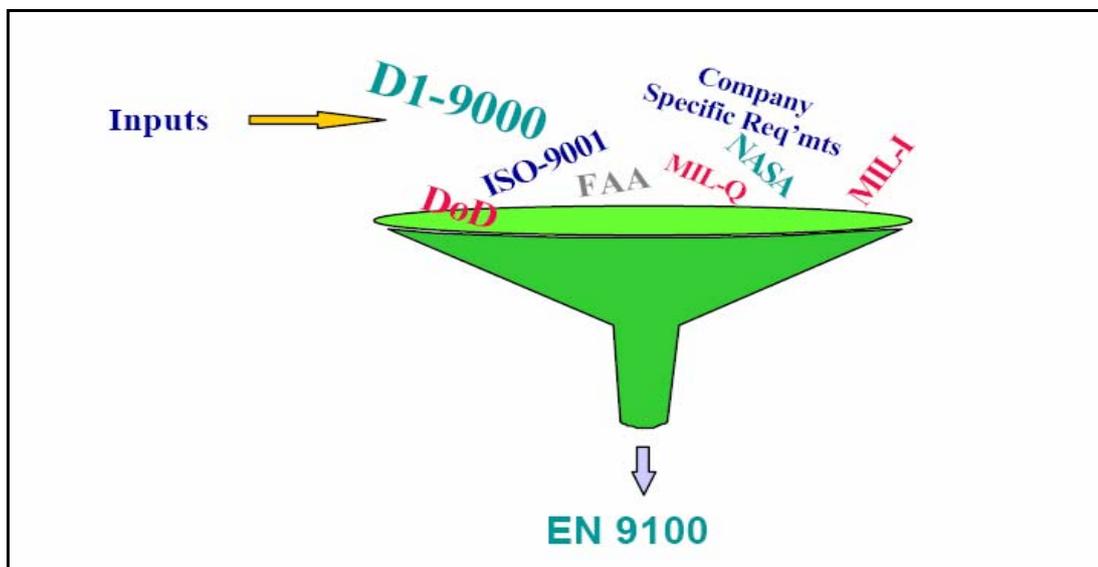
7º) El IAQG se propuso tener un **único esquema de certificación** específico para los suministradores del sector aeroespacial a nivel mundial que se ha llamado **“Other Party”.**

### 3.4.4- Características de la norma EN-9100:

La norma AS/EN/SJAC 9100 incluye todos los requisitos de un sistema de gestión de la calidad de acuerdo con la Norma ISO 9001:2000, y especifica los requisitos adicionales que debe cumplir un sistema de gestión de la calidad para la industria aeroespacial y que se concentran principalmente en los apartados y subapartados:

. Realización del producto: Diseño y desarrollo, Compras y Control de la producción y de la prestación del servicio.

. Medición y análisis y mejora: Seguimiento y medición del producto y Control del producto no conforme y que se centran en asegurar la calidad del producto.



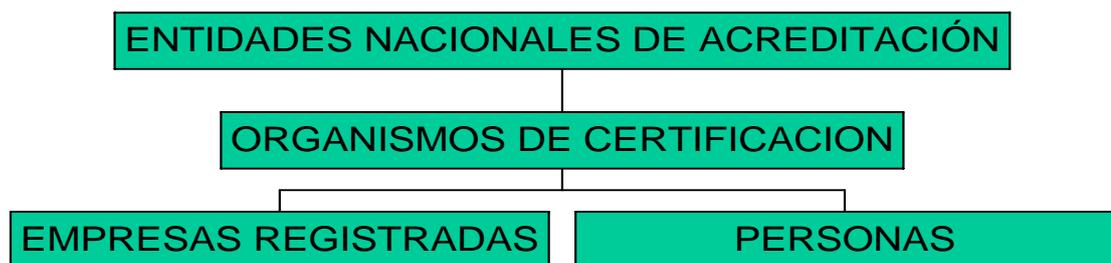
LA NORMA EN 9100 ES LA UNIFICACIÓN DE LA ANTIGUA NORMATIVA AERONAUTICA

Aunque la principal ventaja para las empresas es el reconocimiento internacional de su sistema de gestión de la calidad aeroespacial, evitando la multiauditoría de sus clientes actuales y potenciales, además de proporcionar importantes ventajas competitivas en el sector frente a empresas no certificadas.

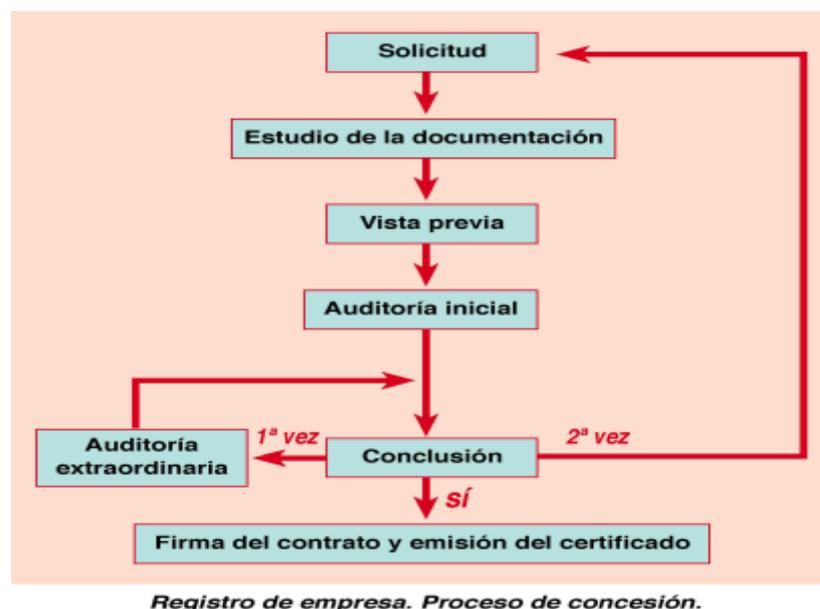
### 3.4.5- Proceso de certificación del SGC según la norma EN-9100:

La certificación consiste en contratar a un organismo externo a la empresa que acredite que nuestro sistema de gestión (según EN-9100) está perfectamente documentado e implementado y se emitirá un sello que lo garantice.

El proceso de certificación se efectúa a través de los Organismos Certificadores y los Centros de Evaluación. Un organismo certificador es una entidad que actúa de tercera parte, es decir, no tiene participación funcional ni jerárquica en la capacitación y la evaluación de los individuos a quienes certifica. El organigrama de los organismos de certificación es el siguiente:



El diagrama del proceso de certificación de un sistema de gestión se puede resumir como se muestra a continuación:



Una vez que la empresa haya implementado satisfactoriamente la norma EN-9100 en su sistema de gestión y esté certificada por un organismo autorizado, está en condiciones de entrar en el mercado aeroespacial y los clientes tendrán garantía de que el SGC del suministrador cumple los requisitos de la norma.

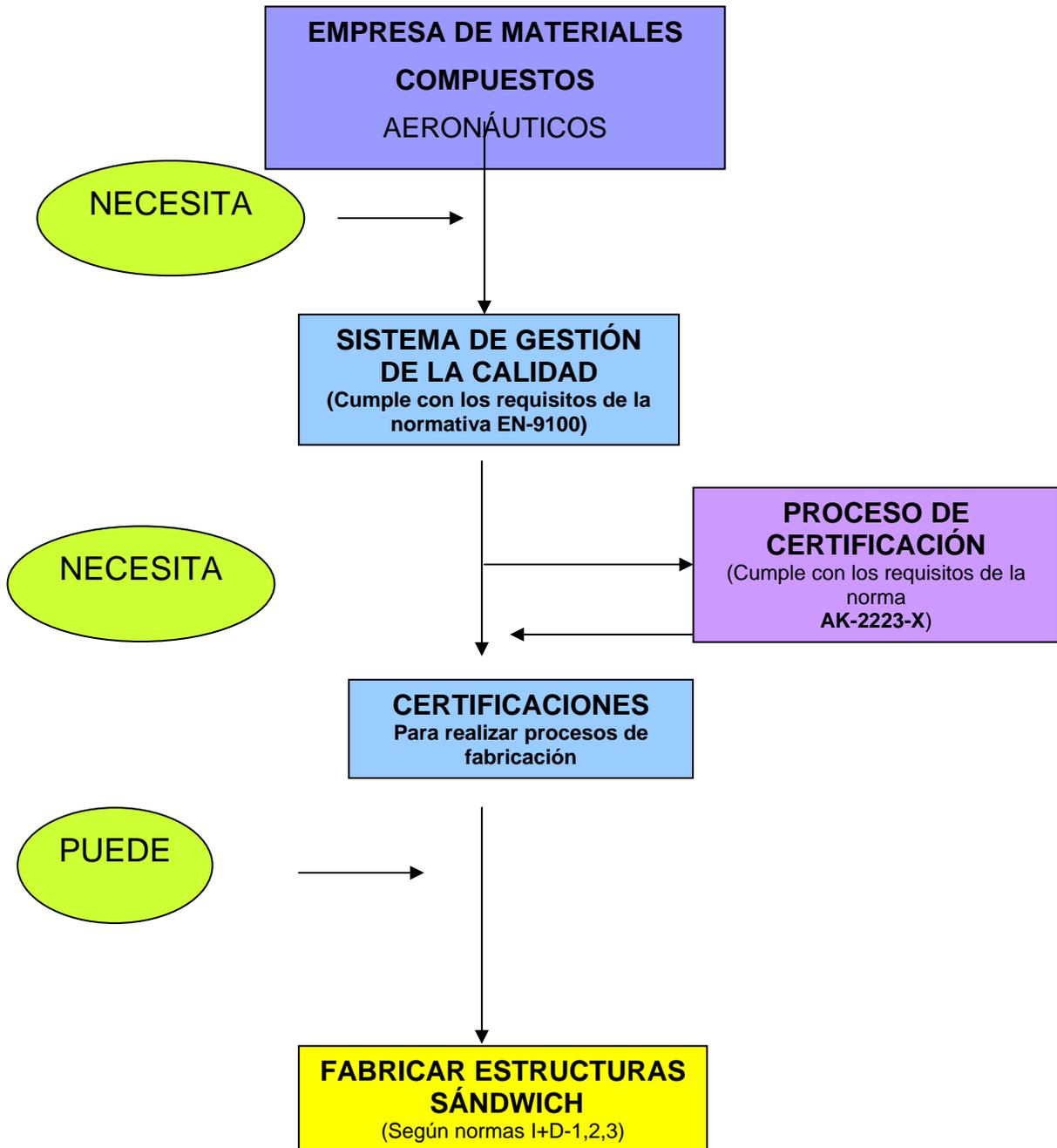
#### 3.4.6- Relación existente entre la norma EN-9100 y la AK-2223-X:

Como hemos explicado en los apartados anteriores, el Sistema de Gestión de la empresa tiene que cumplir con los requisitos de la normativa EN-9100, ya que su actividad se centra en el sector aeroespacial y más concretamente en el campo de los materiales compuestos aeronáuticos.

En este sentido, la empresa gestiona una planta de fabricación de materiales compuestos en la que se realizan una serie de procesos para fabricar estructuras aeronáuticas, siendo uno de ellos, la fabricación de estructuras sándwich. Pues bien, para conseguir la certificación para poder fabricar estructuras sándwich de fibra de carbono, fibra de aramida y vidrio, es necesario seguir un proceso de certificación que, en nuestro caso, tiene que cumplir con los requisitos de la norma AK-2223-X.

El objetivo de este proyecto, entonces, será describir y realizar el proceso según la norma antes mencionada para obtener la certificación de fabricación de estructuras sándwich, tal y como se muestra en el diagrama de la siguiente página:

**ESQUEMA DE RELACION DE NORMATIVAS NECESARIAS:**



## **CAPITULO 4:**

### **PROCESO DE CERTIFICACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MATERIALES COMPUESTOS SEGÚN NORMA AK-2223-X:**

#### **4.1- CONCEPTOS GENERALES:**

4.1.1. - La certificación es aplicable a la fabricación de los siguientes tipos de conjuntos contruidos con materiales preimpregnados en fibra de carbono, aramida o vidrio (cinta-tejido):

- Laminados o revestimientos
- Conjuntos o estructuras tipo sándwich
- Conjuntos o estructuras tipo sándwich contruidas bajo la tecnología de cocurado.

4.1.2- El proceso se considerará certificado cuando todos los resultados cumplan los requisitos indicados en los puntos 4.2/ 4.3/ 4.4/ 4.5 y con los requisitos específicos de fabricación de las probetas y resultado de sus ensayos.

4.1.3 En el caso de existir alguna discrepancia con respecto a la norma de proceso o con alguno de los apartados antes mencionados, el Comité de Procesos Especiales y/o la Subdirección de I+D-T.M. estudiarán la desviación para proceder a la aceptación o rechazo de la certificación.

4.1.4 El proceso se recertificará cada cinco años al menos que ocurra algún incidente que obligue a una reacreditación inmediata.

4.1.5 Para mantener el nivel de calidad alcanzado en la certificación inicial se establece auditorias del control del proceso, con carácter anual.

## **4.2- REQUISITOS TÉCNICOS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN SEGÚN LA NORMA, NECESARIOS PARA LA CERTIFICACIÓN:**

### *4.2.1- MATERIALES:*

- Se comprobará que existe un sistema que permita controlar las horas acumuladas en los materiales almacenados (materia prima y kits) que cumpla lo indicado en la norma I+D-1 (Aplicable a todos los tipos de material)
  
- Los materiales deben estar permanentemente identificados, recogiendo:
  - *Designación del material y especificación aplicable*
  - *Designación del fabricante*
  - *Nombre del fabricante y lugar de fabricación*
  - *Especificación aplicable*
  - *Nº de batch y /o lote*
  - *Nº de rollo, lámina o bloque según sea aplicable*
  - *Temperatura de almacenaje (cuando sea distinta de la de ambiente)*
  - *Fechas de fabricación y/o envío*
  - *Fecha de caducidad (cuando sea aplicable)*

o con un sistema que permita conseguir la trazabilidad a los mencionados datos.

- Todos los materiales deben ser almacenados y manejados (bolsas de polietileno selladas, guantes apropiados que no suelten hilachas, etc.) con las precauciones de limpieza necesarias que impidan su contaminación e influyan en la calidad del laminado o sándwich final.

#### 4.2.2- INSTALACIONES Y EQUIPOS

- Las instalaciones y equipos de producción, control y ensayos, deberán ser tales que permitan cumplir con todos los requisitos de las especificaciones aplicables a los elementos a fabricar, estando todos ellos sometidos a control metrológico por un laboratorio ENAC o equivalente E.A. y por el orden de preferencia siguiente:

*a) Por laboratorios metrológicos que estén acreditados por ENAC o equivalentes E.A, los cuales se encuentren acreditados en el área correspondiente al instrumento a calibrar y el alcance de dicha acreditación permita emitir un certificado de calibración tipo ENAC o equivalente.*

*b) Por laboratorios metrológicos que estén acreditados por ENAC o equivalentes en el área correspondiente al instrumento a calibrar, pero que dicha acreditación (alcance) no cubra el instrumento a calibrar.*

*c) Por laboratorios metrológicos que estén acreditados por ENAC o equivalentes, en alguna área distinta del instrumento a calibrar*

En los casos b) y c) el responsable de la organización de gestión metrológica será el encargado de evaluar la competencia técnica del laboratorio para realizar las calibraciones de los instrumentos en cuestión.

- Será necesario comunicar con anterioridad a la iniciación de la certificación, cualquier desviación existente respecto a los requerimientos establecidos en la documentación aplicable.

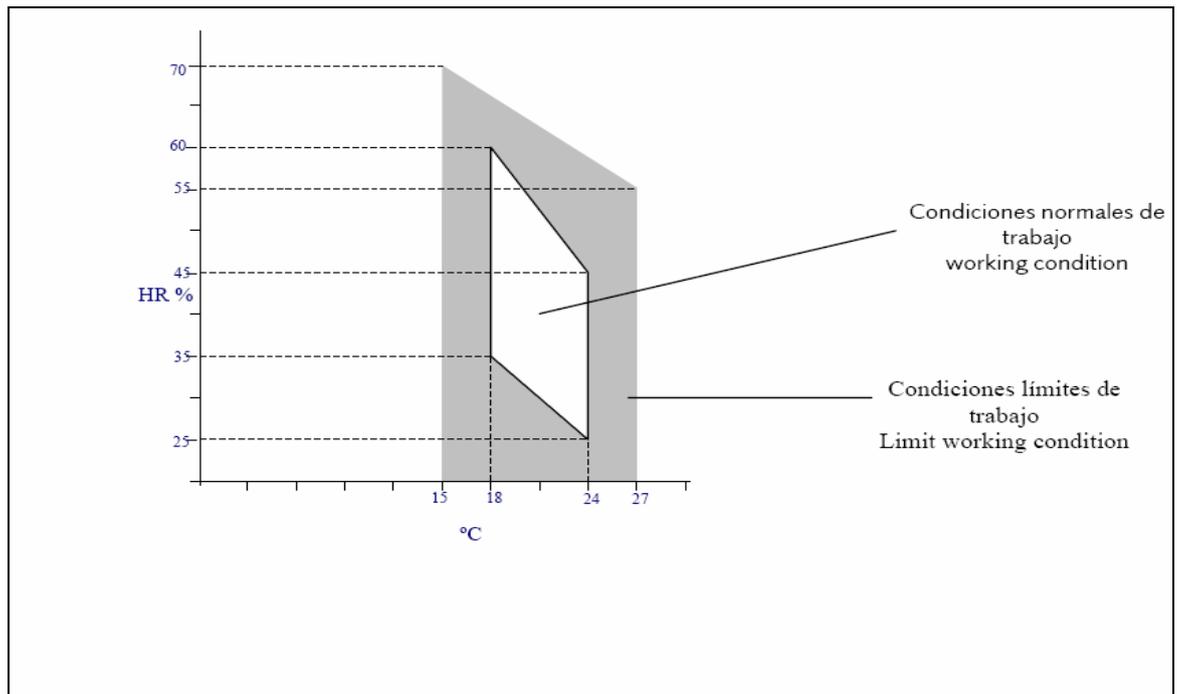
- Como **información previa a la certificación**, será necesario disponer de los siguientes datos:
  - a) *Superficies de la zona climatizadas bajo requisitos de ambiente controladas existentes para la fabricación, indicando sistemas de control de contaminación, temperatura y humedad, presión diferencial positiva, así como los resultados de los controles realizados en dicha zona.*
  - b) *Instalaciones de curado (autoclaves y estufas), las características técnicas.*
  - c) *Descripción de las instalaciones frigoríficas para el almacenaje y conservación de materiales preimpregnados,*
  - d) *Descripción de equipos y medios de control para:*
    - **Ensayos** de recepción y revalidación de *Materiales (sección no aplicable)*
    - *Ensayos de control del proceso (sección no aplicable)*
    - *Ensayos no destructivos (END) (sección no aplicable)*
    - *Cualquier otro sistema relacionado con el proceso.*
  - e) *Plano general de la instalación a escala en el que figuren la situación de la zona de mecanizado (recantado, taladrado, etc.), zona climatizada para el montaje de los materiales preimpregnados, y situación de las instalaciones de almacenaje y curado.*

#### 4.2.3- ÁREA DE MONTAJE DE TELAS (LAY UP)

- *El suelo estará pavimentado con materiales fáciles de limpiar y las paredes serán lisas y estarán recubiertas de pintura lavable, no desconchable, adecuándose su plan de limpieza a la siguiente tabla:*

<b>PLAN DE LIMPIEZA EN SALA LIMPIA</b>		
<i>Equipos, bancos de trabajo, suelos, herramientas</i>	<i>No necesita inspección</i>	<i>Intervalo recomendado de limpieza, 24 horas, máximo 1 semana</i>
<i>Paredes hasta una altura de 2,10 m</i>	<i>No necesita inspección</i>	<i>Intervalo máximo de limpieza 30 días</i>
<i>Resto de paredes, techos, dispositivos colgantes...</i>	<i>Inspección cada 30 días</i>	<i>Intervalo máximo de limpieza, 12 meses</i>

- *Con objeto de evitar contaminaciones del exterior, se mantendrá una sobrepresión mínima de 1 mm de H<sub>2</sub>O que será controlada mediante un medidor de presión diferencial. Asimismo una doble puerta de tipo esclusa será obligatoria en todas aquellas puertas con salida a calle directa.*
- *Se controlará la concentración de partículas (al menos mensualmente) en suspensión de un tamaño superior a 5µ. La concentración de estas partículas no debe superar en ningún caso 50 partículas por litro de aire.*
- *Se dispondrá de un sistema de control – registro que asegure las condiciones ambientales en cuanto a temperatura y humedad se refiere de acuerdo con la siguiente figura:*



**CONDICIONES DE TRABAJO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA EN SALA LIMPIA**

#### 4.2.4 UTILLAJE

Las siguientes características deben de verificarse para el utillaje:

- *La diferencia de coeficientes de dilatación térmica entre el material del útil y el de la pieza será la menor posible.*
- *Serán lo suficientemente ligeros para satisfacer los requisitos de velocidad de calentamiento / enfriamiento del ciclo de curado y rígidos para producir piezas dentro de las tolerancias dimensionales.*
- *La superficie del útil en contacto con la pieza tendrá un acabado de 125 HRH ( $R_a = 3,2 \mu\text{m}$  o mejor).*
- *Poseer un perfil térmico que determine el nº de termopares, disposición y distribución, si es aplicable. En caso contrario se marcarán las zonas donde se situarán los termopares distribuidos uniformemente.*

#### **4.3- FORMACIÓN DEL PERSONAL INVOLUCRADO EN LA FABRICACIÓN SEGÚN NORMA, PARA LA CERTIFICACIÓN:**

El personal involucrado en el proceso de fabricación de estructuras con materiales compuestos debe demostrar una formación sólida en al menos los siguientes apartados:

- *Sensibilización del trabajo ante el proceso especial*
- *Conocimiento del Sistema de Calidad de la empresa*
- *Identificación de estados de inspección*
- *Manipulación, almacenamiento y house keeping*
- *Conocimiento de la normativa aplicable a este proceso*
- *Interpretación de planos y documentos técnicos*
- *Módulo tecnológico sobre materiales compuestos*

Para que esta experiencia sea demostrable y registrable tendrán que realizar las siguientes actividades:

A) Se realizará una prueba escrita tipo test en la que se debe de alcanzar al menos el 80% de respuestas correctas. Si estas personas objeto de certificación pertenecen a un grupo de Calidad Integrada se valorará la formación recibida para su validación.

B) Con posterioridad se realizará por este personal las probetas de certificación repartiéndolo entre distintos equipos de trabajo de manera que en algún momento todos participen en la realización de las probetas. El personal se considerará cualificado para trabajar en este proceso y se guardarán los registros de su formación.

C) Para nuevas incorporaciones de personal será necesario impartir de nuevo la formación, no siendo necesaria la realización de nuevas probetas, si bien serán objeto de supervisión por personal cualificado o por el responsable del área.

D) El personal cualificado deberá renovar su cualificación cada cinco años o después de haber pasado un período de inactividad de 6 meses consecutivos sin haber participado en el proceso.

#### **4.4- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LAS PROBETAS SEGÚN NORMA, PARA LA CERTIFICACIÓN:**

- Los resultados obtenidos en todos los ensayos deberán superar los valores reflejados en las tablas de la norma aplicable al tipo de material objeto de certificación:
  - I+D-1
  - I+D-2
  - I+D-3
  
- En caso de que algún valor estuviera fuera de norma, se debe repetir el lote de probetas curada en el mismo ciclo de autoclave.

#### **4.5- REGISTROS DEL “INFORME DE CERTIFICACIÓN” SEGÚN NORMA PARA LA CERTIFICACIÓN:**

Todos los resultados deberán quedar reflejados en un "Informe de Certificación" en el que constarán, como mínimo, los siguientes datos:

- *Plano de situación de las instalaciones*

- ❑ *Resultados de los ensayos de recepción, indicando nº de lote, fecha de fabricación y/o envío, nº de rollo de preimpregnado y certificado del fabricante*
- ❑ *Identificación de todos los equipos utilizados en el proceso con sus informes metrológicos y/o pruebas operacionales correspondientes*
- ❑ *Registros ambientales y método de captación de datos*
- ❑ *Orden de producción para la fabricación de las probetas*
- ❑ *Gráficas de los ciclos de curado (tiempo / temperatura / presión / vacío)*
- ❑ *Resultados obtenidos en todos los ensayos (incluyendo gráfica de ensayos mecánicos).*
- ❑ *Resultados de los ensayos de certificación y valores de contraensayo (si procede)*
- ❑ *Resultados de los exámenes de los operarios.*

## **CAPITULO 5:**

### **MANIPULACIÓN DE MATERIALES, INSTALACIONES, EQUIPOS Y FORMACIÓN DEL PERSONAL EN LA PLANTA:**

En este capítulo vamos a describir las características de la planta (instalaciones y equipos) y definir los procedimientos de las actividades operativas para evidenciar que la planta para la que solicitamos la certificación cumple con los requisitos de la norma AK-2223 y sus anexos en los siguientes aspectos:

- ❑ MANIPULACIÓN DE MATERIALES
- ❑ INSTALACIONES, EQUIPOS Y UTILLAJE
- ❑ PERSONAL

#### **5.1- MANIPULACIÓN DE MATERIALES:**

##### **5.1.1- Recepción Física del material:**

Para cada tipo de material que llega a la planta existe un lugar o emplazamiento de llegada del mismo perfectamente identificado a través de carteles informativos. La ubicación de estas zonas depende de la categoría a la que pertenezca el material. A continuación, se especifica cuáles son las distintas zonas de recepción física dentro de las instalaciones de la planta:

- ✓ Zona de entrada en la cámara frigorífica: materiales que requieren condiciones de congelación.
- ✓ Zona de entrada en la nave: materiales que no requieren condiciones de congelación.

- ✓ Zona de entrada en el área de consultoría: material y equipos de oficina.

La persona que elaboró la petición de compra del material es responsable de la recepción física del mismo, y en su ausencia, debe encargarse otro técnico de su misma línea de negocio. La información que debe ser aportada junto al material es:

- Albarán de compra,
- Precio.
- Cantidad.
- Fecha de entrega.
- Certificados de conformidad del material.
- Identificación (Part Number) del material, sólo en caso de materiales que requieran recepción técnica.
- Información adicional (tiempo de vida, test report...).

Una vez recepcionado el material en el lugar destinado para tal fin, inmediatamente se lleva a cabo la verificación del material.

#### 5.1.2- Verificación del material:

Los técnicos de la línea de Aprovisionamiento Industrial realizan la verificación del material en la “Zona de Recepción Física” a través de una inspección visual y mediante la comparativa del albarán de compra y la hoja de pedido.

Durante la verificación del material, se comprueba el estado del embalaje y material, la cantidad recibida, la identificación o designación del material y el certificado de conformidad del fabricante/ suministrador. Además, se comprueba la conformidad en el plazo de entrega, precio, etc. de acuerdo con el contrato de compra.

Una vez verificado y conforme el material, se firma y se pone la LPC (materiales de la Categoría I) o Base de Datos Inventario (para el resto de las categorías).

Si existe alguna no conformidad, se procede a elaborar un parte de discrepancias que debe enviarse al proveedor. En el caso de que el material no pueda utilizarse, se retiene el material en la zona de recepción física, identificado con la pegatina “Abrir parte de discrepancias”, procediéndose a su devolución.

### 5.1.3- **Hoja de identificación del material (ver anexo II):**

Las hojas de identificación de material tienen que identificar perfectamente el material y en ellas tienen que aparecer:

- *Designación del material y especificación aplicable*
- *Designación del fabricante*
- *Nombre del fabricante y lugar de fabricación*
- *Especificación aplicable*
- *Nº de batch y /o lote*
- *Nº de rollo, lámina o bloque según sea aplicable*
- *Temperatura de almacenaje (cuando sea distinta de la de ambiente)*
- *Fechas de fabricación y/o envío*
- *Fecha de caducidad (cuando sea aplicable)*

Estas hojas acompañan en todo momento al material, bien sea al rollo o a un kit cortado del mismo. La documentación que contienen proviene de una base de datos que almacena las horas de vida que le quedan al material (en el caso que sea perecedero) y avisa del momento en el que ha caducado para que sea eliminado del uso.

#### 5.1.4- **Recepción técnica del material**

Finalizada la verificación en la recepción física, se comprueba si el material comprado requiere recepción técnica completa (ensayos de laboratorio) siguiendo los criterios internos y comprobando que los materiales tienen especificación de compra con normativa aplicable.

En el caso de que sea necesario la recepción técnica, el técnico de Aprovisionamiento generará una orden de ensayo en base a una pauta de recepción en la que tiene que aparecer:

- N° de orden de ensayo
- Part number (P/N)
- Proveedor
- Programa
- N° de lote
- Cantidad de lote
- Unidades del lote
- N° de pedido
- N° de albarán
- Fecha de la recepción física
- Fecha de la recepción final
- Costes previsto y real

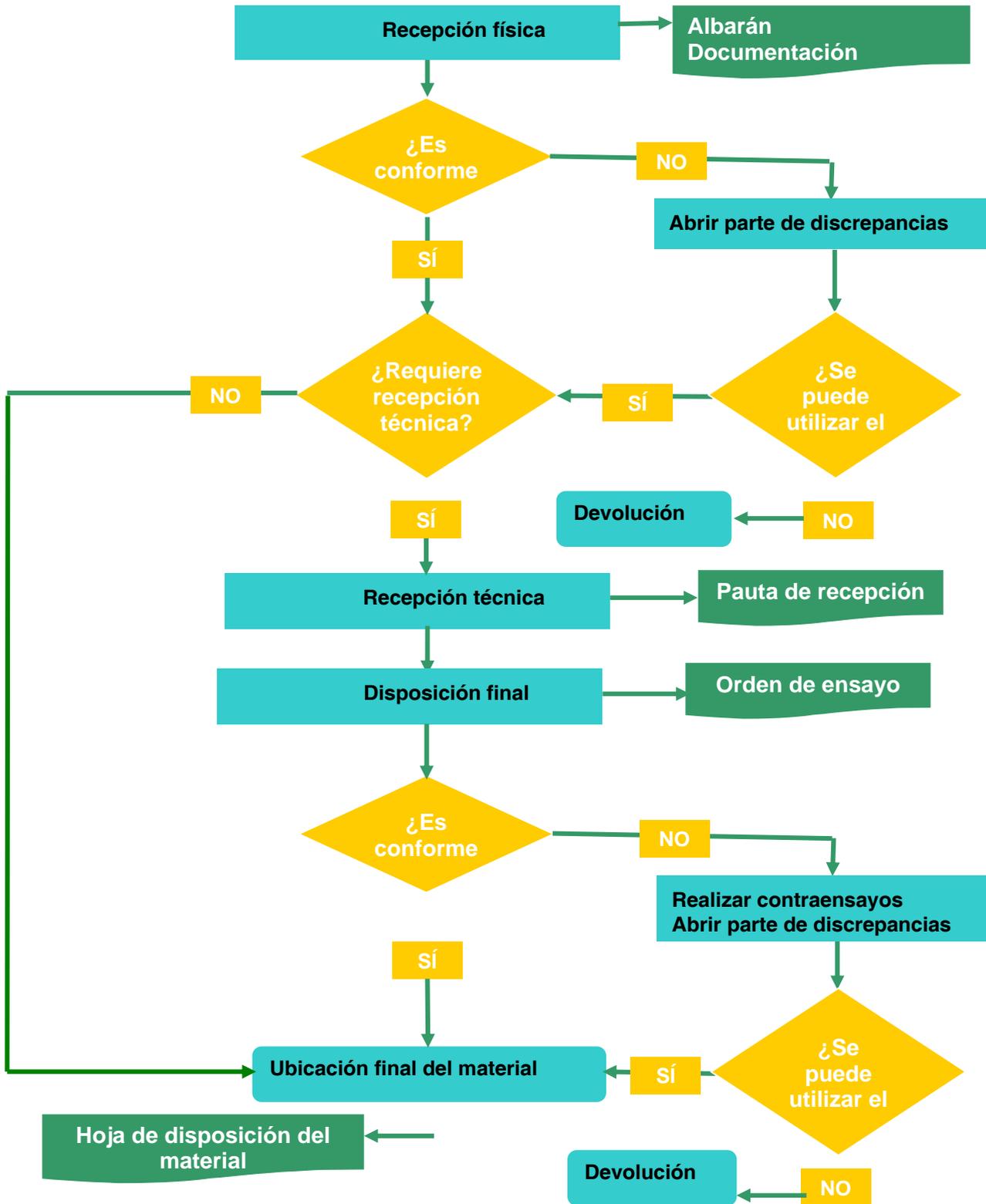
Se procede entonces a la fabricación de las probetas de ensayo de recepción técnica (según norma correspondiente para cada tipo de material) y una vez acabadas se envían al laboratorio de ensayos físico-químicos para analizarlas y obtener resultados.

Según los resultados sean aceptables o no, es decir, estén dentro de los intervalos especificados en la norma ( correspondiente a cada material), se identificará el material como conforme o no conforme. Si estuviéramos en el último caso, tendríamos que rechazar el material y devolverlo al proveedor.

#### 5.1.5- **Almacenamiento del material:**

Todos los materiales que necesiten ser conservados en frío, una vez han pasado por todos los procesos anteriores serán guardados en la cámara frigorífica, a una temperatura inferior a  $-18^{\circ}\text{C}$  . Las temperaturas de la cámara frigorífica son registradas en continuo mediante sensores y son guardadas en una memoria. Estos datos son volcados a un ordenador una vez a la semana y se comprueban las temperaturas que se han mantenido en la cámara. Si en algún momento la temperatura ha subido por encima de los  $-18^{\circ}\text{C}$  se restará este tiempo a la vida de todo el material perecedero.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE INFORMACIÓN EN LA RECEPCIÓN DE MATERIALES**



## **5.2- INSTALACIONES Y EQUIPOS (ver anexo II):**

Nuestra planta de producción dispone de las siguientes instalaciones y equipos para la fabricación de estructuras en materiales compuestos:

### **5.2.1- SALA LIMPIA:**

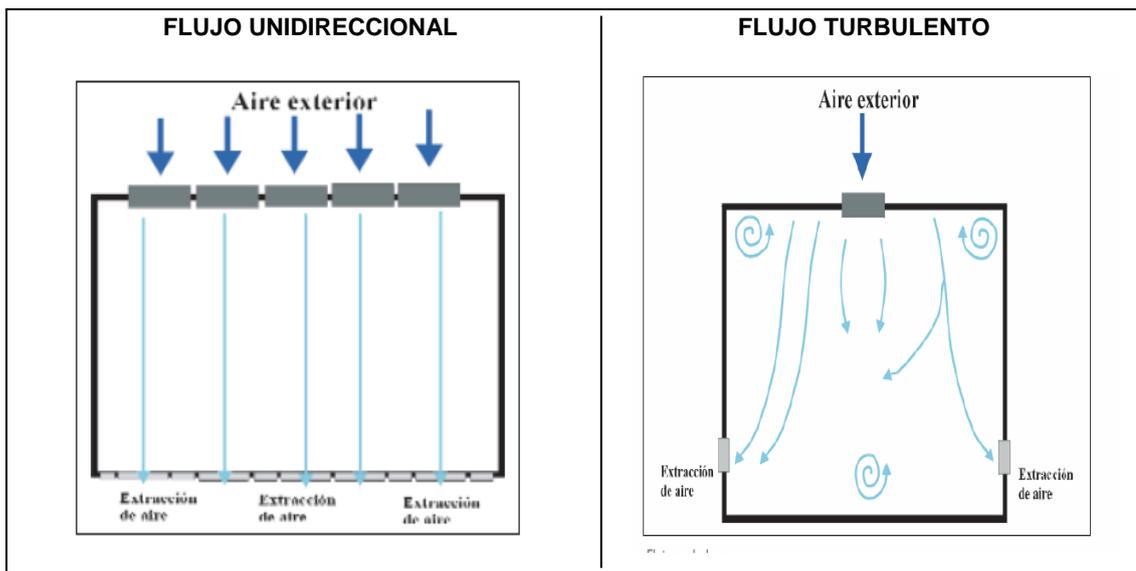
#### *A) Definición y funcionamiento de la sala limpia:*

Una sala limpia es “un local en el que se controla la concentración de partículas contenidas en el aire y que, además, su construcción y utilización se realiza de forma que el número de partículas introducidas o generadas y existentes en el interior del local sea lo menor posible y en la que, además, se puedan controlar otros parámetros importantes como: temperatura, humedad y presión”.

El control de las partículas dentro de la sala limpia se consigue por la introducción de grandes cantidades de aire. Este aire debe estar limpio y esto se logra haciéndolo pasar por filtros de alta capacidad. El aire así introducido tiene como finalidad diluir y arrastrar las partículas y bacterias que se dispersan por la habitación, ya sea por la acción de la maquinaria de producción, o por la correspondiente al personal que debe operar en su interior. Evidentemente, y para minimizar la contaminación que se produce en este último caso, dicho personal trabaja en el interior de las salas limpias provisto del material (batas, mascarillas, guantes, gorros, etc.), que se considere necesario en función de la clasificación de dicha sala.

Otra función del aire introducido en la sala limpia es asegurar una determinada presión que impida la entrada en la sala de “aire sucio”, considerando como tal todo aire que pueda introducirse en la sala sin haber sido, en primer lugar, convenientemente filtrado. Un aspecto importante en el diseño de la sala limpia es la elección de los materiales que formarán parte integrante de ella. Es deseable que estos materiales no contribuyan a la

contaminación de la sala una vez que ésta se encuentra operativa; para ello se escogerán materiales que no emitan partículas y que faciliten la limpieza durante la vida útil de la sala. Por último, parámetros como el grado de humedad, temperatura y luminosidad entre otros, son también susceptibles de control en una sala limpia aún cuando, por sí solos, no la definan necesariamente.



TIPOS DE FLUJO DE AIRE EN SALA LIMPIA

B) *Características Técnicas de la Sala Limpia:*

b.1) Superficie útil: 67 m<sup>2</sup>

b.2) Equipo Acondicionador: AIRDATA



EQUIPO ACONDICIONADOR	
Fabricante	AIRDATA
Modelo del acondicionador	MAC/MAD-801-A
Modelo del registrador	JT-901/SMART

b.3) Bombas de vacío:



BOMBAS DE VACÍO	
Fabricante	CARPANELLI
Tipo	MM56P2
<b>Condiciones de servicio</b>	
Potencia: 0,12/0,15 KW Voltaje: 220/240 Frecuencia: 50/60 Hz R.P.M.: 2850/3350 min <sup>-1</sup> Protector térmico	
BOMBAS DE VACÍO	
Fabricante	Pfeiffer Balzers
Tipo	DUO060A
<b>Condiciones de servicio</b>	
Caudal: 60 m <sup>3</sup> /h Voltaje: 380 V Frecuencia: 50/60 Hz Agente operante: P3 (4,5 litros)	

b.4) Mesas de corte de telas:

Fabricante: Aluminios Marve

Dimensiones: 2 x 3 m



b.5) Sistemas de control de temperaturas, humedad y presión diferencial:



MEDIDOR DE SOBREPRESIÓN



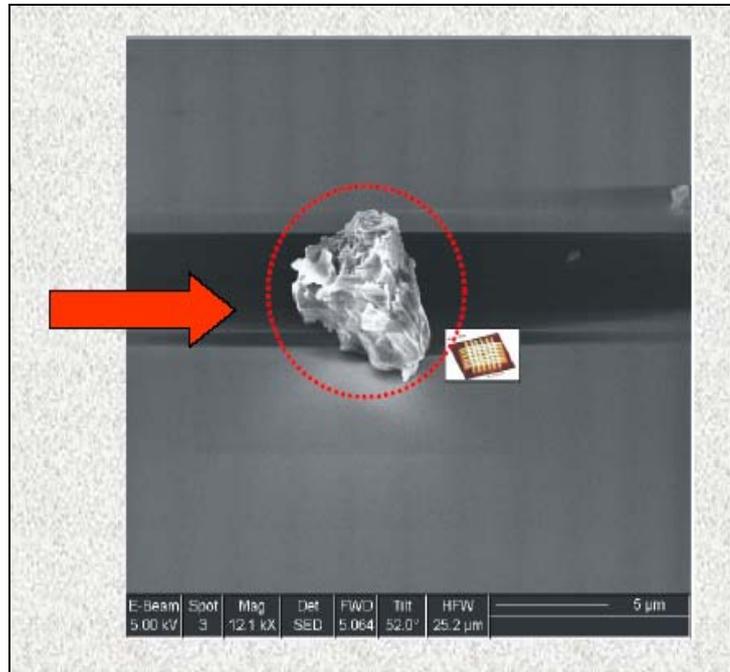
MEDIDOR/REGISTRADOR DE HUMEDAD



MEDIDOR/REGISTRADOR DE TEMPERATURA

C) *Requisitos de la sala limpia:*

c.1) El tamaño de partículas admisibles es de 5  $\mu\text{m}$ :



**DETALLE DE UNA PARTÍCULA DE 5  $\mu\text{m}$**

c.2) El aire entra por las rejillas blancas, se filtra y sale limpio por el techo

c.3) Se debe impedir la entrada de aire del exterior: Salas sobrepresurizadas mediante aire de dentro a fuera

c.4) Puertas de entrada con semáforo

c.5) Control de la contaminación que introducen los usuarios

c.6) La temperatura de trabajo es de 18-20  $^{\circ}\text{C}$

c.7) La humedad relativa es del 50%

D) *Normas de entrada y salida en sala limpia:*

El objetivo del riguroso procedimiento de entrada y salida de la sala limpia es mantener las condiciones de presión, temperatura y humedad óptimas para el manejo y conservación de los preimpregnados de fibra de carbono, vidrio o aramida; así como evitar la entrada de partículas del exterior que provoquen una disminución de la adhesividad de las resinas que las impregnan.

Para entrar y salir de la sala limpia estará rigurosamente prohibido hacerlo sin el uso de la vestimenta adecuada, es decir, batas blancas y gorro si necesitara. Otra norma de obligado cumplimiento es mantener las puertas del acceso a la sala limpia cerradas y, cuando se tenga que entrar o salir de la sala, las puertas se tendrán que abrir de forma escalonada, es decir, nunca habrá puertas abiertas al mismo tiempo, siendo la esclusa la encargada de que se cumpla esta función.

E) *Normas de trabajo en sala limpia:*

En la sala limpia está rigurosamente prohibido:

- e.1) El uso y manejo de desmoldeantes.
- e.2) Motores o equipos que desprendan aceites, grasas, lubricantes, humos o cualquier tipo de contaminante.
- e.3) Comer, beber, fumar, utilizar ceras o siliconas no polimerizadas y cualquier sustancia que actúe en detrimento de una buena adhesión de los materiales.
- e.4) El uso de útiles con deficiente estado de limpieza.

e.5) La limpieza de útiles y la aplicación de agentes desmoldeantes.

F) *Plan de limpieza de la sala limpia*

La limpieza de la sala limpia se ejecutará según las siguientes pautas, dos veces en semana:

- Equipos informáticos y material de oficina
- Suelo
- Mesas de trabajo
- Herramientas y carro de herramientas

Siempre que se vaya a proceder a la limpieza, se intentará que exista la mínima cantidad de material preimpregnado dentro de la sala limpia. Para su limpieza y la de los equipos y mobiliario que se encuentran en su interior, se siguen las siguientes pautas:

\* Para la limpieza de los equipos informáticos y del material de oficina se utilizará un trapo de algodón humedecido con agua. Dicho trapo debe estar perfectamente limpio, libre de cualquier contaminación, y no debe desprender ningún tipo de partícula.

\* Para la limpieza del suelo se usará agua limpia, sin ningún tipo de producto adicional. Está totalmente prohibido el barrido de la sala, con objeto de evitar la proyección de partículas.

\* La limpieza de las herramientas y carro, así como de las mesas de trabajo, se desarrollará de forma similar a la limpieza de los equipos informáticos y el material de oficina. Las herramientas se secarán con un trapo limpio y seco, con objeto de evitar cualquier tipo de corrosión.

\* Cada 15 días, el ingeniero asignado, inspeccionará los techos, así como todos los dispositivos colgantes y paneles de presión y vacío, y verificará que se encuentran en un estado adecuado.

### 5.2.2- AUTOCLAVE:



#### A) *Definición y características generales:*

El autoclave es el equipo de proceso en el que se realiza el curado de la resina de las piezas fabricadas con fibras preimpregnadas. Es el corazón de la planta y su funcionamiento se basa en la aplicación de presión (alcanza los 7Kg /cm<sup>2</sup>) y temperatura (alcanza hasta los 200°).

- Deben ser de circulación forzada.
- Mantener las temperaturas de estabilización de los ciclos de curado, con una tolerancia de  $\pm 5^{\circ}$  C.

- Desarrollar velocidades de calentamiento /enfriamiento en vacío o con carga entre 0,5 - 3,5° C/ min.
- Mantener las presiones requeridas durante el ciclo de curado, con una tolerancia de  $\pm 0,35$ bares.
- Registrar automáticamente y en continuo, las variables temperatura, presión y vacío según sea aplicable.
- Es recomendable que los autoclaves trabajen en atmósfera de nitrógeno.
- Capaz de alcanzar una Presión de máxima 14 bares en autoclave.
- Es recomendable que se alcance una Temperatura máxima de trabajo 300° C en autoclave.
- Se ha de garantizar un vacío en bolsa de 0,1 a 0,2 bares.
- Se deberán utilizar 2 tomas de vacío por cada m<sup>2</sup> de pieza, posicionadas diagonalmente y en los extremos opuestos de la bolsa. Una se utilizara como vacío y otra como control
- Las piezas con una superficie menor de 2 m<sup>2</sup> deberán ser controladas por un mínimo de 2 termopares. Las de más de 2 m<sup>2</sup> deberán ser controladas por un termopar por cada m<sup>2</sup> hasta alcanzar un número de máximo de 15 termopares.

- La precisión de la caja de empalmes del termopar y del registrador debe garantizar  $\pm 3^{\circ}$  C desde los  $50^{\circ}$  hasta los  $210^{\circ}$  C.

*B) Descripción del funcionamiento:*

b.1) ETAPA1: Inicio.

Una vez llenos los contenedores con el material a tratar, se transportan hasta el autoclave. Se introducen en el autoclave y se cierra la puerta mediante actuadores hidráulicos. Para garantizar el correcto cierre de la misma se incluye una válvula de seguridad de puerta que a su vez desactiva un interruptor de seguridad.

b.2) ETAPA 2: Calentamiento.

Una vez comenzado el ciclo, las resistencias eléctricas comenzarán a elevar la temperatura del aire del interior del cuerpo del autoclave según la curva de calentamiento prefijada. Dicha curva de calentamiento se habrá definido previamente en la definición de cada uno de los programas. Una regulación a base de tiristores se ocupa de incrementar o disminuir paulatinamente y, en función de las necesidades, la potencia eléctrica que le llega a cada uno de los grupos de resistencias mencionados.

b.3) ETAPA 3: Meseta de estabilización.

Al alcanzar la temperatura de proceso establecida, comenzará la fase de permanencia continuada a este valor de temperatura previamente prefijado. que haya transcurrido ese tiempo

b.4) ETAPA 4: Enfriamiento.

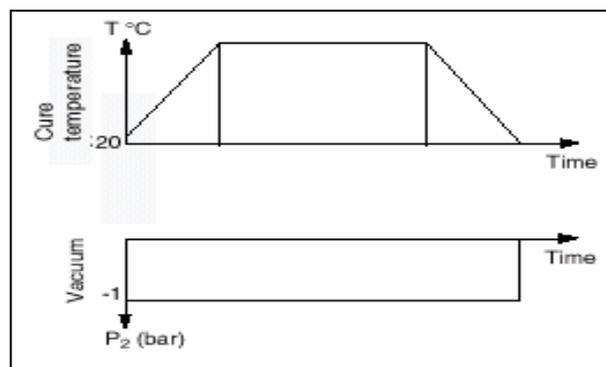
El enfriamiento se realiza después de transcurrida la fase de mantenimiento pudiendo definir exactamente la temperatura final a conseguir y el gradiente de temperatura que ha de existir durante la duración del mismo.

Físicamente, una batería intercambiadora de tubo aleteado refrigerada continuamente por agua, absorbe la cantidad de calor necesaria del aire circulante en el interior del cuerpo de presión. Una válvula neumática regula el caudal de entrada del agua a dicha batería. La presión a conseguir en cada momento del proceso, así como el gradiente de presión existente es programable, siendo totalmente independiente de las temperaturas a conseguir o de las fases de proceso a realizar.

b.5) ETAPA 6: Fin del ciclo.

Una vez finalizado el enfriamiento y regularizada la presión interior, el microprocesador señalará el fin de ciclo, pudiendo a partir de este momento abrir la puerta y retirar los carros de producto.

A continuación se presenta la forma genérica de los ciclos de curado en cuanto a temperatura y presión:



C) *Características técnicas:*

c.1) Autoclave Scholz:



**DETALLES DE PUERTA Y MANÓMETRO DE AUTOCLAVE**

AUTOCLAVE	
Diámetro exterior	1400 mm
Longitud	1500 mm (long.útil)
Presión de trabajo máxima	15 bares
Temperatura máxima de servicio	200°C
Contenido	4300 litros

c.2) Armario de control Scholz:



**CUADRO DE CONTROLADORES**

ARMARIO CONTROL AUTOCLAVE	
Fabricante	Scholz
Tensión de servicio	400 V 50 Hz
Tensión de control	230 V 50 Hz

c.3) Carros de transporte para autoclave

c.4) Dos Bombas de impulsión de agua de autoclave :



**BOMBAS DE AGUA**

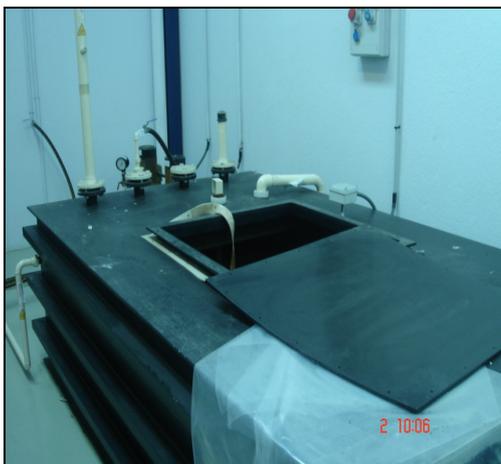
BOMBAS DE AGUA	
Modelo	A500003 M 9134
Tipo	CR-16-30 A-A-A
<b>Condiciones de servicio</b>	
R.P.M.: 2900 min <sup>-1</sup> Q: 16 m <sup>3</sup> /h H: 36,7 m P: 16 bares Tª: 120 °C	

c.5) Depósito enfriador-intercambiador de calor:

DEPOSITO INTERCAMBIADOR DE CALOR	
Marca	KONDOMAT
Modelo	WD57UL 12X12
Contenido	630 L
Caudal de extracción	1,2 m3/h
Presión de extracción	0,87 bares

Este equipo lleva integrado un intercambiador de calor (HEIZBÜNDEL de 100M).

c.6) Depósito de agua de polietileno para autoclave Schubert:



**TANQUE DE AGUA DEL AUTOCLAVE**

El tanque consiste en un recipiente cerrado, sin presión, con capacidad para 3000 L.

c.7) Bomba de vacío para autoclave con motor Halter Elektromotoren:

BOMBAS DE VACÍO PARA AUTOCLAVE	
Tipo	D190-613.815
Condiciones de servicio	
Potencia: 1,1 KW / Voltaje: 220/380 V R.P.M.: 1410 min <sup>-1</sup>	

Lleva integrada un depósito de aceite, tipo: 025-136 329451

c.8) Depósito de vacío Scholz:



DEPÓSITO DE VACÍO DE AUTOCLAVE

**DEPOSITO DE VACÍO AUTOCLAVE**

**Condiciones de servicio**

Tªservicio: 200°C  
 Presión de servicio: -1 bar  
 Contenido: 100 litros

c.9) Compresor de aire de autoclave:



**COMPRESOR DE AIRE**

**COMPRESOR AIRE**

Modelo	Modelo RSE 11KW1510-500 V 400 ABAC
Fabricante	Abac Ibérica

### 5.2.3- INSTALACIONES FRIGORÍFICAS:



#### A) *Descripción de la cámara frigorífica:*

Las instalaciones frigoríficas de la planta consiste en un congelador en el que se almacenan todo el material preimpregnado y los demás materiales perecederos. En la cámara se mantiene una temperatura constante de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  que es controlada y medida en continuo a través de 4 sensores, colocados en cada una de las esquinas. Estos registros son guardados en una memoria interna y volcados a un PC una vez a la semana.

Los registros se comprueban y debemos asegurarnos que la temperatura nunca esté por encima de este valor, ya que de lo contrario habría que restar tiempo de vida a los materiales que están dentro y podrían llegar a ser considerados no conformes.

#### B) *Características Técnicas:*

##### b.1) Cámara frigorífica Zanotti:

CÁMARA FRIGORÍFICA	
Fabricante	ZANOTTI
Modelo	BDB135NO02F
Dimensiones	3,5 m <sup>2</sup>
<b>condiciones de operación</b>	
Rango de temperatura –30 °C a 5° C	

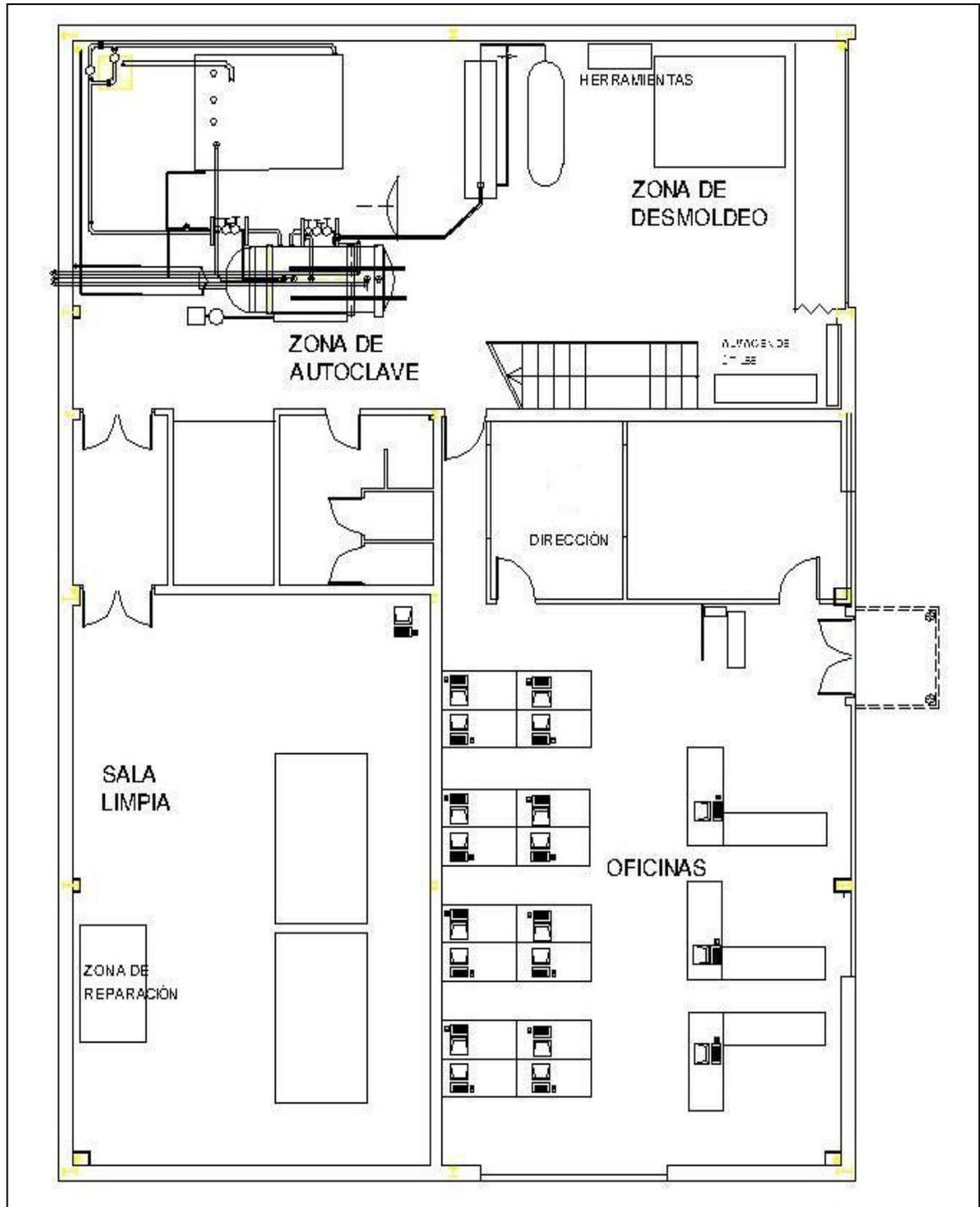
Se compone de:

1. Una unidad condensadora instalada externamente a la cámara.
2. Una parte evaporadora instalada dentro de la cámara.
3. Un cuadro eléctrico de control y mando, colocado en el equipo condensador con un panel de mando remoto (opcional) con sujeción en la pared, tal y como se muestra en la figura siguiente:



**CUADRO DE CONTROL Y REGISTRADORES DE CÁMARA FRIGORÍFICA**

### 5.2.4- PLANO DE INSTALACIONES EN PLANTA



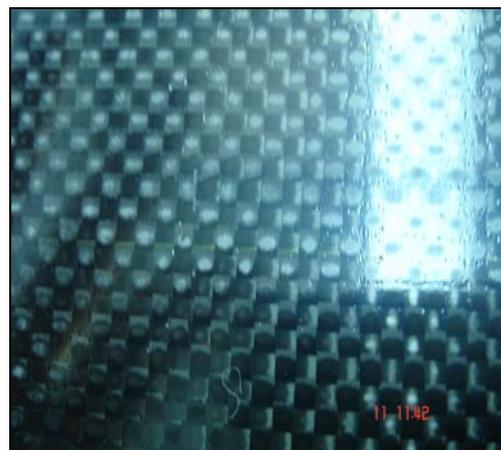
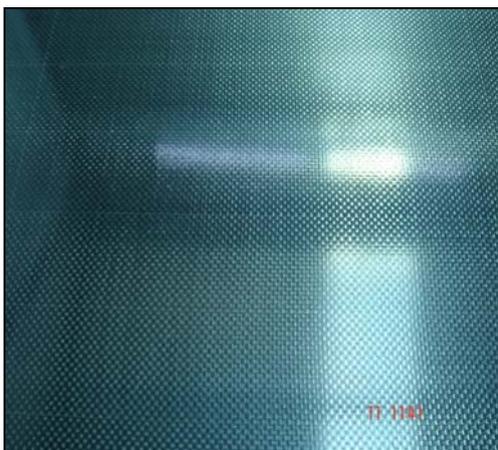
### 5.3- UTILLAJE:

Según la normativa aeronáutica, el material utilizado en la fabricación de los útiles, tiene que tener el mismo, o parecido, *coeficiente de dilatación* que el tipo de fibra que se le coloque encima. Esto se exige así para evitar que las tensiones creadas entre el útil y la fibra durante el ciclo de curado, den como resultado una pieza con pandeo o con una forma final que exceda las tolerancias permitidas.

Otra exigencia más de la norma con respecto al utillaje, hace referencia al *acabado superficial del útil*, que no debe ser menor de 125 HRH (Ra = 3,2  $\mu\text{m}$  o mejor). Este acabado se consigue con la utilización de lijas de grano muy fino y con estropajos “Scotch-Brite” para pulir el útil finalmente.

El acabado superficial exigido tiene como objeto que la cara de la pieza que va tocando el útil tenga un aspecto brillante, más conocido como “cara útil” y que la resina no se introduzca en las pequeñas grietas del útil y pueda provocar que la pieza tenga zonas con falta de resina.

#### *Detalles de acabados superficiales “cara útil”:*



El tipo de material que utilizamos como norma general en la fabricación de utillaje es una aleación de Aluminio ( Al -T2024) que entre otras características y propiedades mecánicas, tiene las siguientes:

- Mismo coeficiente de dilatación que la fibra de carbono.
- Velocidad de calentamiento / enfriamiento adecuada para producir piezas dentro de las tolerancias admisibles.
- Ligereza
- Acabado superficial exigido fácil de conseguir.

#### **5.4 - PERSONAL:**

Las personas que se incorporen a la división de materiales compuestos, deberán de pasar por un periodo de formación interna. En este periodo el personal responsable de la persona en cuestión facilitará una formación tanto a nivel teórico como a nivel práctico, cuyo objetivo será conseguir que la persona domine al final del periodo de formación aspectos tan diversos como son:

- Diseño y fabricación de piezas en CFRP.
- Desarrollos de proyectos relacionados con los materiales compuestos a nivel de fabricación.
- Desarrollo de proyecto a nivel de I+D+i.
- Conocimiento de un sistema de gestión de producción.

- Conocimiento de la ingeniería de planta, en una Nave de fabricación de elemento en CFRP.
- Gestión de recursos para el desarrollo de proyectos.

Como prueba de conocimiento inicial se le hará el examen de conocimiento de materiales compuestos.

Para poder conseguir estos resultados, se desarrollará un plan de formación interno, que tendrá una duración estimada de 6 meses, en los que se incidirá en aspectos tanto a nivel teórico (técnico) como práctico (operativo), el cual pasamos a definir. Para desarrollar esta formación, dividiremos, los meses de formación dependiendo de las distintas áreas de operación y de conocimiento. Así en cuanto a la formación práctica (operativa), existen las siguientes áreas:

- o Área de sala limpia.
- o Área de autoclave.
- o Área de recanteo.
- o Área de recepción y expediciones.

En cuanto a la parte técnica (teórica), las distintas áreas de conocimiento serán:

- o Conocimiento general en CFRP.
- o Conocimiento en fabricación de CFRP.
- o Conocimiento en tecnologías de CFRP.
- o Conocimiento en la gestión de producción de CFRP.
- o Conocimiento en la gestión del sistema de calidad de la Div. De Materiales Compuestos.

En las tablas de las páginas siguientes podemos ver el:

**PLAN FORMATIVO DE LA DIVISIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**

MES	CATEGORÍA	PERIODO	DOCUMENTACIÓN	NIVEL TÉCNICO	DOCUMENTACIÓN	NIVEL OPERATIVO	ÁREA
Mes 1	Técnico Categoría 1	1ª Quincena	Memoria Proyecto alfa Fase1-Fase2	Conocimiento general de CFRP	Procesos y Procedimientos Div Mat Compuestos.	Corte de telas de CFRP y apilamiento de telas	Sala limpia
		2ª Quincena	Memoria Proyecto alfa Fase1-Fase2	Conocimiento general de CFRP	Procesos y Procedimientos Div Mat Compuestos.	Corte de telas de CFRP, apilamiento de telas, bolsas de compactación	Sala limpia
Mes 2	Técnico Categoría 2	1ª Quincena	Norma I+D-P-233.	Conocimiento en fabricación de materiales compuestos.	Libros de lay up y Documentación anterior.	Etapas anteriores y realización de bolsas de curados de paneles planos.	Sala limpia
		2ª Quincena	Norma I+D-P-233.	Conocimiento en fabricación de materiales compuestos.	Libros de lay up y Documentación anterior.	Etapas anteriores y realización de bolsas de curados tubulares.	Sala limpia
Mes 3	Técnico Categoría 3	1ª Quincena	Norma I+D-P-387	Conocimiento de mecanizado de materiales compuestos.	Ordenes de producción	Mecanizado, rebarbado y acabado de piezas planas.	Área de recorte y expediciones
		2ª Quincena	Norma I+D-P-387	Conocimiento de mecanizado de materiales compuestos.	Ordenes de producción	Mecanizado, rebarbado y acabado de piezas planas.	Área de recorte y expediciones
Mes 4	Técnico Categoría 4	1ª Quincena	Norma I+D-P-053	Conocimiento de reparación de materiales compuestos.	HNC´s y Hojas de propuestas de reparación.	Reparación y procesos de mecanizado y acabado de piezas de geometría variable.	Área de recorte y expediciones
		2ª Quincena	Norma I+D-P-053	Conocimiento de reparación de materiales compuestos.	HNC´s y Hojas de propuestas de reparación.	Reparación y procesos de mecanizado y acabado de piezas de geometría variable.	Área de recorte y expediciones

Mes 5	Técnico Categoría 5	1ª Quincena	Seminarios internos de formación	Conocimiento de tecnologías de fabricación de materiales compuestos	Seminarios internos de formación	Control de ciclos de autoclave. Control de mantenimiento del autoclave	Área de autoclave
		2ª Quincena	Seminarios internos de formación y procedimientos internos	Desarrollo y seguimiento de órdenes de producción	Seminarios internos de formación	Diseño por CATIA V5 de elementos.	Sala limpia
Mes 6	Técnico Categoría 6	1ª Quincena	Procedimientos de SGCalidad de la Div Materiales compuestos.	Desarrollo de IT's y Procedimientos para nuevos procesos.	Seguimiento de proyectos en curso con el equipo de materiales compuestos	Seguimiento de proyectos en curso con el equipo de materiales compuestos	Sala limpia/Oficinas
		2ª Quincena	Normativa de I+d+i	Elaboración de información para realizar un proyecto de I+D+i y ejecución del existente	Seguimiento de proyectos en curso con el equipo de materiales compuestos	Seguimiento de proyectos en curso con el equipo de materiales compuestos	Sala limpia/Oficinas

En la División de Materiales Compuestos se pueden distinguir 5 niveles formativos, detallándose a continuación las necesidades para el cumplimiento de cada uno de ellos.

**NIVEL 1:**

<i>PRÁCTICO:</i>	<i>TEÓRICO:</i>
Experiencia de al menos un mes en las actividades desarrolladas en la sala limpia (corte de telas, apilamiento y fabricación de bolsas de curado).	Haber superado el test inicial para NIVEL 1 (TEST-N1-DMC).

**NIVEL 2.**

<i>PRÁCTICO:</i>	<i>TEÓRICO:</i>
Experiencia de dos meses en las actividades desarrolladas en la sala limpia (corte de telas, apilamiento y fabricación de bolsas de curado).	Experiencia de al menos un mes en las actividades desarrolladas en la zona de autoclave y recanteo.

**NIVEL 3.**

<i>PRÁCTICO:</i>	<i>TEÓRICO:</i>
Experiencia de más de tres meses en las actividades desarrolladas en la sala limpia y áreas de autoclave y recanteo.	Haber superado el test correspondiente al NIVEL 3 (TEST-N3-DMC).
Experiencia de tres meses en las actividades de gestión de la producción	Conocimiento absoluto de la normativa aplicable a la fabricación de laminados.
	Cursos formativos internos o externos.

#### **NIVEL 4.**

<i>PRÁCTICO:</i>	<i>TEÓRICO:</i>
<p>Experiencia de más de seis meses en las actividades desarrolladas en la sala limpia y áreas de autoclave y recanteo.</p> <p>Experiencia de más de seis meses en las actividades de gestión de la producción.</p>	<p>Haber superado el test correspondiente al NIVEL 4 (TEST-N4-DMC).</p> <p>Conocimiento absoluto de la normativa aplicable a la fabricación de laminados.</p> <p>Conocimiento de diferentes tecnologías de fabricación de composites.</p> <p>Cursos formativos internos o externos.</p>

#### **NIVEL 5.**

<i>PRÁCTICO:</i>	<i>TEÓRICO:</i>
<p>Experiencia de más de un año en las actividades desarrolladas en el área de producción.</p> <p>Experiencia de más de más de un año en las actividades de gestión de la producción.</p>	<p>Haber superado el test correspondiente al NIVEL 5 (TEST-N5-DMC).</p> <p>Conocimiento absoluto de la normativa aplicable a la fabricación de laminados.</p> <p>Conocimiento de la normativa aplicable a la fabricación de composites.</p> <p>Conocimiento y desarrollo de diferentes tecnologías de fabricación de composites.</p> <p>Cursos formativos internos o externos.</p>

## **CAPÍTULO 6:**

### **FABRICACIÓN DE PROBETAS DE CERTIFICACIÓN**

La fabricación y ensayo de los paneles de certificación son requisitos indispensables para obtener la certificación. El número de probetas a realizar en el caso de subcontratistas (nuestro caso) es doble, uno para ensayar por nosotros mismos y otro para que lo ensaye el cliente independientemente.

Como ya se ha dicho en el capítulo cuatro, el alcance de esta certificación engloba la fabricación de estructuras sándwich con materiales preimpregnados de fibra de carbono, kevlar y vidrio, por lo tanto vamos a tener que fabricar y ensayar seis probetas (dos para cada material). El proceso de fabricación es común para todas las probetas independientemente del material con el que estén fabricadas, siendo la única diferencia la configuración de las telas, el tamaño y en el caso de las probetas de fibra de vidrio el uso de adhesivo en la configuración.

Por tanto, la descripción del proceso de fabricación la vamos a dividir en los siguientes apartados desarrollados por orden de actividades:

#### **6.1- MATERIALES Y EQUIPOS AUXILIARES PARA LA FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS:**

#### **6.2- PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS:**

6.2.1.- CORTE DE TELAS

6.2.2- APILAMIENTO MANUAL

6.2.3- PREPARACIÓN DEL NÚCLEO

6.2.4- UNIÓN DE LAS TELAS Y EL NÚCLEO

6.2.5.- FABRICACIÓN DE BOLSA DE CURADO

6.2.6- CURADO EN AUTOCLAVE

6.2.7- DESMOLDEO

6.2.8- RECANTEO

### **6.3- CONFIGURACIÓN DE LAS PROBETAS**

6.3.1- FIBRA DE CARBONO

6.3.2- FIBRA DE ARAMIDA/KEVLAR

6.3.3- FIBRA DE VIDRIO

### **6.1-MATERIALES Y EQUIPOS AUXILIARES PARA LA FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS:**

Los siguientes equipos y materiales intervienen en la fabricación de las probetas:

#### **Equipos y dispositivos auxiliares:**

- Termopares (12)
- Manguera de vacío y conexiones
- Toma de vacío (16)

#### **Materiales auxiliares**

- Pasta de sellado (10)
- Film separador (14)
- Manta aireadora (15)
- Cinta de fibra de vidrio (11)
- Corcho (9)
- Película para bolsa de vacío (17)
- Cinta adhesiva de alta temperatura (7)

#### **Utillaje**

- Placa plana de aluminio de 1060x940 (1)

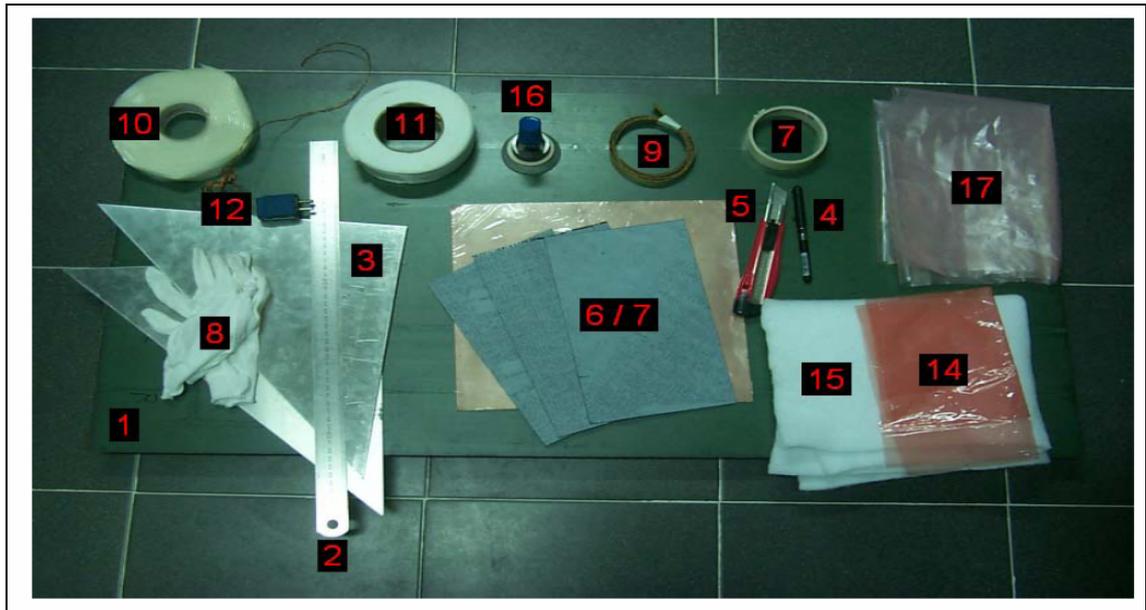
#### **Herramientas auxiliares**

- Papel de limpieza
- Alcohol isopropílico
- Marcador permanente (4)
- Regla (2)

- Guantes de algodón (8)
- Cúter (5)
- Plantillas de corte (3)

### Material

- Cinta y/o tejido de fibra preimpregnados (6, 7)
- Núcleos (17)



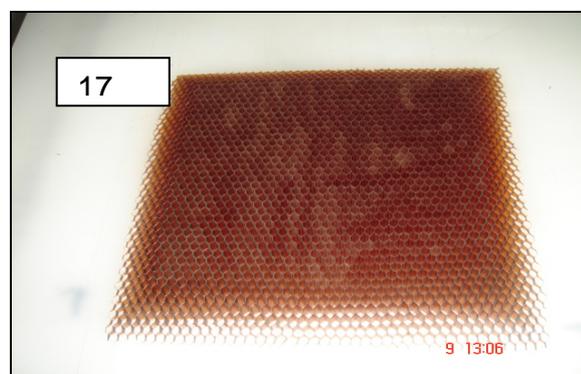
CARBONO



KEVLAR



VIDRIO



NUCLEO HONEYCOMB

## **6.2- PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS (ver anexo III):**

### **6.2.1.- CORTE DE TELAS:**

Todo el proceso de corte de las telas que van a formar parte de las probetas se realizan dentro de la sala limpia o sala de Hand Lay Up, siguiendo un procedimiento y normas internas (según normativa aeronáutica) en cuanto a herramientas de corte, vestuario y secuencia de actividades se refiere y que son las siguientes:

□ Herramientas de corte:

- Cútter.
- Regla metálica calibrada.
- Escuadras y cartabones metálicos.
- Plantillas de corte.

□ Vestuario:

Mientras se lleva a cabo el corte de telas, es de obligado uso utilizar:

- Guantes blancos de algodón.
- Bata blanca.

Estará totalmente prohibido entrar en el área de corte de telas (sala limpia), sin estar provisto de bata blanca.

□ Secuencia de actividades:

### **1º) Atemperamiento del material.**

Una vez se lleva el material preimpregnado a la sala limpia mediante, este debe permanecer en ella 4 horas (atemperamiento), antes de proceder al corte de las telas /kits necesarios.

Para controlar que dicho atemperamiento se ha llevado a cabo, se revisará la hoja de control de vida, que va anexa a cada material, consultando en ésta la hora de entrada del material en la sala limpia; y una vez ha transcurrido el tiempo necesario, se pasa a la ejecución del corte de las telas/kits correspondientes.

### **2º) Corte de telas.**



**OPERARIOS REALIZANDO EL CORTE DE TELAS**

Para desarrollar el corte de las telas/kits, se debe consultar la documentación que se describe a continuación:

#### Orden de producción:

En la orden de producción se consultará el material y número de rollo del cual debemos cortar las telas/kits asociados a la misma, así como las dimensiones de las mismas.

Libro de Lay Up: (ver anexo Libro de Lay Up)

En el libro de lay-up se consultarán las dimensiones de las telas (verificando que son las que aparecen en la orden de producción), así como la orientación que debe llevar el corte sobre el rollo de material preimpregnado.

Tras el corte de cada una de las telas, se identificarán las mismas, escribiendo en el film protector la siguiente codificación:

COD-XXX-YY

dónde,

- XXX es el número de la orden de producción.
- YY es el número de la tela que forma parte del kit perteneciente a la orden de producción.

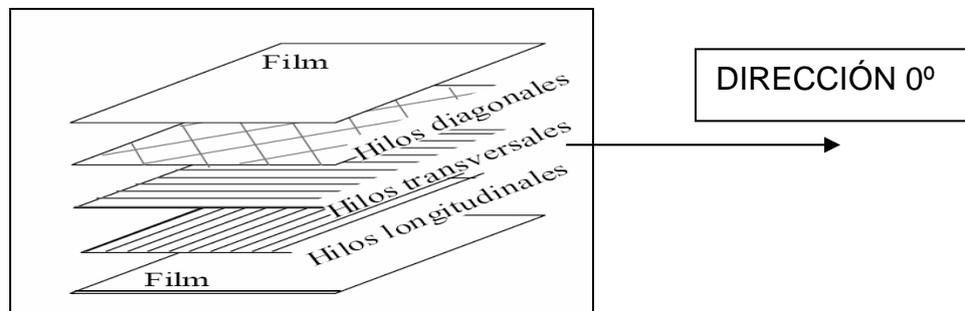
Una vez se ha llevado el corte de todas las telas, se realizará una inspección visual, comprobando que no existen:

- Contaminaciones.
- Desgarraduras
- Cortes o geometría distinta de la indicada en el plano

Si las telas cortadas no van a ser apiladas de forma inmediata, deben ser agrupadas e identificadas en kits, para su posterior almacenaje en la cámara frigorífica. Para ello introducimos las telas correspondientes junto con su orden de producción dentro de una bolsa de polietileno y la sellamos con pasta de vacío para evitar que entre humedad de la cámara y pueda dañarse el material.

### 6.2.2- APILAMIENTO MANUAL DE TELAS:

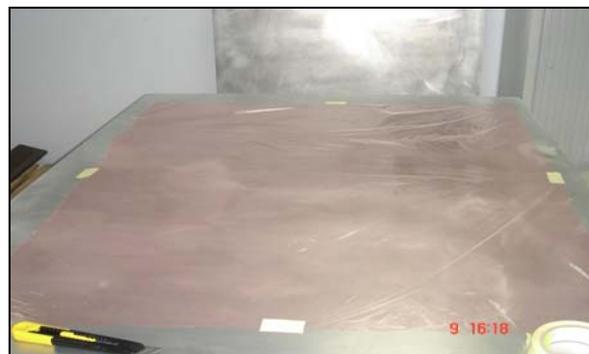
El apilamiento es la operación que consiste en colocar las telas una encima de otra para formar el empilado que es el conjunto de telas que recubrirá el núcleo en nuestras probetas. La dirección que debe llevar cada una de las telas en las probetas tiene que ser la que se nos indica en la norma, que como veremos en apartados posteriores, para el caso de probetas de certificación, son todas a  $0^{\circ}$  (dirección de la urdimbre del rollo de fibra)



#### Secuencia de actividades:

##### **1º) Colocación de la primera tela.**

Antes de colocar la primera tela sobre el útil, y en el caso de que así se refleje en el libro de lay-up, se colocará entre el útil y dicha tela una capa de film desmoldeante A4000 o 5200.



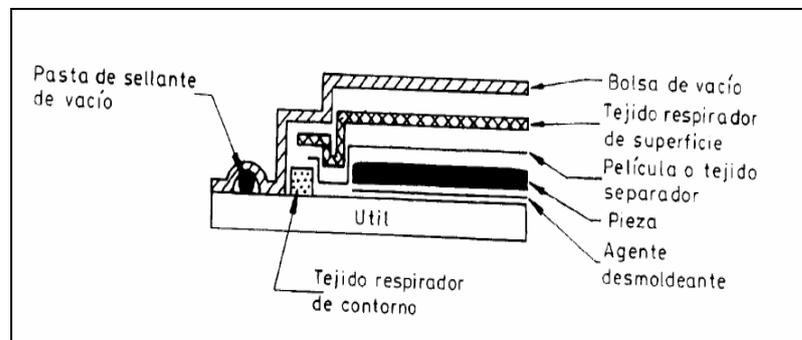
**PELÍCULA DE DESMOLDEANTE**

A continuación se apila la primera tela utilizando una paleta de nylon. Es necesario evitar la oclusión de aire entre el útil y la tela, así como la formación de arrugas. Se intentará siempre apilar en la dirección de la urdimbre.

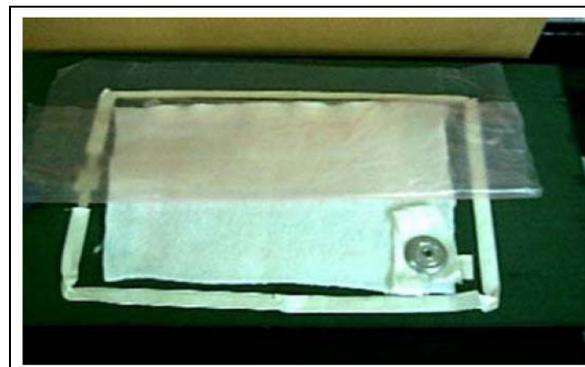
## **2º) Compactación de la primera tela (aplicar vacío).**

Para cualquier tipo de pieza, es obligatorio llevar a cabo la compactación en frío de la primera tela de material. Esta operación tiene como finalidad extraer todo el aire que pueda haber retenido entre las fibras de material preimpregnado (que puede producir futuras delaminaciones). Para ello, se seguirá el plano o libro de lay-up aplicable a la pieza, y los pasos descritos a continuación:

- *Corte de materiales auxiliares*
- *Fabricación de la bolsa de compactación:*



**ESQUEMA DE BOLSA DE COMPACTACIÓN**



**DETALLE DE BOLSA FABRICADA**

- *Aplicación de vacío.*

Una vez cerrada la bolsa adecuadamente, se procederá a la aplicación de vacío para la compactación en frío que me permite como ya hemos dicho la eliminación del aire existente entre las fibras.



**DETALLE DE BOLSA DE COMPACTACIÓN**

Según la normativa aplicada, la presión de vacío en bolsa en sándwich tiene que ser inferior a 530-630 mmHg y no debe de exceder de los 6 minutos de aplicación, sin embargo, en laminados puede llegar a ser de 760 mmHg y puede exceder los 10 minutos de aplicación.

### **3º) Colocación de las sucesivas telas (sin vacío).**

Las demás telas se colocarán una encima de otra con una tolerancia de orientación según norma de  $\pm 5^\circ$  y ayudándose de la pala de nylon para impedir la formación de arrugas y la oclusión de aire entre las capas.

Según dice la normativa, la compactación en frío deberá repetirse cada 3 telas, teniendo que repetir el anterior proceso y teniendo en cuenta la presión de vacío cuando la compactación incluya el núcleo.

### 6.2.3- PREPARACIÓN DEL NÚCLEO:

El núcleo es la parte de la probeta más delicada y a la que hay que dedicarle una especial manipulación, ya que cualquier tipo de acción brusca sobre el mismo, puede dañarlo de forma irreversible.

El núcleo que vamos a usar en nuestras probetas es un núcleo de fibra de vidrio; al ser un núcleo que formará parte estructural de las probetas, no son aplicables ningún tipo de proceso de:

- Grapado
- Macizado
- Estabilizado
- Encolado

No obstante, sí que serán necesario realizarle procesos de mecanizado y limpieza del núcleo. Todas estas operaciones se realizarán en la zona dedicada a dicho fin e identificada con el nombre de “Zona de Recanteo”.



**ZONA DE RECANTEO**

Para realizar la operación de mecanizado es obligatorio hacer uso de la vestimenta apropiada y consiste en:

- Gafas de protección
- Mascarilla buco-nasal
- Aislante de oídos
- Mono de trabajo Tyvek
- Botas de seguridad
- Guantes



Dentro de las operaciones de mecanizado vamos a ver tres tipos de operaciones bien diferenciadas, tanto por las herramientas que se usan para cada una, como por el objetivo de las mismas.

Secuencia de actividades:

### **1º) Recantado del núcleo:**

Esta operación pretende dar la forma, en cuanto a dimensiones se refiere, al núcleo, según el tamaño que éste tiene que tener en la probeta.

Para el corte utilizaremos una máquina de sierra con disco diamantado (tal y como se muestra en la figura) y mecanizaremos según las dimensiones definidas en la norma AK-2223-X que tienen que coincidir con las de la orden de producción de dichas probetas.



MÁQUINA DE RECANTEO

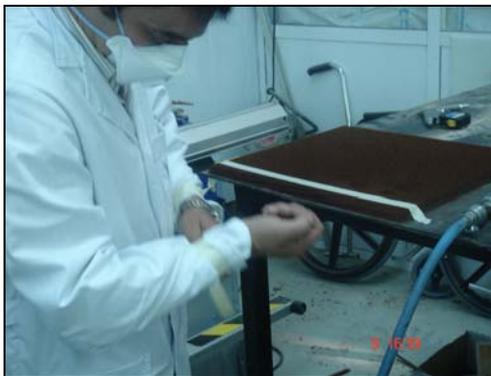


RECANTEO DE NÚCLEO

## 2º) Achaflanado del núcleo:

Esta operación tiene como objetivo el mecanizado de los laterales del núcleo para hacerle el chaflán necesario para cada probeta y que vienen definidos en la norma AK-2223-X. El chaflán es el ángulo que llevan los laterales de los núcleos y que en las probetas de certificación sándwich será de 30º en todos los casos.

Para realizar el chaflán se utilizarán herramientas neumáticas manuales que consisten en una pistola neumática con cabezal giratorio al que se le acopla una lija circular. Lo podemos ver en las siguientes figura:



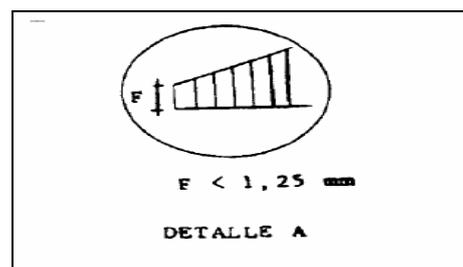
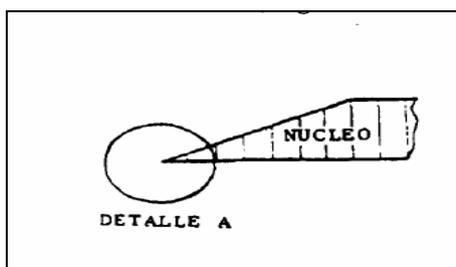
PREPARACIÓN DEL NÚCLEO



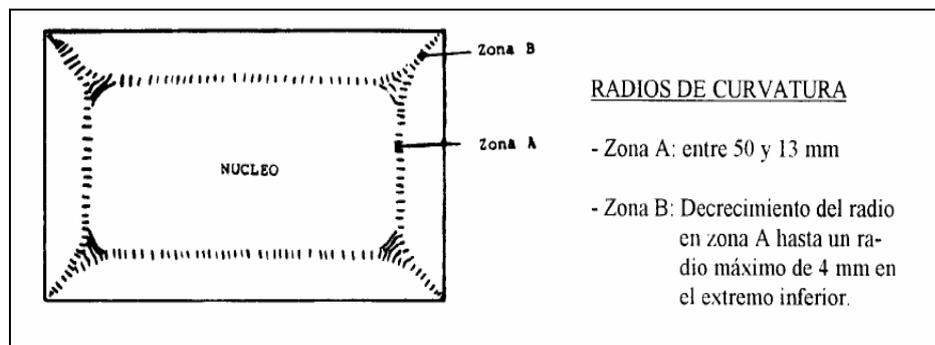
REALIZACIÓN DEL ACHAFLANADO

Las tolerancias en los chaflanes y los radios de curvatura en núcleos quedan perfectamente definidos en la norma I+D-1 y podemos resaltar los puntos siguientes:

- *Salvo indicación específica, no se permiten radios ni contornos en el filo inferior del chaflán del núcleo, siendo la altura del filo como máximo de 1.25mm, según muestra la figura siguiente:*



- Para que las telas de recubrimiento ajusten adecuadamente, el resto de las aristas vivas del núcleo se podrán redondear con los radios de acuerdo a la figura siguiente:



### 3º) Limpieza del núcleo:

Una vez que el núcleo tenga las medidas y chaflán requeridos pasaremos a su limpieza final. Para ello procederemos como indica la norma I+D-1, en la que se nos dice que el núcleo tiene que ser limpiado mediante aspiración o soplado de aire a compresión limpio y seco. En esta operación hay que tener mucho cuidado de no causar daño al núcleo.

Si el núcleo se nos ha contaminado durante el proceso de mecanizado tendremos que limpiarlo mediante frotamiento con un disolvente adecuado, en nuestro caso MEK (peróxido de metil etil cetona).



PROCESO DE LIMPIEZA DEL NÚCLEO

Tanto para las operaciones de aspiración, soplado y limpieza con MEK, es necesario el uso de vestuario adecuado, que en este caso se compone de:

- Gafas de protección
- Mascarilla buco-nasal (polvo y gases)
- Mono de trabajo Tyvek
- Botas de seguridad
- Guantes de látex (para el MEK)

Una vez perfectamente limpio es núcleo lo embolsamos en un envoltorio de polietileno y lo termosellamos para que no vuelva a ensuciarse. Entonces el núcleo está ya listo para su uso en la fabricación de las probetas, así que la apertura del termosellado tendrá que realizarse en la sala limpia en el momento de su uso y será manipulado con guantes de algodón para evitar contaminar el núcleo con la grasa de las manos y provocar una mala adherencia de la resina en el curado.

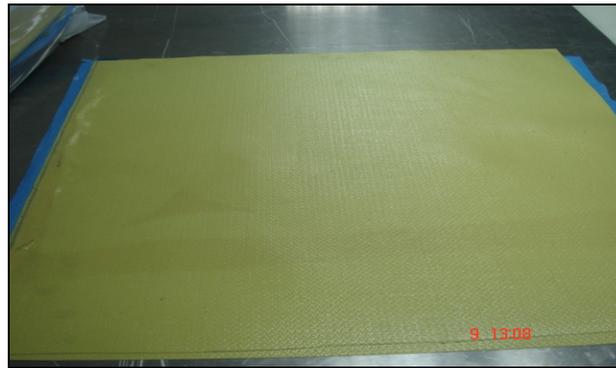
#### **6.2.4- UNIÓN DE NÚCLEO CON TELAS DE FIBRA:**

Una vez que ya tenemos el núcleo y las telas con las dimensiones, compactaciones y perfectamente limpios, sólo nos queda fabricar la estructura, es decir, colocar las telas y el núcleo con la disposición adecuada para formar la probeta que luego ensayaremos. Para ello haremos un sándwich con las telas y el núcleo de la siguiente manera:

##### Secuencia de actividades:

##### **1º) Colocamos las telas que van en la cara útil (cara de abajo):**

El número de telas y disposición de las mismas variará en función de la probeta que estemos haciendo.



TELAS DE FIBRA DE ARAMIDA

**2º) Colocamos el núcleo encima:**

Hay que tener especial cuidado con la dirección del Ribbon que en unos casos irá en el sentido de la urdimbre de las telas y en otros al contrario, dependiendo de la probeta.



ARAMIDA Y NÚCLEO

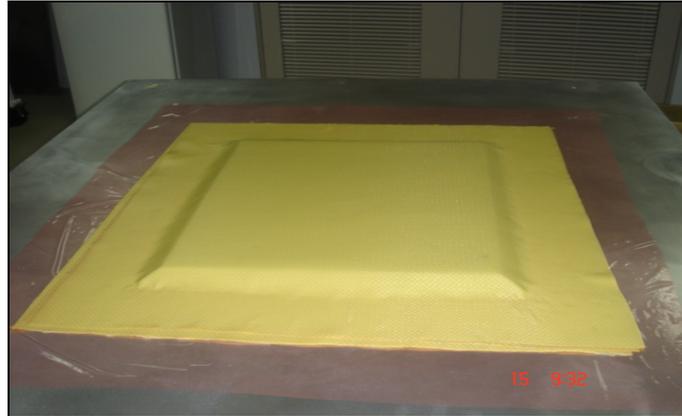
**3º) Laminamos y adaptamos las telas restantes al núcleo:**



CIERRE DEL SÁNDWICH



CIERRE DEL SÁNDWICH

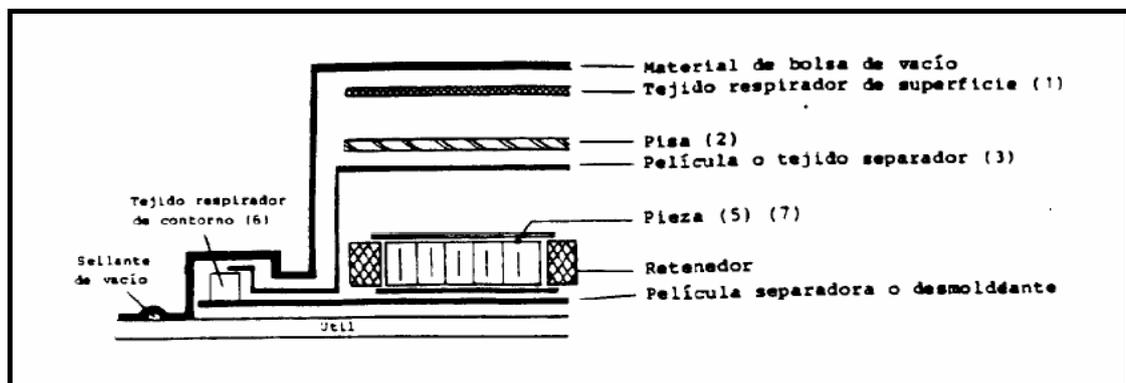


ADAPTACIÓN DE LAS TELAS

### 6.2.5- FABRICACIÓN DE LA BOLSA DE CURADO:

La fabricación de la bolsa de curado es sin duda la etapa de la fabricación más compleja y lenta, ya que de ella depende en gran parte que la pieza tenga un acabado apropiado para poder ser introducida en la estructura de un avión.

La bolsa de curado es la que va introducida dentro del autoclave a una alta presión y temperatura durante ciclos de hasta cinco horas, así que cualquier desperfecto de la bolsa que no haya sido detectado antes de introducirla en el autoclave, podrá ocasionar que la bolsa se rompa durante el ciclo, provocando desde un simple desperfecto en la pieza hasta que ésta se inflame y pueda arder el autoclave. La fabricación de esta bolsa de curado para estructuras sándwich están normalizada según las normas I+D-1, I+D-2, I+D-3 y su estructura es la siguiente:



ESQUEMA DE LA BOLSA DE VACÍO

A continuación vamos a describir el proceso de fabricación de dicha bolsa con todas sus etapas:

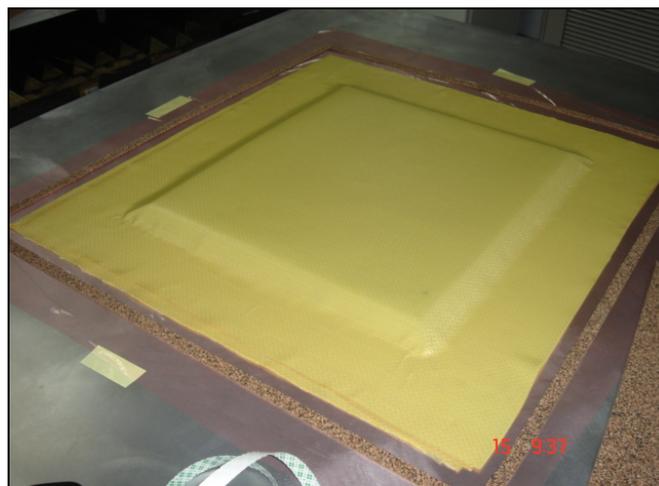
Secuencia de actividades:

**1º) Colocación del film desmoldeante:**

El film desmoldeante se utiliza para evitar que la pieza se pegue al útil durante el curado, provocando que no pueda ser desmoldeada correctamente y se produzcan daños estructurales.

**2º) Colocación del corcho retenedor:**

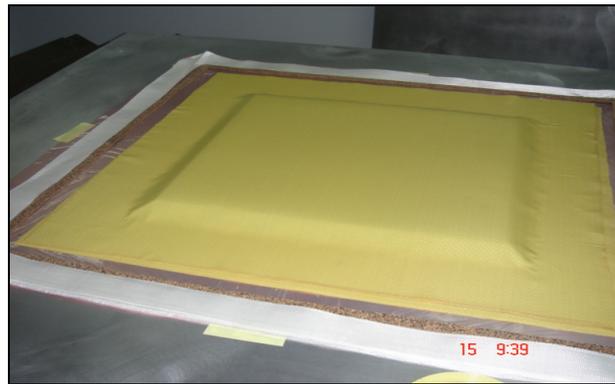
El corcho retenedor se coloca en todo el perímetro de la pieza y muy cerca del borde de la misma. Este material tiene la función de impedir que la resina del preimpregnado rebose durante el ciclo de curado y quede esparcida por el útil. Evitamos así que la pieza curada presente zonas con escasez de resina que pueden dar lugar a una disminución de las propiedades mecánicas del elemento.



**DETALLE DEL CORCHO RETENEDOR**

### **3º) Colocación de la cinta de contorno de fibra de vidrio.**

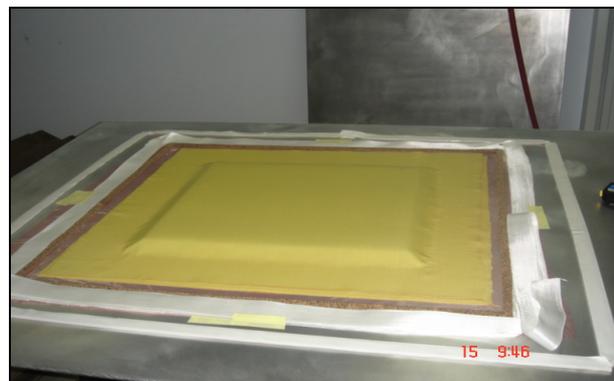
Siguiendo el mismo contorno del corcho retenedor, se colocará el aireador de fibra de vidrio, con sumo cuidado, evitando el posible desprendimiento de fibras sobre el conjunto de telas, o sobre la superficie del útil. Este material tiene como función ayudar a la extracción del aire que pueda haber quedado retenido en la pieza.



**DETALLE DE LA CINTA DE VIDRIO DE CONTORNO**

### **4º) Colocación de la pasta de sellado:**

Se colocará la pasta de sellado siguiendo el contorno del aireador de fibra de vidrio, evitando que dicha pasta solape con la fibra. Una vez colocada, se repasará la misma con una espátula de nylon, para asegurar que se adhiere al útil de forma correcta, evitando posibles fugas. Este material tiene como función sellar la bolsa de vacío con el útil para que quede perfectamente estanco el conjunto y podamos realizar el vacío sin que exista entrada de aire.



### 5º) Colocación del material auxiliar:

Los materiales que se usan y su disposición para este tipo de probetas son:

- *Film desmoldeante*
- *Tejido aireador*
- *Bolsa de vacío*



DESMOLDEANTE DE RECUBRIMIENTO



BOLSA DE VACÍO Y TEJIDO AIREADOR

### 6º) Colocación de los termopares:

El termopar será el elemento que nos dará la señal de medida para conocer el valor de la temperatura (en continuo) que tiene la pieza durante el ciclo de curado y que se guardará como registro adjunto a la orden de producción. Se colocan dentro de la bolsa, tocando la pieza, pero lo suficiente para que no le deje marca.



DETALLE DEL TERMOPAR

### **6º) Cierre de la bolsa y aplicación de vacío**

El paso final será colocar la bolsa de vacío encima de todo el conjunto, cerrarla y aplicar vacío. Es una operación que requiere práctica para evitar dejar zonas mal selladas que puedan provocar una entrada de aire.

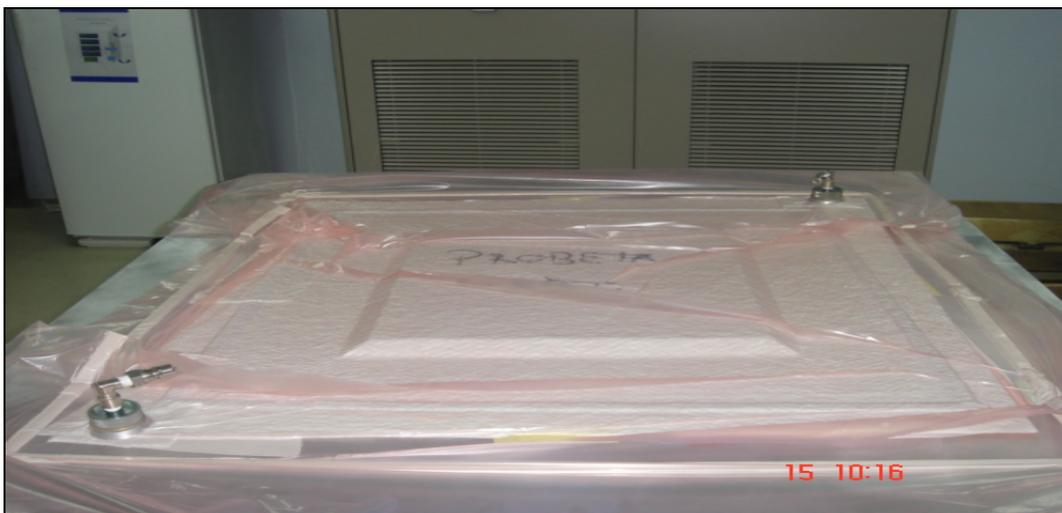
Básicamente la operación consiste en que quede adherida la bolsa de vacío a la pasta de sellado que hemos utilizado. Para ello presionaremos una contra otra para que se peguen y repasaremos con una espátula de nylon.



**SELLADO DE BOLSA SIN VACÍO**



**APLICACIÓN DE VACÍO**



**BOLSA LISTA PARA EL CURADO**

### 6.2.6- CURADO EN AUTOCLAVE:

El ciclo de autoclave tiene como objetivo la polimerización de la resina epoxy que llevan las fibras preimpregnadas. Todos los ciclos de curado tienen un denominador común y es que se adaptan (como norma general) a una gráfica de procesos de presión y temperatura como la siguiente:

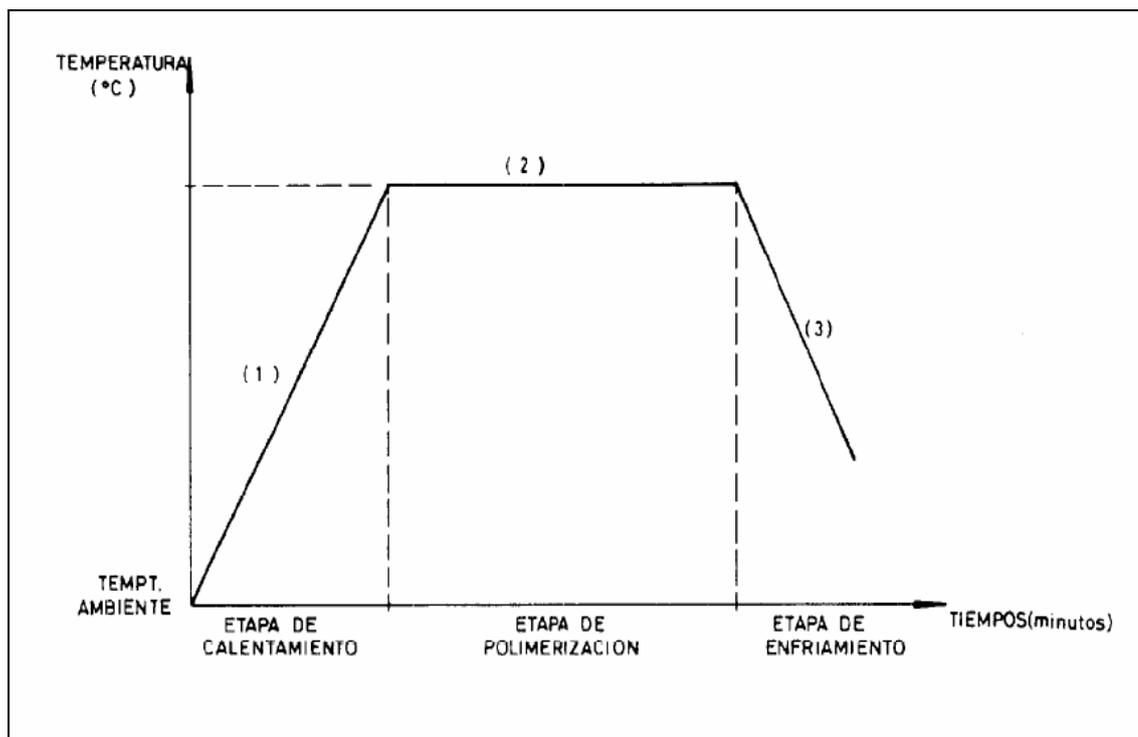


DIAGRAMA GENÉRICO DE CICLO DE CURADO

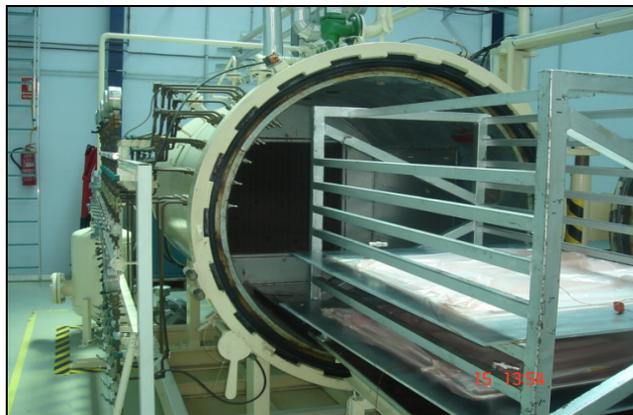
Las condiciones de presión y temperatura van a depender de la resina del material que se esté polimerizando y se modificarán estas condiciones en función a la normativa AK-2223-X que es la que recoge los distintos ciclos de curado que pueden darse según el material (se verán en el apartado de configuración de las probetas).

De forma operativa en este apartado vamos a explicar cuales son los pasos básicos que seguiremos para preparar el autoclave para un ciclo de curado.

Secuencia de actividades:

**1º) Colocación del utillaje en el carro del autoclave:**

El carro está especialmente diseñado para que sea ligero pero a la vez robusto y soporte bien el peso del utillaje. El carro no debe tener mucho volumen metálico en su estructura porque dificultaría el proceso de subida y bajada de las temperaturas del ciclo por la resistencia metálica.



CARRO DE AUTOCLAVE

**2º) Programar el ciclo aplicable al material a curar:**

El ciclo se programa en un PC que controla todos los dispositivos del autoclave según hallamos predefinido los valores del ciclo, aunque también podemos programarlo para control manual.



ARMARIO DE CONTROLADORES



PROGRAMACIÓN DEL CICLO

### **3º) Conectar mangueras y termopares:**

Las mangueras proporcionarán vacío a la bolsa durante los diez primeros minutos del ciclo, pues llegado este momento, la bomba de vacío del autoclave deja de actuar y comienza el aumento de presión del sistema global.

Los termopares se conectan al autoclave para obtener un registro en continuo de la temperatura de la pieza durante el ciclo.

### **4º) Chequeo de vacío, cierre de autoclave e inicio del ciclo:**

Una vez hemos comprobado que todo está conexionado correctamente, las válvulas de agua y aire están en la posición adecuada y que el sistema funciona bien, procedemos a cerrar la puerta y comenzará el ciclo.



**CHEQUEO DE VACÍO**



**CHEQUEO DE VÁLVULAS**



**COMIENZO DEL CICLO DE CURADO**

Durante el ciclo de curado la planta de producción no se quedará sin personal bajo ningún concepto y siempre habrá una persona responsable del ciclo que estará vigilando continuamente el sistema y tendrá preparación suficiente para tomar una decisión adecuada en caso de alguna emergencia.

#### **6.2.7- DESMOLDEO:**

Una vez que el ciclo ha terminado y la temperatura es óptima para poder abrir la puerta del autoclave, desconectamos mangueras y termopares y sacamos los útiles con mucho cuidado.

El desmoldeo consiste en retirar todo el material auxiliar que hemos utilizado en la fabricación de la bolsa y que no forma parte de la pieza curada.

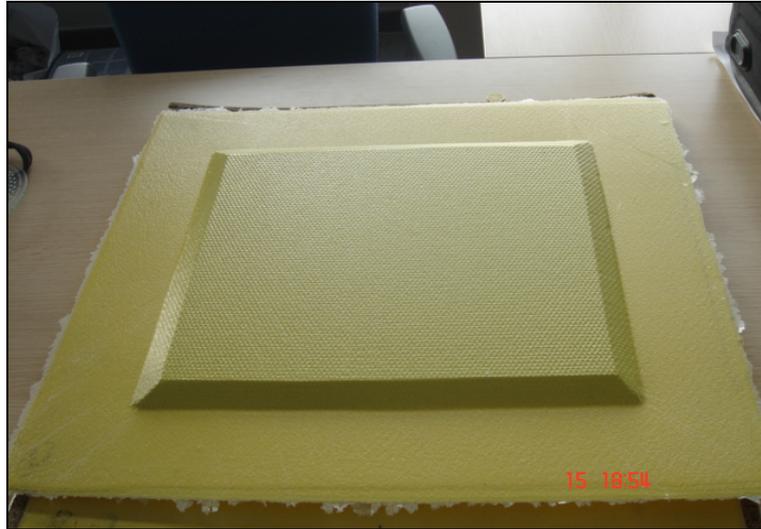


**RETIRAMOS MATERIAL AUXILIAR**



**DESECHAMOS MATERIAL AUXILIAR**

Como resultado de todo este proceso de fabricación y el momento que eliminamos el material auxiliar sobrante (desmoldeo) obtenemos la pieza curada, tal y como se muestra en la siguiente figura:



**PIEZA CURADA**

Para la operación de desmoldeo es imprescindible hacer uso de ropa de protección adecuada, que consiste en:

VESTUARIO:

- Gafas de protección
- Mono de trabajo Tyvek
- Botas de seguridad
- Guantes

El uso de la ropa de protección es necesario debido a que los bordes de las piezas presentan filos cortantes por la acumulación de resina durante el curado y también pueden producirse proyecciones de resina al eliminar los materiales auxiliares que podrían dañar los ojos de la persona que realiza la operación.

### **6.2.8- RECANTEO:**

La operación de recanteo en las probetas que vamos a fabricar tiene como única función eliminar las creces en el tamaño de las telas de fibra que se le han dado durante la fabricación. Para ello haremos uso de la misma máquina que utilizamos para preparar el núcleo.



**MAQUINA DE RECANTEO DE PIEZAS**

Para esta operación también será necesario el uso de ropa de protección adecuada que es la misma que utilizamos durante la operación de preparación del núcleo:

#### VESTUARIO:

- Gafas de protección
- Mascarilla buco-nasal
- Aislante de oídos
- Mono de trabajo Tyvek
- Botas de seguridad
- Guantes

Tras esta operación la pieza ya estaría preparada para ser enviada al cliente y al laboratorio para que se apliquen los ensayos correspondientes.

### **6.3- CONFIGURACIÓN DE LOS PANELES Y PROBETAS DE CERTIFICACIÓN:**

En este apartado vamos a hablar de panel y probeta, siendo muy importante aclarar desde el principio que el panel es lo que fabricamos y que después, de éste, se cortarán las probetas necesarias, con las dimensiones correspondientes y que serán las que se ensayan.

Cuando hablamos de configuración nos estamos refiriendo al:

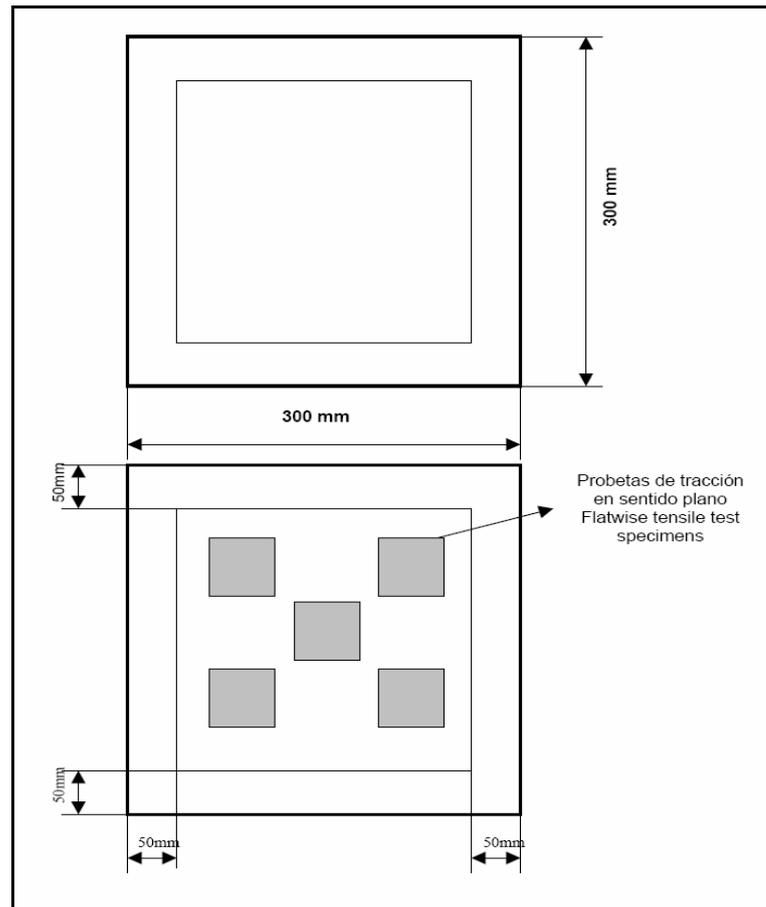
- ❑ Tipo de fibra del panel
- ❑ Número de telas del panel
- ❑ Dirección de las telas del panel
- ❑ Tipo de núcleo del panel
- ❑ Espesor del núcleo del panel

La configuración de los paneles y las probetas de ensayo va a ser diferente dependiendo del material (tipo de fibra) que estemos usando para su fabricación. Las diferencias en la configuración de ellos vienen recogidas en la normativa de certificación AK-2223-X, dentro de sus anexos correspondientes. Según esta normativa nosotros fabricaremos los paneles con las configuraciones que desarrollamos a continuación.

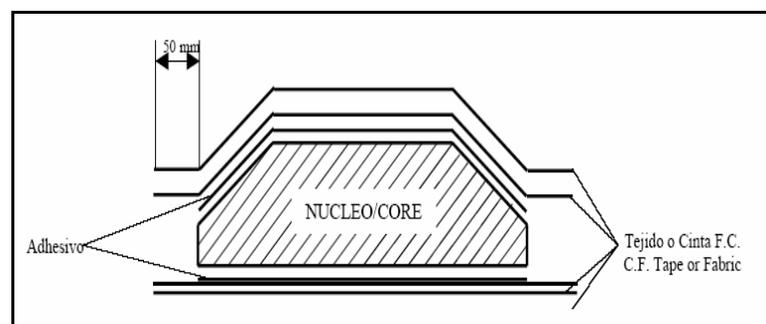
### 6.3.1- PANELES SÁNDWICH DE FIBRA DE CARBONO:

#### A) Dimensiones del panel:

Las dimensiones de los paneles de fibra de carbono son de 300x300 siguiendo el siguiente esquema:



**VISTA EN PLANTA DEL PANEL Y PROBETAS**



**VISTA DE PERFIL**

Del panel sacaremos como mínimo cinco probetas de 50x50mm (según norma I+D-1) como se muestra en la figura de la vista en planta.

**B) Materiales del panel y número de telas:**

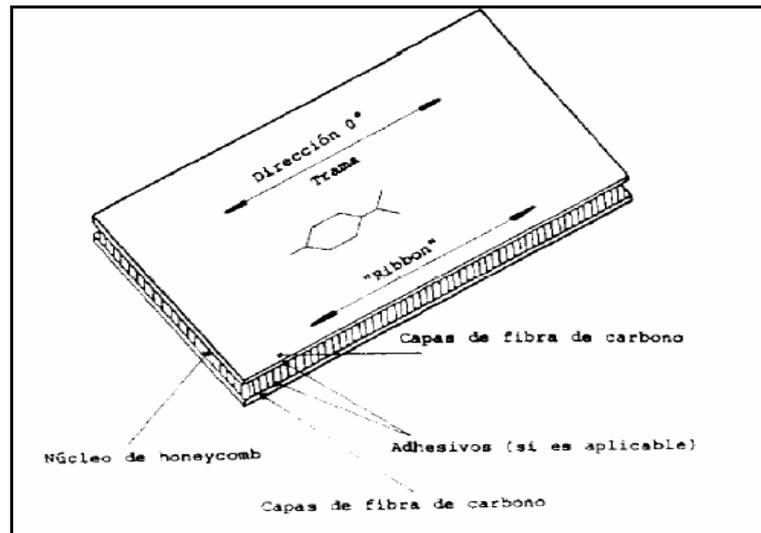
En el siguiente recuadro viene identificado cada uno de los materiales que podemos utilizar para fabricar los paneles, el número de telas de fibra, la orientación y el orden de apilamiento de las telas.

• Nº de capas:		MATERIAL PREIMPREGNADO	LAY-UP
Tejido	Z-19.776/1		0, 0, núcleo, 0, 0
	Z-19.749/1, /2, /3		0, 0, núcleo, 0, 0
	Z-19.760/1		0, 0, núcleo, 0, 0
	Z-19.732		0, 90, núcleo, 90, 0
	Z-19.734		0, 90, núcleo, 90, 0
Cinta	Z-19.785/1		0, 90, núcleo, 90, 0
	Z-19.766/1, /2, /3		0, 90, núcleo, 90, 0
	Z-19.775/1		0, 90, núcleo, 90, 0

En nuestro caso vamos a hacer las probetas con fibra de carbono Z-19.760 (designación Airbus) por tanto colocaremos cuatro telas (dos abajo y dos arriba del núcleo) con orientación de 0°. El adhesivo que utilizaremos en el panel será el epoxy Z-15.435; y por último, el núcleo requerido por la norma es un núcleo de fibra de vidrio con celdilla hexagonal (honeycomb) preimpregnado en resina fenólica y con designación Airbús Z-17.654 de 12.7 mm de espesor.

**C) Orientaciones del conjunto núcleo y telas:**

La dirección 0° de la cinta o la trama en el tejido, tiene que coincidir con la dirección del Ribbon del núcleo tal y como se muestra en la siguiente figura:

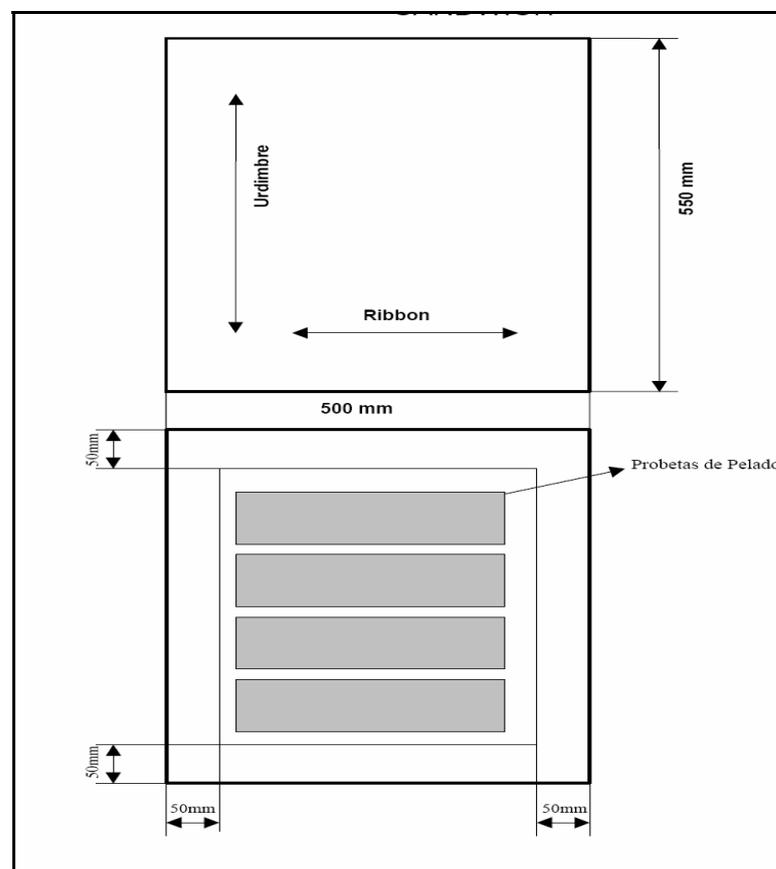


CONJUNTO NÚCLEO / TELAS

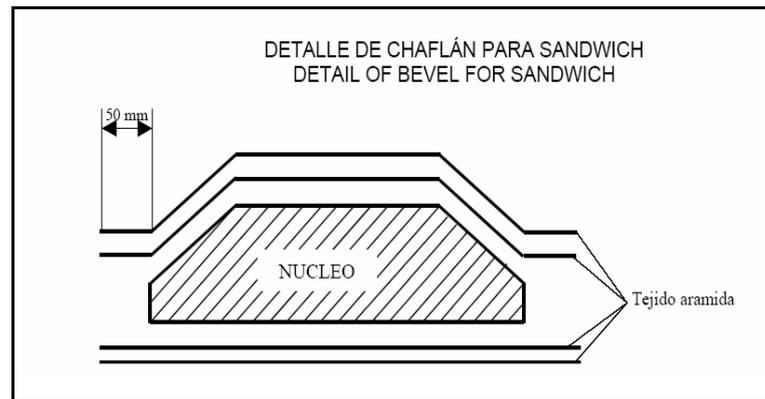
### 6.3.2 PANELES SÁNDWICH DE FIBRA DE ARAMIDA:

#### A) Dimensiones del panel:

Las dimensiones de los paneles de fibra de aramida son 500x550 siguiendo el siguiente esquema:

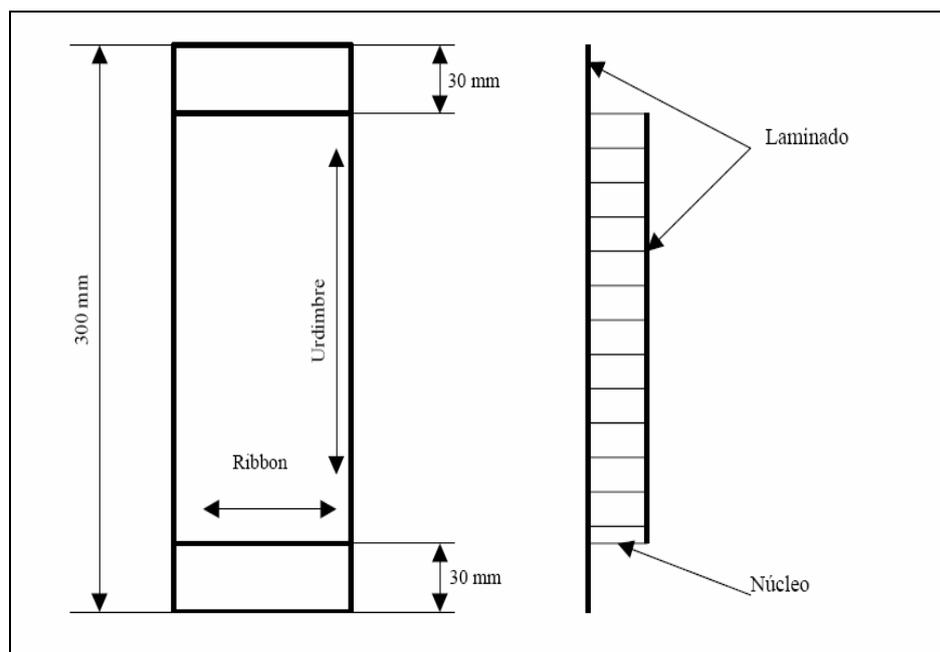


VISTA EN PLANTA DEL PANEL Y PROBETAS



VISTA DE PERFIL

Del panel sacaremos como mínimo (según norma I+D-2) cuatro probetas con las dimensiones siguientes:



DIMENSIONES DE LAS PROBETAS

B) Materiales del panel y número de telas:

En el siguiente recuadro viene identificado cada uno de los materiales que podemos utilizar para fabricar los paneles, el número de telas de fibra, la orientación y el orden de apilamiento de las telas.

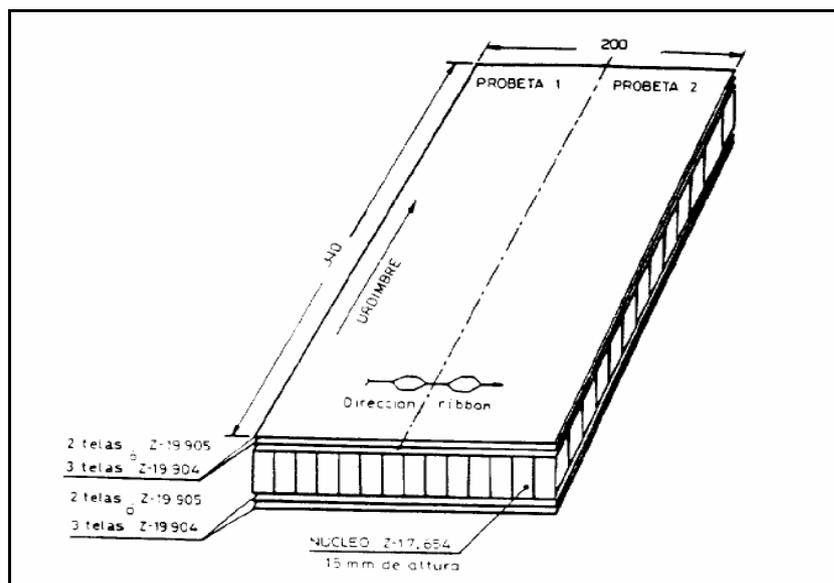
MATERIAL	LAY UP/ N° DE TELAS
Z- 19.904	0,0,0,NÚCLEO,0,0,0
Z- 19.905	0,0,NÚCLEO,0,0

En nuestro caso vamos a hacer las probetas con fibra de aramida Z-19.905 (designación Airbus), por tanto colocaremos cuatro telas (dos abajo y dos arriba del núcleo) con orientación de 0°.

Este tipo de paneles se fabrican sin adhesivo y el núcleo requerido por la norma es un núcleo de fibra de vidrio con celdilla hexagonal (honeycomb) preimpregnado en resina fenólica y con designación Airbus Z-17.654 de 15 mm de espesor.

### C) Orientaciones del conjunto de núcleo y telas:

La dirección 0° de la cinta o la trama en el tejido, tiene que ser perpendicular a la dirección del ribbon del núcleo tal y como se muestra en la siguiente figura:

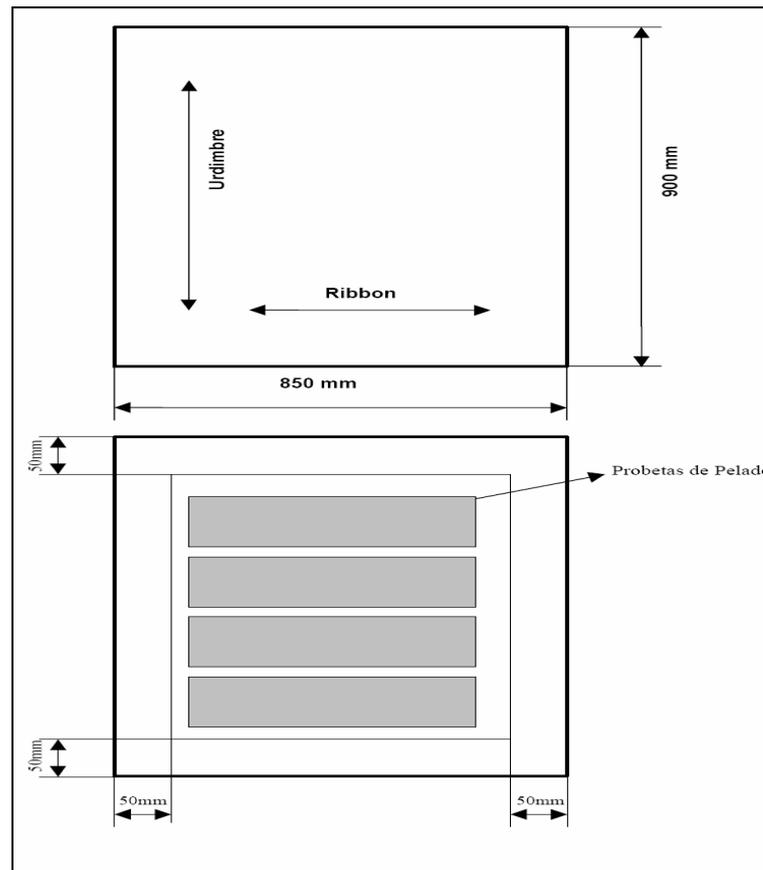


**CONJUNTO NÚCLEO / TELAS**

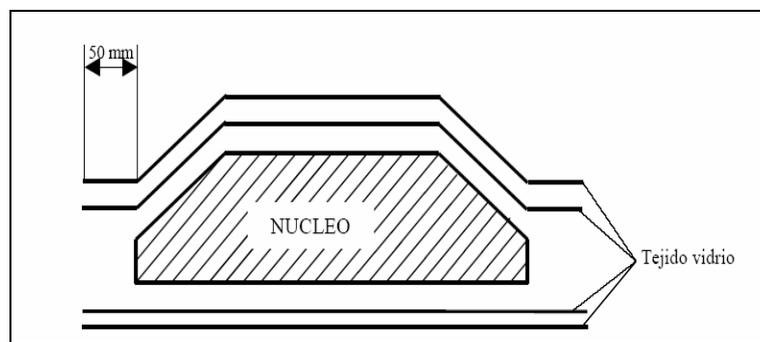
### **6.3.3- PANELES SÁNDWICH DE FIBRA DE VIDRIO:**

#### **A) Dimensiones del panel:**

Las dimensiones de los paneles de fibra de vidrio son 850x900 mm siguiendo el siguiente esquema:

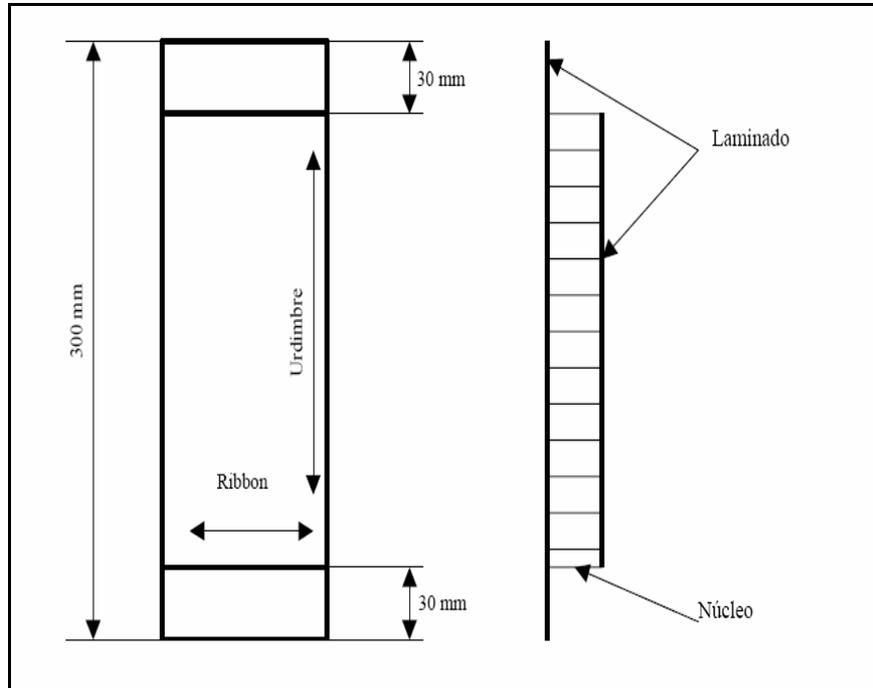


**VISTA EN PLANTA**



**VISTA DE PERFIL**

Del panel sacaremos como mínimo (según norma I+D-2) ocho probetas con las dimensiones siguientes:



**DIMENSIONES DE LAS PROBETAS**

**B) Materiales del panel y número de telas:**

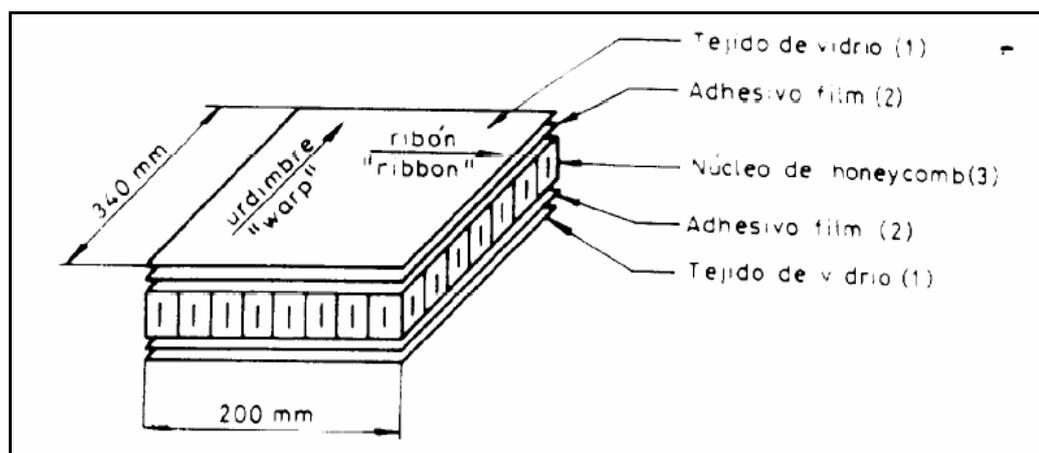
En el siguiente recuadro viene identificado cada uno de los materiales que podemos utilizar para fabricar los paneles, el número de telas de fibra, la orientación y el orden de apilamiento de las telas.

	Material preimpregnado	Lay up / N° de telas
Sin Adhesivo	Z-19.111	0, 0, núcleo, 0, 0
	Z19.311	0, 0, 0, núcleo, 0, 0, 0
Adhesivo Z-15.429	z19.101	0, 0, núcleo, 0, 0
	Z19.301	0, 0, 0, núcleo, 0, 0, 0
Adhesivo Z-15.435	Z-19.102	0, 0, núcleo, 0, 0
	Z-19.304	0, 0, 0, núcleo, 0, 0, 0

En nuestro caso vamos a hacer las probetas con fibra de vidrio Z-19.304 (designación Airbus), por tanto colocaremos seis telas (tres abajo y tres arriba del núcleo) con orientación de  $0^\circ$ . El adhesivo que utilizaremos en el panel será el epoxy Z-15.435; Y por último, el núcleo requerido por la norma es un núcleo de fibra de vidrio con celdilla hexagonal (honeycomb) preimpregnado en resina fenólica y con designación Airbus Z-17.654 de 12,7 mm de espesor.

### C) Orientaciones del conjunto núcleo y telas:

La dirección  $0^\circ$  de la cinta o la trama en el tejido, tiene que ser perpendicular a la dirección del ribbon del núcleo tal y como se muestra en la siguiente figura:



**CONJUNTO NÚCLEO / TELAS**

## **CAPITULO 7:**

### **ENSAYOS APLICABLES A LAS PROBETAS SÁNDWICH DE CERTIFICACIÓN (ver anexo IV)**

Una vez que han sido fabricadas las probetas de certificación, tienen que ser ensayadas para obtener los intervalos de propiedades mecánicas y comprobar que están dentro del rango de aceptación. Este rango está reflejado en la normativa de ensayo aplicable a cada probeta y a la que más adelante haremos referencia.

El número de probetas que se han fabricado es doble, ya que un juego de probetas tiene que ser ensayadas por la empresa cliente (la que nos va a otorgar la certificación) y otro juego, ensayada por nosotros mismos para obtener un contrainforme.

Las probetas, dependiendo del tipo de fibra con la que están fabricadas, tendrán que ser sometidas a diferentes ensayos, siendo la descripción de los ensayos el objetivo de este capítulo.

#### **7.1- ENSAYOS APLICABLES A PROBETAS SÁNDWICH DE FIBRA DE CARBONO:**

El ensayo aplicable a las probetas de fibra de carbono viene determinado por la normativa E+P-1 y está definido como:

##### ***ENSAYO DE TRACCIÓN EN SENTIDO PLANO:***

###### **7.1.1- Objetivo del Ensayo:**

El ensayo tiene como objetivo obtener la resistencia de la unión, estratificado fibra de carbono/ núcleo de honeycomb, con independencia de que se utilice o no un adhesivo para conseguir dicha unión. Este método de

ensayo es aplicable a probetas fabricadas con cintas unidireccionales o tejidos.

### **7.1.2- Equipos de ensayo:**

Los ensayos se realizarán con una máquina de tracción-compresión, con una precisión en la escala del 1% y registrador de la curva carga-alargamiento.

#### A) Requisitos del equipo:

- La velocidad de desplazamiento del carro tractor será regulable a un valor constante.
- Cámara adaptable a la máquina para realizar ensayos a diferentes temperaturas, distintas a la ambiente, con una precisión de  $\pm 3^{\circ}$  C.
- Termopares con registrador para ensayos a temperaturas distintas a la ambiente.
- Cronómetro.

### **7.1.3- Realización del ensayo:**

#### 1<sup>o</sup>) Inspección de las probetas:

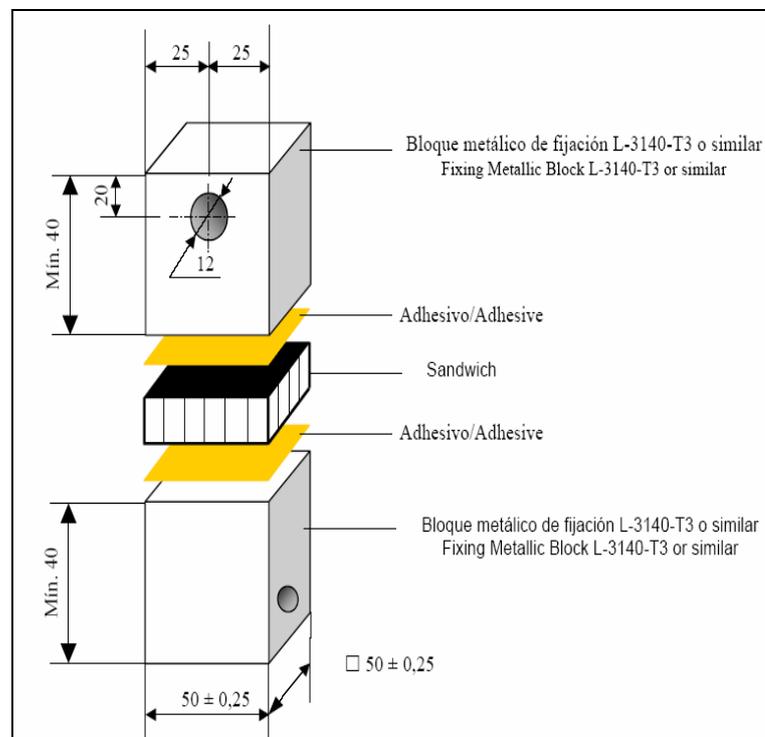
Antes de proceder al ensayo, se identificarán cada probeta y se inspeccionarán para asegurarse de que no presentan defectos de fabricación como:

- Delaminaciones
- Grietas
- Hendiduras

Registrar las dimensiones y asegurarse que están dentro del rango permitido por la normativa aplicable (E+P-1).

2º) Sistema de fijación de las probetas:

Cada probeta se fijará a dos bloques metálicos que se fijarán a la máquina de ensayo mediante dos pasadores como queda reflejado en la figura siguiente:



**SISTEMA DE FIJACIÓN DE LAS PROBETAS**

3º) Observaciones:

La superficie de acoplamiento de los bloques metálicos a la probeta, se rectificarán para obtener una base plana, perpendicular al eje de aplicación de carga.

Tras esta operación se preparará la superficie de los bloques metálicos para su posterior encolado, mediante decapado sulfocrómico (FPL), según SA-40.

La elección del adhesivo para el encolado probeta/ bloque metálico de fijación, dependerá de la temperatura a la que haya de realizarse el ensayo, teniendo en cuenta que el rebose de adhesivo nunca tocará la probeta.

TABLA – I	
TEMPERATURA DE ENSAYO	ADHESIVO
De - 65°C a - 80°C	Z-15.403/ Z-15.428
De 80°C a 150°C	Z-15.425

**RELACIÓN ADHESIVO/ TEMPERATURA DE ENSAYO**

#### 4º) Aplicación de la carga:

La velocidad de aplicación de la carga deberá estar comprendida entre 1960 y 2940 N/min (200 a 300 Kgf/min ) o bien la velocidad de desplazamiento de las mordazas será de 0,5 a 1,5 mm/min.

#### VALORES MÍNIMOS DE RESULTADO DE ENSAYOS ACEPTABLES:

	VALOR IND.(Mpa)	VALOR MED. (Mpa)
TEJIDO: Z-19760	6	6,5
ADHESIVO: Z-15435		
NÚCLEO: Z-17654		

## **7.2- ENSAYOS APLICABLES A PROBETAS SÁNDWICH DE FIBRA DE ARAMIDA:**

El ensayo aplicable a las probetas de fibra de aramida viene determinado por la normativa E+P-2 y está definido como:

### ***ENSAYO DE PELADO EN TAMBOR ASCENDENTE:***

#### **7.2.1- Objetivo del ensayo:**

El ensayo tiene como objetivo obtener la resistencia de la unión, estratificado fibra de aramida/ núcleo de honeycomb, en ensayos de pelado.

#### **7.2.2- Equipos de ensayo:**

Los ensayos se realizarán con una máquina universal de ensayos, con una precisión en la escala de cargas del 1% y registrador de la curva carga-alargamiento.

##### **A) Requisitos del equipo:**

- La velocidad de desplazamiento del carro tractor será regulable a un valor constante.
- Cámara adaptable a la máquina para realizar ensayos a diferentes temperaturas, distintas a la ambiente, con una precisión de  $\pm 3^{\circ}$  C.
- Termopares con registrador para ensayos a temperaturas distintas a la ambiente.

### **7.2.3- Realización del ensayo:**

#### **1º) Inspección de las probetas:**

Antes de proceder al ensayo, se identificarán cada probeta y se inspeccionarán para asegurarse de que no presentan defectos de fabricación como:

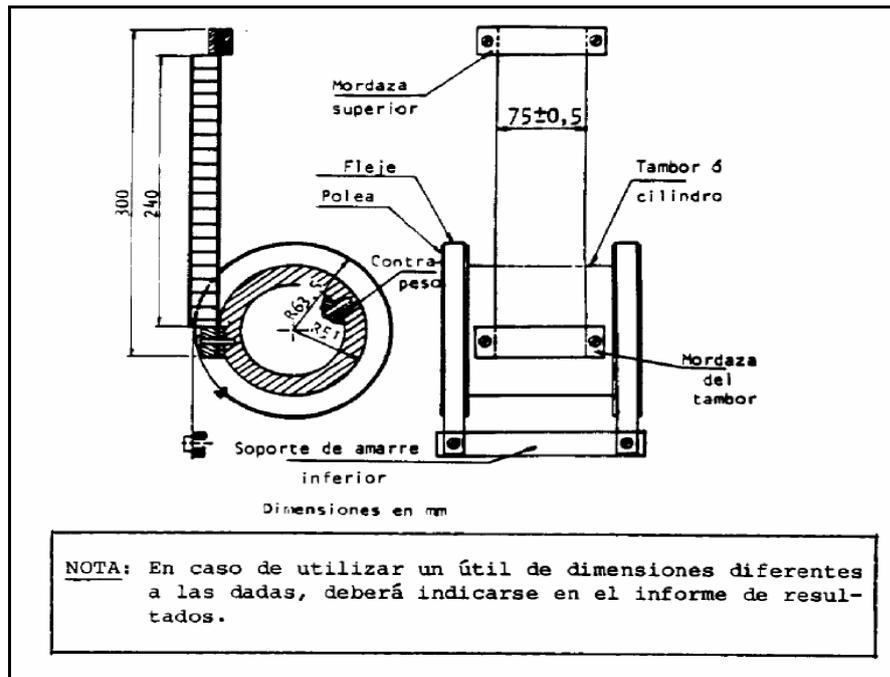
- Delaminaciones
- Grietas
- Hendiduras

Registrar las dimensiones y asegurarse que están dentro del rango permitido por la normativa aplicable (I+D-1).

#### **2º) Descripción del útil de ensayo:**

Para la realización del ensayo de pelado, se hace necesario el uso del útil mostrado en la figura de la página siguiente. Consiste en un cilindro o tambor provisto de dos poleas laterales con la que es concéntrico y solidario, dos flejes flexibles de acero de longitud conveniente para la aplicación de la carga, y dos mordazas para la sujeción de la probeta.

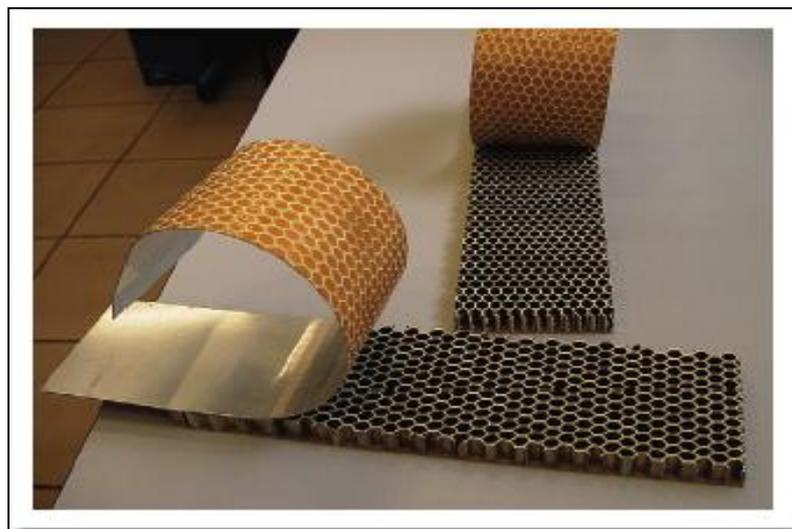
El cilindro deberá contener en su interior un contrapeso opuesto a la mordaza, con el fin de equilibrar su peso con respecto al eje de giro. El peso del tambor incluyendo sus mordazas, poleas y flejes, no superará los 3,5 Kg. El laminado a ensayar será tangente al cilindro al principio del ensayo.



**UTIL DE PELADO**

### 3º) Aplicación de la carga:

Las probetas se fijarán por uno de sus extremos al tambor del útil de pelado y por el opuesto a la mordaza. La velocidad de desplazamiento de las mordazas se fijará a un valor constante de 25  $\pm$  2 mm/min. Durante el ensayo se pelará una longitud máxima de probeta de 12 mm.



**PROBETA METÁLICA DESPUÉS DEL PELADO**

VALORES MÍNIMOS DE RESULTADO DE ENSAYOS  
ACEPTABLES:

	VALOR IND.(Mpa)	VALOR MED. (Mpa)
TEJIDO: Z-19905	23	19,6
ADHESIVO: NO		
NÚCLEO: Z-17654		

### **7.3- ENSAYOS APLICABLES A PROBETAS SÁNDWICH DE FIBRA DE VIDRIO:**

El ensayo aplicable a las probetas de fibra de vidrio viene determinado por la normativa I+E-3 y está definido como:

#### ***ENSAYO DE PELADO EN TAMBOR ASCENDENTE:***

##### **7.3.1- Objetivos del ensayo:**

El ensayo tiene como objetivo obtener la resistencia de la unión, laminado de fibra de vidrio con núcleo honeycomb, en ensayos de pelado.

##### **7.3.2-Equipos del ensayo:**

Los ensayos se realizarán con una máquina universal de ensayos, con una precisión en la escala de cargas del 1% y registrador de la curva carga-alargamiento.

##### **A) Requisitos del equipo:**

- La velocidad de desplazamiento del carro tractor será regulable a un valor constante.
- Cámara adaptable a la máquina para realizar ensayos a diferentes temperaturas, distintas a la ambiente, con una precisión de  $\pm 3^{\circ}$  C.
- Termopares con registrador para ensayos a temperaturas distintas a la ambiente.

### **7.3.3- Realización del ensayo:**

#### **1º) Inspección de las probetas:**

Antes de proceder al ensayo, se identificarán cada probeta y se inspeccionarán para asegurarse de que no presentan defectos de fabricación como:

- Delaminaciones
- Grietas
- Hendiduras

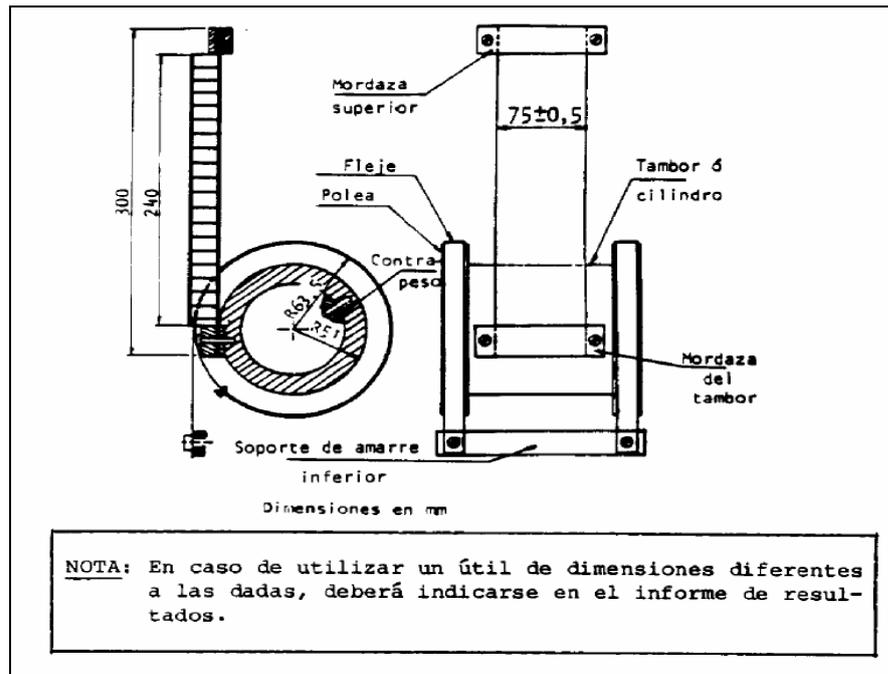
Registrar las dimensiones y asegurarse que están dentro del rango permitido por la normativa aplicable (I+D-3).

#### **2º) Descripción del útil de ensayo:**

Para la realización del ensayo de pelado, se hace necesario el uso del útil mostrado en la figura de la página siguiente.

Consiste en un cilindro o tambor provisto de dos poleas laterales con la que es concéntrico y solidario, dos flejes flexibles de acero de longitud conveniente para la aplicación de la carga, y dos mordazas para la sujeción de la probeta.

El cilindro deberá contener en su interior un contrapeso opuesto a la mordaza, con el fin de equilibrar su peso con respecto al eje de giro. El peso del tambor incluyendo sus mordazas, poleas y flejes, no superará los 3,5 Kg. El laminado a ensayar será tangente al cilindro al principio del ensayo.



ÚTIL DE PELADO

3º) Aplicación de la carga:

Las probetas se fijarán por uno de sus extremos al tambor del útil de pelado y por el opuesto a la mordaza. La velocidad de desplazamiento de las mordazas se fijará a un valor constante de 25 +- 2 mm/min. Durante el ensayo se pelará una longitud máxima de probeta de 152 mm.

VALORES MÍNIMOS DE RESULTADO DE ENSAYOS  
ACEPTABLES:

	VALOR IND.(Mpa)	VALOR MED. (Mpa)
TEJIDO: Z-19304	20	16
ADHESIVO: Z-15435		
NÚCLEO: Z-17654		

## **ÍNDICE DEL ANEXO**

### **ANEXO A LA MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **ANEXO I:**

##### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXO II:**

##### **ANEXO AL CAPÍTULO 5**

1- Hoja de recepción del material	3
2- Hoja de control de vida del material	4
3- Informe de ensayos de equipos	5
3.1- Objetivo	5
3.2- Diseño de experimentos de puesta a punto de equipos	5
3.2.1- Cámara frigorífica	5
A) Ensayo de desescarche	6
B) Ensayo de apertura de puerta	8
3.2.2- Autoclave	9
A) Ensayo 1	9
B) Ensayo 2	11
C) Ensayo 3	12

**ANEXO III:**

**ANEXO AL CAPÍTULO 6**

1- Orden de producción de los paneles de certificación	14
2- Registros de la cámara frigorífica	24
3- Registros de la sala limpia	28
3.1- Registros de humedad	28
3.2- Registros de temperatura	29
4- Registros del ciclo de curado	33

**ANEXO IV:**

**ANEXO AL CAPÍTULO 7**

1- Resultado de ensayo de las probetas	37
--	----

**ANEXO V:**

**LIBRO DE LAY-UP DE LAS PROBETAS**

## **BIBLIOGRAFÍA:**

### 1- Libros y documentos

- ❑ Libro “Materiales Compuestos”. Ed. Reverté
- ❑ Libro “Carbon Fiber Composites”. Deborah D.L.Chung
- ❑ Documentación de la empresa “Easy Industrial Solutions”

### 2- Normativas

- ❑ Norma AK-2223-X: “Proceso de certificación para la fabricación de estructuras de materiales compuestos”
- ❑ Norma EN-9100: Norma de requisitos de calidad en la industria aeronáutica
- ❑ Norma I+D-1: Norma de fabricación de estructuras de materiales compuestos en fibra de carbono
- ❑ Norma I+D-2: Norma de fabricación de estructuras de materiales compuestos en fibra de aramida
- ❑ Norma I+D-3: Norma de fabricación de estructuras de materiales compuestos en fibra de vidrio
- ❑ Norma E+P-1: Norma de ensayos aplicables a probetas de fibra de carbono
- ❑ Norma E+P-2: Norma de ensayos aplicables a probetas de fibra de aramida

- Norma E+P-3: Norma de ensayos aplicables a probetas de fibra de vidrio

### Artículos

- “Calidad Aeronáutica”. Elaborado por: D. Jaime Beltrán Sanz (IAT)
- “ El Marco Conceptual de la Certificación”. Elaborado por: Jean Clude-Ponds

### Páginas Webs

- [www.dmpa.upm.es](http://www.dmpa.upm.es). Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial de la Universidad de Madrid
- [www.tecnun.es](http://www.tecnun.es) . Campus Tecnológico de la Universidad de Navarra
- [www.hexcel.com](http://www.hexcel.com). Página de la empresa Hexcel Composites dedicada a la fabricación y distribución de materiales compuestos
- [www.iat.es](http://www.iat.es) . Página de Instituto Andaluz de Tecnología
- [www.eads.com](http://www.eads.com). Página principal de la empresa “Construcciones Aeronáuticas S.A”

## 1- HOJA DE RECEPCIÓN DEL MATERIAL

<b>ARAMIDA Z-19905</b>									
<b>HOJA DE RECEPCIÓN TÉCNICA</b>			<b>RECEPCIÓN FÍSICA</b>			<b>FECHA DISPOSICIÓN FINAL</b>		<b>DISPOSICIÓN DE MATERIAL</b>	
577	728	89	15/03/2006	15/03/2006	15/03/2006	CONFORME			
<b>DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO O SERVICIO</b>									
ARAMIDA Z-19905									
<b>NÚMERO DE LOTE</b>				<b>CANTIDAD DE LOTE</b>		<b>UNIDADES DE LOTE</b>		<b>IPP</b>	
891200557				1		M2		<input checked="" type="checkbox"/>	

<b>IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL</b>	<b>NÚMERO DE ROLLO</b>
577 728 89 891200557 Z-19905	3 10 M2 LA CANTIDAD DE ROLLO SE MIDE EN METROS
<b>DISPOSICIÓN DE MATERIAL</b>	<b>CADUCIDAD</b>
CONFORME 15/03/2006	157 HORAS 151



### **3- INFORME DE ENSAYOS DE EQUIPOS**

#### **3.1- OBJETIVO**

El objeto de este informe es mostrar los resultados obtenidos en la puesta a punto y ensayos de los distintos equipos y maquinaria de las instalaciones de la planta para la que se va a solicitar la certificación. Estos ensayos se harán estimando las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento de los equipos de producción.

#### **3.2- DISEÑO DE EXPERIMENTOS DE PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS.**

##### ***3.2.1- CÁMARA FRIGORÍFICA.***

Es suministrada por la empresa TECFRISA, y se le colocan tres termopares adicionales en el interior de la cámara en tres posiciones distintas (fondo de la cámara, en un lateral y sobre puerta de apertura). Con ello se pretende tener un mayor control del valor exacto de la temperatura en el interior de la cámara, permitiendo, además, la descarga en continuo de estos valores mediante el software de control AKO 5003 de la cámara.

La cámara ha de mantenerse en unas condiciones de temperatura de un rango de -20 °C a -25 °C, cumpliendo con las especificaciones del anexo IV de la norma AK-2223-X, para equipos frigoríficos de clase I, tipo E. Según esta normativa, para las operaciones de desescarche, carga y descarga se podrán alcanzar picos de temperatura de -12 °C durante un máximo de 15 minutos (con un total de 60 minutos cada 24 horas) controlado por el termopar de la cámara. En base a estos valores se proponen los siguientes ensayos de validación de la cámara:

### A) Ensayo de desescarche

Se ha procedido a un ensayo de medición de la temperatura en el interior de la cámara por la realización de una operación de desescarche del compresor.

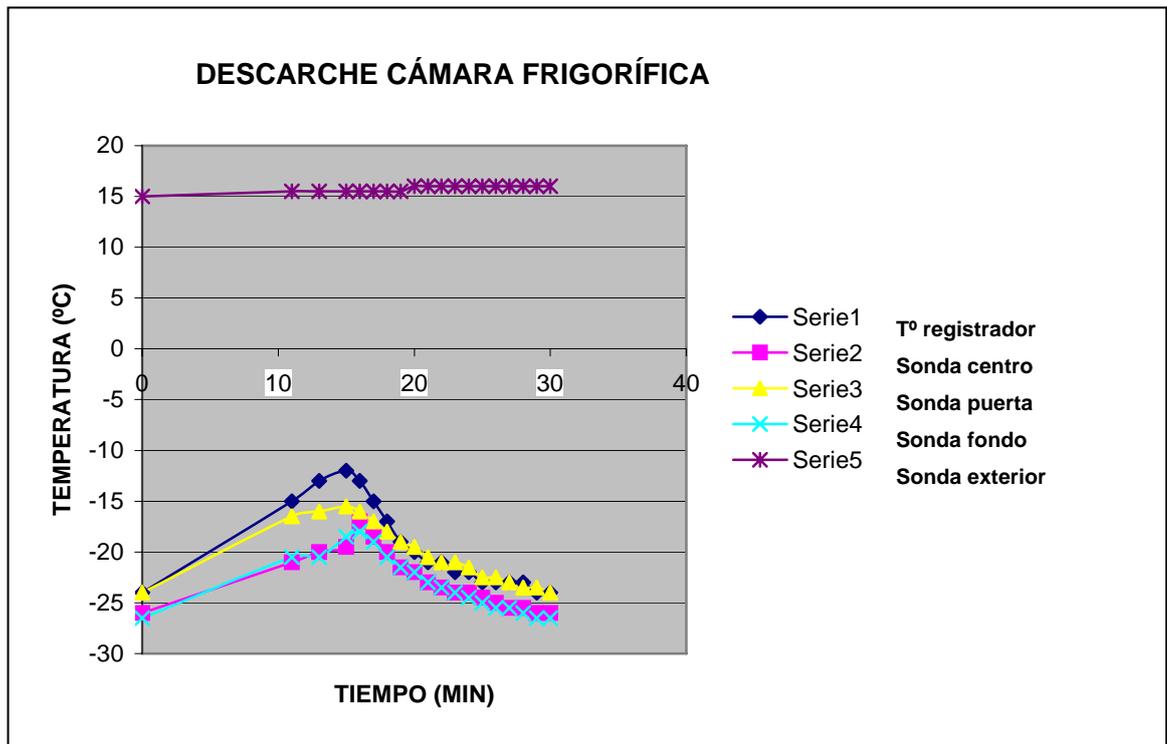
Se ha asignado como punto de consigna inicial un valor de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , operándose con la cámara completamente vacía, y teniendo en cuenta que era la primera vez que se ponía en marcha, con lo que la cantidad de hielo acumulada en el compresor era prácticamente cero, lo que provocó que el tiempo de desescarche fuera menor, aunque sí nos ha permitido ver la tendencia de disminución de la temperatura por la operación de desescarche. A continuación se muestran los valores obtenidos durante dicho experimento en la siguiente tabla:

ENSAYO DE DESESCARCHE	Tª REGISTRADOR	SONDA CENTRAL	SONDA FRONTAL	SONDA FONDO	SONDA EXTERIOR
0 min (Inicio desescarche)	-24 °C	-26 °C	-24 °C	-26,5 °C	15 °C
11 min (Calentamiento compresor)	-15 °C	-21 °C	-16,5 °C	-20,5 °C	15,5 °C
13 min (Enfría sin ventilador)	-13 °C	-20 °C	-16 °C	-20,5 °C	15,5 °C
15 min (Funcionando)	<b>-12 °C</b>	-19,5 °C	<b>-15,5 °C</b>	-18,5 °C	15,5 °C
16 min	-13 °C	<b>-17 °C</b>	-16 °C	<b>-18 °C</b>	15,5 °C
17 min	-15 °C	-18,5 °C	-17 °C	-19 °C	15,5 °C
18 min	-17 °C	-20 °C	-18 °C	-20,5 °C	15,5 °C
19 min	-19 °C	-21,5 °C	-19 °C	-21,5 °C	15,5 °C
20 min	-20 °C	-22 °C	-19,5 °C	-22 °C	16 °C
21 min	-21 °C	-23 °C	-20,5 °C	-23 °C	16 °C
22 min	-21 °C	-23,5 °C	-21 °C	-23,5 °C	16 °C
23 min	-22 °C	-24 °C	-21 °C	-24 °C	16 °C
24 min	-22 °C	-24 °C	-21,5 °C	-24,5 °C	16 °C
25 min	-23 °C	-24,5 °C	-22,5 °C	-25 °C	16 °C
26 min	-23 °C	-25 °C	-22,5 °C	-25,5 °C	16 °C
27 min	-23 °C	-25,5 °C	-23 °C	-25,5 °C	16 °C

28 min	-23 °C	-25,5 °C	-23,5 °C	-26 °C	16 °C
29 min	-24 °C	-26 °C	-23,5 °C	-26,5 °C	16 °C
30 min	-24 °C	-26 °C	-24 °C	-26,5 °C	16 °C

Tras la recogida de datos de este ensayo, se observaron las siguientes temperaturas críticas marcadas en distinto color, aunque ninguno de estos valores se sale del rango requerido por la norma según de instalaciones frigoríficas, que permite mantener los materiales en un rango de temperaturas inferiores a -12 °C durante no más de 15 minutos, y no sumando un total de más de una hora en 24 horas.

Para ello se ha establecido como punto de consigna -25 °C, valor adecuado al mantener a una temperatura inferior a -18 °C (valor mínimo requerido) a las materias primas.



**B) Ensayo de apertura de puerta:**

Se procede a un ensayo de apertura de la puerta de la cámara frigorífica durante distintos tiempos, para ver qué pérdida de temperatura se da en el interior de la cámara y cómo puede afectar al tiempo de vida útil del material:

T° Set point (°C)	Tiempo apertura (segundos)	Tª final (°C)
-24	60	-15
-24	30	-19
-23	60	-15
-23	30	-19

De esta batería de ensayos se deduce que la puerta ha de estar abierta el menor tiempo posible, estimando un máximo de 2 minutos, y que no supone ningún riesgo para el deterioro del material a no ser que la apertura de la puerta sea por un periodo que se prolongue más de 15 minutos.

### 3.2.2- AUTOCLAVE.

Se ha procedido a distintos ensayos de ciclos de autoclave, para distintas condiciones de operación. Dichos experimentos se detallan a continuación.

#### A) *Ensayo 1:*

##### **CICLO 180 °C-7 bares (Programación Start/Stop)**

Se especificó el siguiente ciclo de operación:

#### **Valores de partida:**

Set Point Temperatura: **180 °C**

Set Point Presión: **7 bares**

#### **Segmento 1 (Subida de temperatura y presión):**

Set Point Temperatura: **180 °C**

Set Point Presión: **7 bares**

Tiempo: **30 minutos**

Indicar que debido a que a los set points de partida (P y T<sup>a</sup>) se les ha dado el valor final a alcanzar, el equipo “busca” directamente esos valores de 180 °C y 7 bares de presión, y tarda menos de 30 minutos en alcanzarlos. A estos valores de partida hay que darle T<sup>a</sup>:0 °C y P:7 bares, y entonces sí crecería una rampa proporcional a ese tiempo que le hemos asignado. En el ensayo 2 se corrige ese error.

**Segmento 2 (Temperatura y presión constante):**

Set Point Temperatura: **180 °C**

Set Point Presión: **7 bares**

Tiempo: **60 minutos**

**Segmento 3 (Enfriamiento):**

Set Point Temperatura: **60 °C**

Set Point Presión: **7 bares**

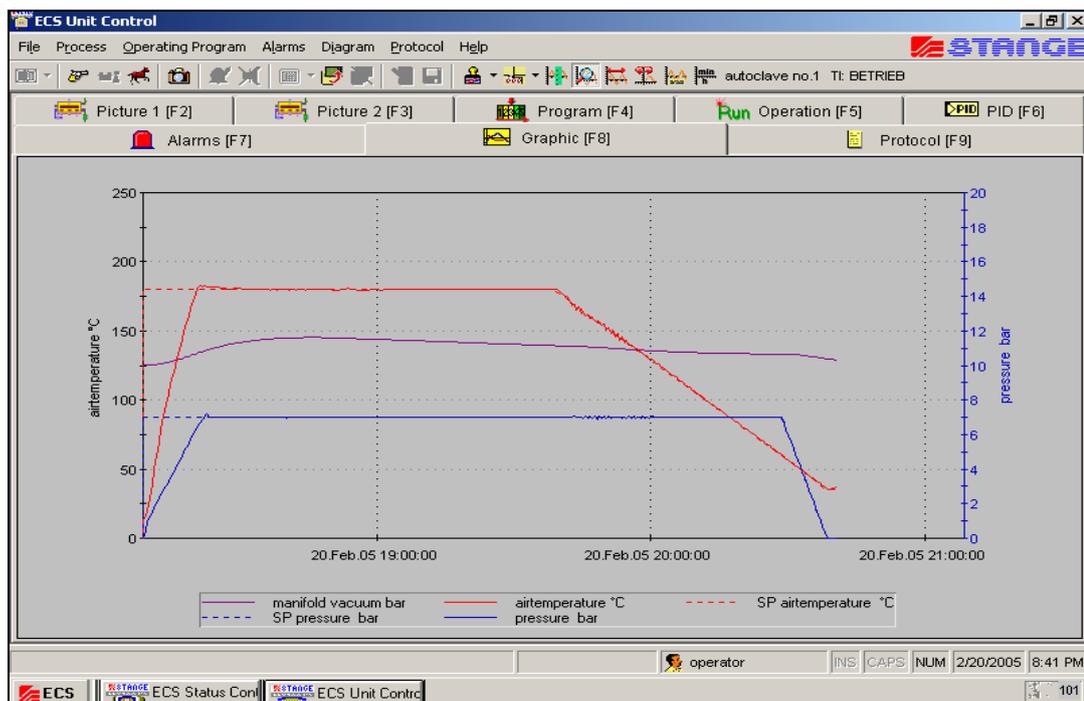
Tiempo: **50 minutos**

**Segmento 4 (Despresurización y enfriamiento a ambiente):**

Set Point Temperatura: **35 °C**

Set Point Presión: **0 bares**

Tiempo: **10 minutos**



**B) Ensayo 2:**

**CICLO 140 °C-7 bares (Programación Start/Stop)**

Se especificó el siguiente ciclo de operación:

**Valores de partida:**

Set Point Temperatura: **25 °C**

Set Point Presión: **0 bares**

**Segmento 1** (Subida de temperatura y presión):

Set Point Temperatura: **140 °C**

Set Point Presión: **7 bares**

Tiempo: **10 minutos**

**Segmento 2** (Temperatura y presión constante):

Set Point Temperatura: **140 °C**

Set Point Presión: **7 bares**

Tiempo: **10 minutos**

**Segmento 3** (Enfriamiento):

Set Point Temperatura: **40 °C**

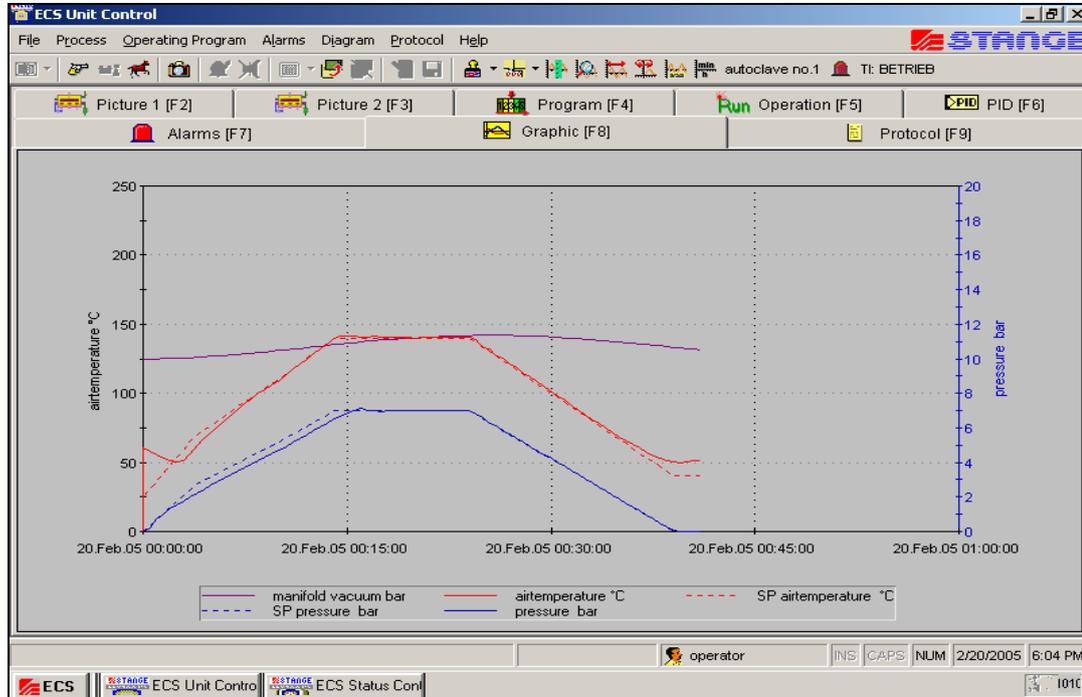
Set Point Presión: **0 bares**

Tiempo: **15 minutos**

Set Point Presión: **0 bares**

Tiempo: **10 minutos**

En el siguiente gráfico se observa el registro de autoclave:



### C) Ensayo 3:

#### CICLO M-L (44°C-1 bar) (Programación Start/Stop)

Se especificó el siguiente ciclo de operación:

#### Valores de partida:

Set Point Temperatura: **44 °C**

Set Point Presión: **1 bar**

**Segmento 1** (Subida de temperatura y presión):

Set Point Temperatura: **44 °C**

Set Point Presión: **1 bar**

Tiempo: **10 minutos**

**Segmento 2** (Subida de temperatura y presión):

Set Point Temperatura: **54 °C**

Set Point Presión: **2 bares**

Tiempo: **10 minutos**

**Segmento 3** (Despresurización y enfriamiento a ambiente):

Set Point Temperatura: **24 °C**

Set Point Presión: **0 bares**

Tiempo: **5 minutos**

De este ensayo no se tiene registro de autoclave.

Como conclusión de estos ensayos realizados, podemos afirmar que el autoclave opera correctamente y los valores de presión de y temperatura se alcanzan sin dificultad.

## 1- ORDEN DE PRODUCCIÓN DE LOS PANELES DE CERTIFICACIÓN:

PROB-SAND.KEVLAR-CERT			522																			
<b>DATOS GENERALES DE ÓRDEN</b> CODIFICACIÓN    522                      PROGRAMA    EIS-CERTAIRB-001 PANEL DE CERTIFICACIÓN DE KEVLAR Y NÚCLEO DE FIBRA DE VIDRIO PARA LA CERTIFICACIÓN DE FABRICACIÓN SÁNDWICH RESPONSABLE    PABLO GARCIA MIRALLES		<b>PROGRAMACIÓN DE ÓRDEN</b> <b>PREVISIÓN</b> 15/05/2006    15/05/2006 <b>REAL</b> 15/05/2006    15/05/2006  <b>ORDEN CERRADO POR</b>																				
<b>DATOS DIMENSIONALES DE PIEZA</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">EN BOLSA</th> <th style="text-align: center;">FINAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ANCHO (mm)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">500</td> </tr> <tr> <td>ALTO (mm)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">16</td> </tr> <tr> <td>LARGO (mm)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">550</td> </tr> <tr> <td>NÚMERO DE TELAS</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> NORMATIVA APLICABLE  UTILLAJE ÚTIL AL 7075T-6 (130)			EN BOLSA	FINAL	ANCHO (mm)	0	500	ALTO (mm)	0	16	LARGO (mm)	0	550	NÚMERO DE TELAS	4		<b>PART NUMBER PADRE</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">PART/ NUMBER (PIEZA)</th> <th style="width: 30%;">NÚMERO PIEZAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </tbody> </table>		PART/ NUMBER (PIEZA)	NÚMERO PIEZAS		1
	EN BOLSA	FINAL																				
ANCHO (mm)	0	500																				
ALTO (mm)	0	16																				
LARGO (mm)	0	550																				
NÚMERO DE TELAS	4																					
PART/ NUMBER (PIEZA)	NÚMERO PIEZAS																					
	1																					

## PROB-SAND.KEVLAR-CERT

522

DEINSA-GR.1237/410	4	METRO	DEINSA	Z-24295. CORCHO RETENEDOR DE CONTORNO AUTOADHESIVO, COMPUESTO POR AGLOMERADO DE CAUCHO Y CORCHO Y ADHESIVO ACRÍLICO O DE
HRP-3/16-4.0 36X96X0.59	1	PLANCHA	HEXCEL COMPOSITES	NUCLEO DE FIBRA DE VIDRIO DE 15 MM DE ESPESOR IMPREGNADO EN RESINA FENÓLICA
Z-24272 (FLASHBREAKE	0,1	ROLLO	EADS-CASA, S.U.	CINTA AZUL DE SUJECIÓN CON SOPORTE DE POLIÉSTER Y ADHESIVO DE SILICONA, PARA SUJETAR LAS PIEZAS, TERMOPARES, ETC. EN EL
Z-19905	3	M2	HEXCEL COMPOSITES	PREIMPEGNADO DE FIBRA DE ARAMIDA (CONOCIDO COMO KEVLAR)
Z-24261 (NW-339-HA)	1	ROLLO	EADS-CASA, S.U.	TEJIDO AIREADOR DE POLIÉSTER, PARA FACILITAR LA EXTRACCIÓN DE AIRE Y LA ELIMINACIÓN DE VOLÁTILES DURANTE LA POLIMERIZACIÓN DE
Z-24206 (NBF-100-T)	0	M2	EADS-CASA, S.U.	FILM DE VACIO (BOLSA). PELÍCULA DE POLIAMIDA (MAYORITARIAMENTE NYLON 66) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BOLSAS DE VACÍO PARA
Z-24264 (CINTA TEJIDO V	0	ROLLO	EADS-CASA, S.U.	CINTA DE FIBRA DE VIDRIO. TEJIDO RESPIRADOR DE CONTORNO, DE FIBRA DE VIDRIO, PARA FACILITAR LA ELIMINACIÓN DE VOLÁTILES DURANTE LA
AT 200 Y	0	rollo	AEROCONSULTANT	MASILLA AMARILLA PARA BOLSA DE COMPACTACIÓN. 1/2 PULGADA DE ANCHO Y 7,63 METROS DE LARGO POR ROLLO. . CADA CAJA
Z-24211 (VBS-230)	0	ROLLO	EADS-CASA, S.U.	PASTA DE SELLADO PARA CIERRE DE BOLSAS DE VACÍO. PARA CICLOS DE CURADO DE HASTA 230°C Y 135 PSI. ALMACENAJE: 1 AÑO DESDE LA FECHA DE

## PROB-SAND.KEVLAR-CERT

522

OPERACIÓN	1	CONSUMO (HORAS)	0,08	SELLADO POR	
DESCRIPCION	CORTE TELAS/CINTAS PREPREG (cumplimentar anexo Control Kit), corte según plano y REP			COMIENZO ACTIVIDAD	FIN ACTIVIDAD
UBICACIÓN	SALA LIMPIA 1				
MAQUINA/HERRAMIENTA					
EQUIPO	MESAS DE CORTE (2X3 METROS)				
HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS DE CORTE MANUALES Y SEMIAUTOMÁTICAS				
CONSUMO (HORAS HOMBRE)	0,08			PEGUE AQUÍ IDENTIFICACIONES ADICIONALES	
CONSUMO (HORAS MÁQUINA)	0				
DOCUMENTACIÓN					
LIBRO DE LAY UP					
REP					
Nº PIEZAS DESPUÉS OPERACIÓN	0			ESCRIBA AQUÍ LAS INCIDENCIAS OCURRIDAS	
TOLERANCIAS DE ESPESOR					
TOLERANCIAS 1					
TOLERANCIAS 2					

<b>PROB-SAND.KEVLAR-CERT</b>		<b>522</b>
OPERACIÓN	2	CONSUMO (HORAS) 0,3
DESCRIPCIÓN	APILAMIENTO TELAS/CINTAS PREPREG (INCLUYE COMPACTACIONES) Aproximación del kit,	
UBICACIÓN	SALA LIMPIA 1	
MAQUINA/HERRAMIENTA		
EQUIPO	INSTALACIÓN DE VACÍO 1	
HERRAMIENTA	CUÑAS DE TEFLÓN	
CONSUMO (HORAS HOMBRE)	0,3	SELLADO POR COMIENZO ACTIVIDAD      FIN ACTIVIDAD
CONSUMO (HORAS MÁQUINA)	0	
DOCUMENTACIÓN	PEGUE AQUÍ IDENTIFICACIONES ADICIONALES	
LIBRO DE LAY UP		
REP		
Nº PIEZAS DESPUÉS OPERACIÓN		
TOLERANCIAS DE ESPESOR	ESCRIBA AQUÍ LAS INCIDENCIAS OCURRIDAS	
TOLERANCIAS 1		
TOLERANCIAS 2		

<b>PROB-SAND.KEVLAR-CERT</b>		<b>522</b>				
OPERACIÓN	4	CONSUMO (HORAS) 1,5				
DESCRIPCIÓN	FABRICACIÓN DE BOLSA DE VACÍO	<div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;">SELLADO POR</div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black;">COMIENZO ACTIVIDAD</td> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black;">FIN ACTIVIDAD</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> </tr> </table>	COMIENZO ACTIVIDAD	FIN ACTIVIDAD		
COMIENZO ACTIVIDAD	FIN ACTIVIDAD					
UBICACIÓN	SALA LIMPIA 1					
MAQUINA/HERRAMIENTA						
EQUIPO	INSTALACIÓN DE VACÍO 1					
HERRAMIENTA	CUÑAS DE TEFLÓN					
CONSUMO (HORAS HOMBRE)	1,5	PEGUE AQUÍ IDENTIFICACIONES ADICIONALES				
CONSUMO (HORAS MÁQUINA)	0					
DOCUMENTACIÓN						
LIBRO DE LAY UP						
REP						
Nº PIEZAS DESPUÉS OPERACIÓN	0	ESCRIBA AQUÍ LAS INCIDENCIAS OCURRIDAS				
TOLERANCIAS DE ESPESOR						
TOLERANCIAS 1						
TOLERANCIAS 2						

<b>PROB-SAND.KEVLAR-CERT</b>		<b>522</b>	
OPERACIÓN	5	CONSUMO (HORAS) 5	
DESCRIPCIÓN	CURADO EN AUTOCLAVE Curar según ciclo N°22, según ING-508		
UBICACIÓN	ÁREA AUTOCLAVE 1		
MAQUINA/HERRAMIENTA			
EQUIPO	AUTOCLAVE 1		
HERRAMIENTA			
CONSUMO (HORAS HOMBRE)	0,1	<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	
CONSUMO (HORAS MÁQUINA)	4,9		
DOCUMENTACIÓN			
LIBRO DE LAY UP			
REP			
N° PIEZAS DESPUÉS OPERACIÓN	0	<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	
TOLERANCIAS DE ESPESOR			
TOLERANCIAS 1			
TOLERANCIAS 2			

SELLADO POR

COMIENZO ACTIVIDAD	FIN ACTIVIDAD

PEGUE AQUÍ IDENTIFICACIONES ADICIONALES

ESCRIBA AQUÍ LAS INCIDENCIAS OCURRIDAS

<b>PROB-SAND.KEVLAR-CERT</b>		<b>522</b>
<b>OPERACIÓN</b>	<b>6</b>	<b>CONSUMO (HORAS)</b> 0,5
<b>DESCRIPCIÓN</b>	DESMOLDEO Desmoldear por debajo de 40°C. Identificar con número de pieza y serie.	
<b>UBICACIÓN</b>	ÁREA AUTOCLAVE 1	
<b>MAQUINA/HERRAMIENTA</b>		
<b>EQUIPO</b>	N/A	
<b>HERRAMIENTA</b>	HERRAMIENTAS DE DESMOLDEO	
<b>CONSUMO (HORAS HOMBRE)</b>	0,5	SELLADO POR COMIENZO ACTIVIDAD      FIN ACTIVIDAD
<b>CONSUMO (HORAS MÁQUINA)</b>	0	
<b>DOCUMENTACIÓN</b>	PEGUE AQUÍ IDENTIFICACIONES ADICIONALES	
<b>LIBRO DE LAY UP</b>		
<b>REP</b>		
<b>Nº PIEZAS DESPUÉS OPERACIÓN</b>	0	ESCRIBA AQUÍ LAS INCIDENCIAS OCURRIDAS
<b>TOLERANCIAS DE ESPESOR</b>		
<b>TOLERANCIAS 1</b>		
<b>TOLERANCIAS 2</b>		

<b>PROB-SAND.KEVLAR-CERT</b>		<b>522</b>
OPERACIÓN	7	CONSUMO (HORAS) 0,1
DESCRIPCION	RECANTEO CON MÁQUINA DE CORTE AUTOMÁTICA	SELLADO POR
UBICACIÓN	ZONA DE RECANTEO 1	COMIENZO ACTIVIDAD      FIN ACTIVIDAD
MAQUINA/HERRAMIENTA		
EQUIPO	MÁQUINA DE CORTE 1	
HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS DE CORTE AUTOMÁTICO	
CONSUMO (HORAS HOMBRE)	0,1	PEGUE AQUÍ IDENTIFICACIONES ADICIONALES
CONSUMO (HORAS MÁQUINA)	0	
DOCUMENTACIÓN		
LIBRO DE LAY UP		
REP		
Nº PIEZAS DESPUÉS OPERACIÓN	0	ESCRIBA AQUÍ LAS INCIDENCIAS OCURRIDAS
TOLERANCIAS DE ESPESOR		
TOLERANCIAS 1		
TOLERANCIAS 2		
APILAMIENTO 0°	Z-19905	0,27
APILAMIENTO 0°	Z-19905	0,27

## PROB-SAND.KEVLAR-CERT

522

NUCLEO 90°	HRP-3/16-4.0 36X96X0.591"	15
APILAMIENTO 0°	Z-19905	0,27
APILAMIENTO 0°	Z-19905	0,27

VERIFICACIÓN DE APILAMIENTO Y COMPACTACIÓN																				
ORIENTACIÓN/ Nº TELA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
- 90 °																				
-45 °																				
0 °																				
+ 45 °																				
+ 90 °																				
OTRA																				
COMPACTACIÓN	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	

## PROB-SAND.KEVLAR-CERT

522

VERIFICACIÓN DE VACIO																				
<b>PRUEBA DE VACÍO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COMPACTACIÓN	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	

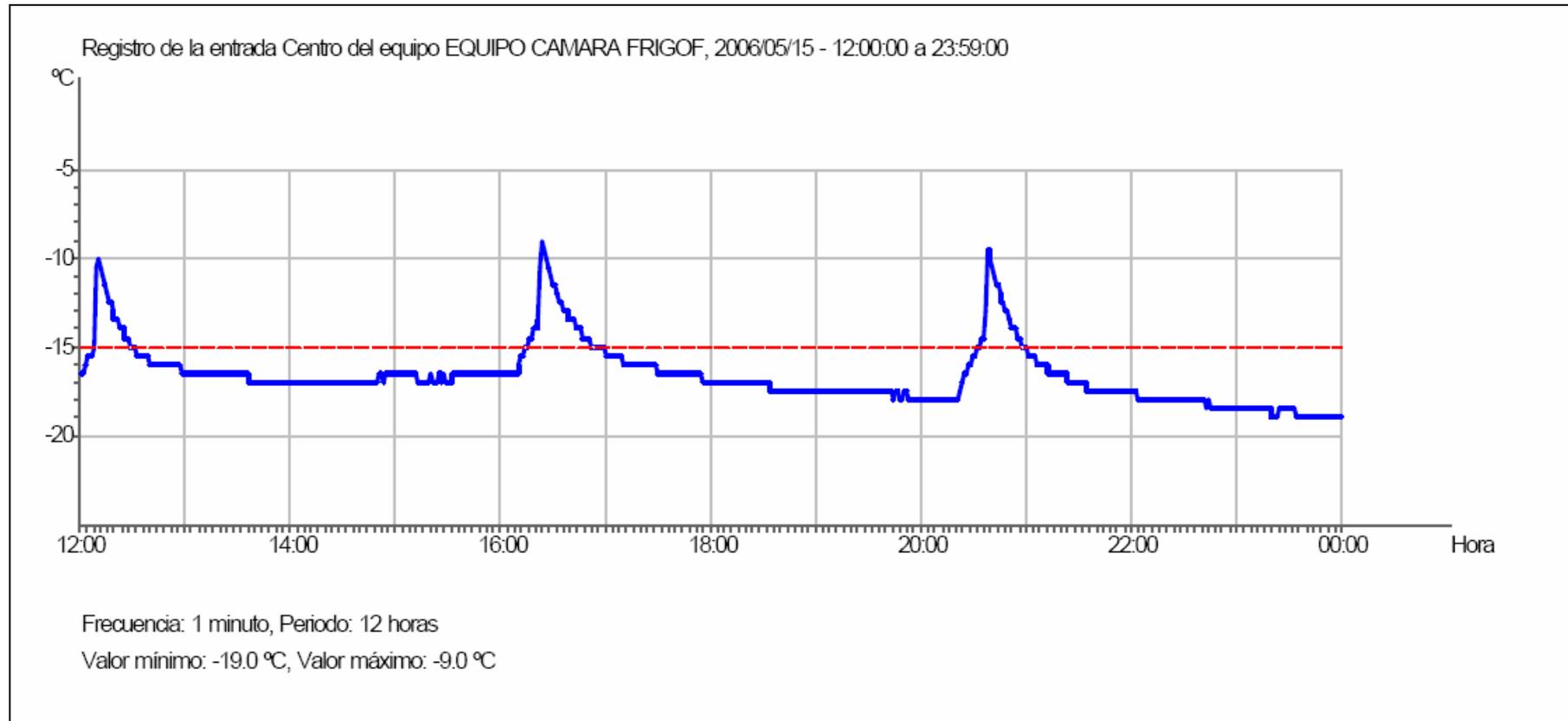
  

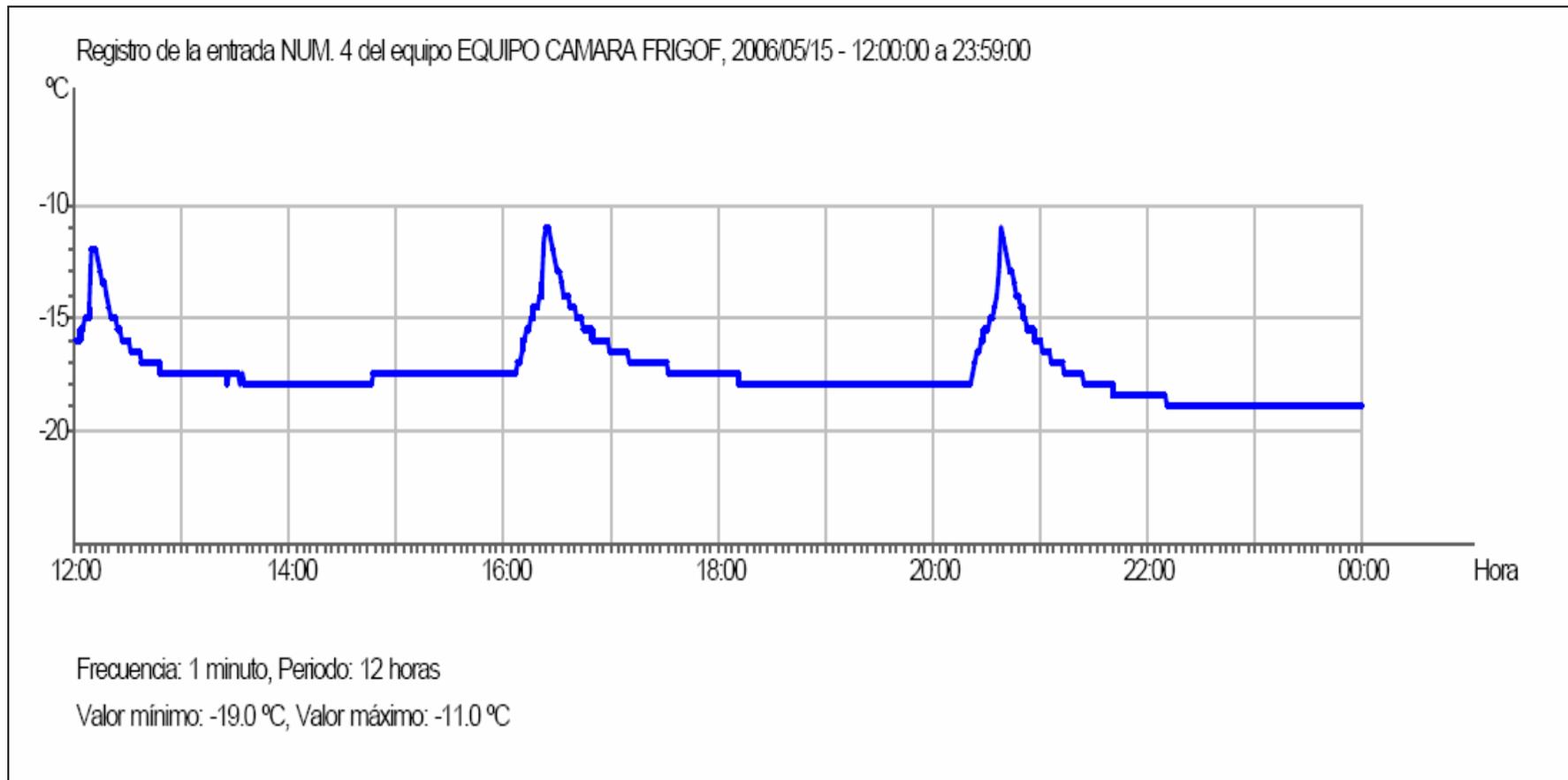
PRUEBA DE VACIO BOLSA CURADO SL	REALIZADO	FECHA	HORA
<input type="checkbox"/>			

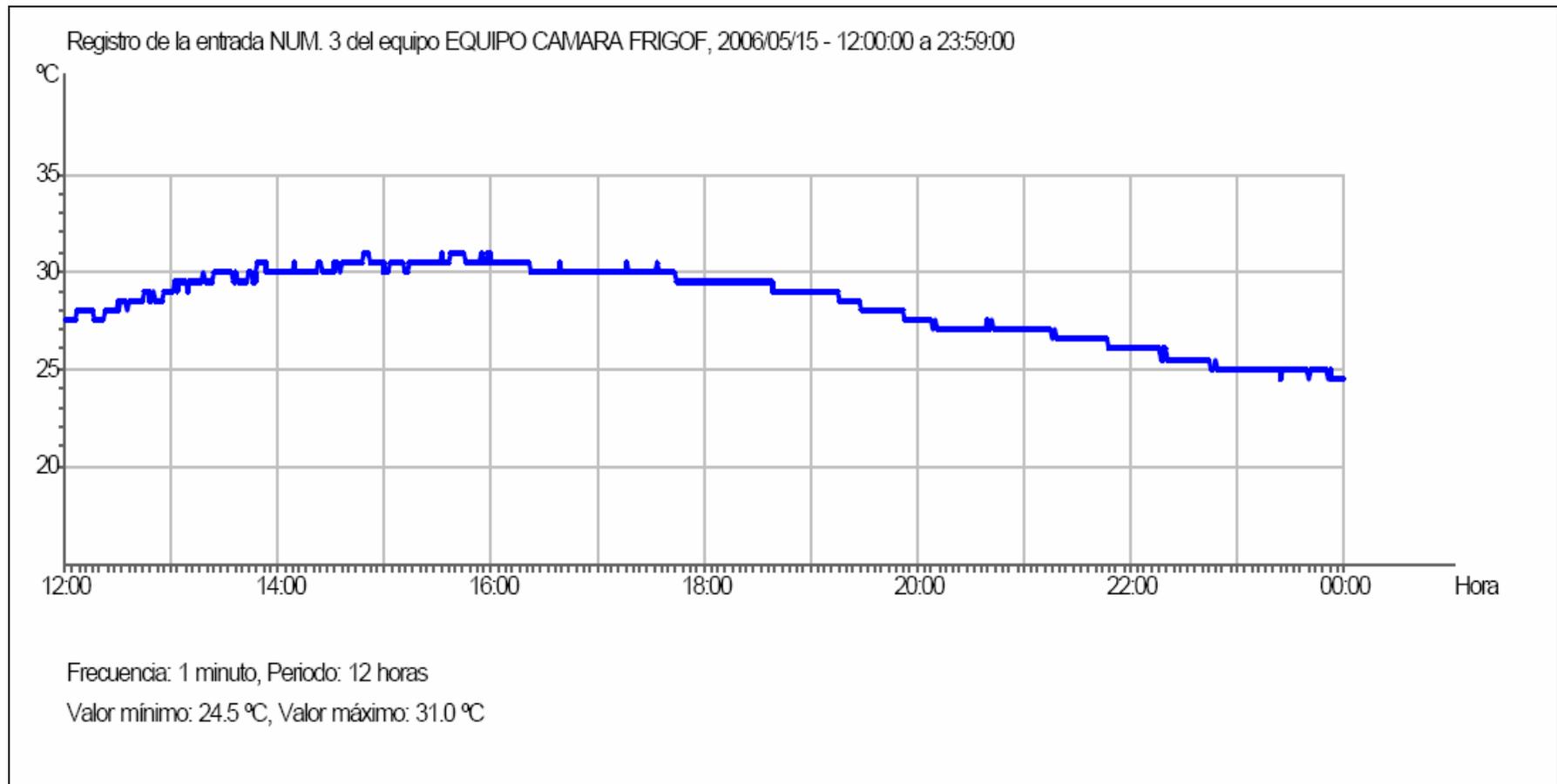
  

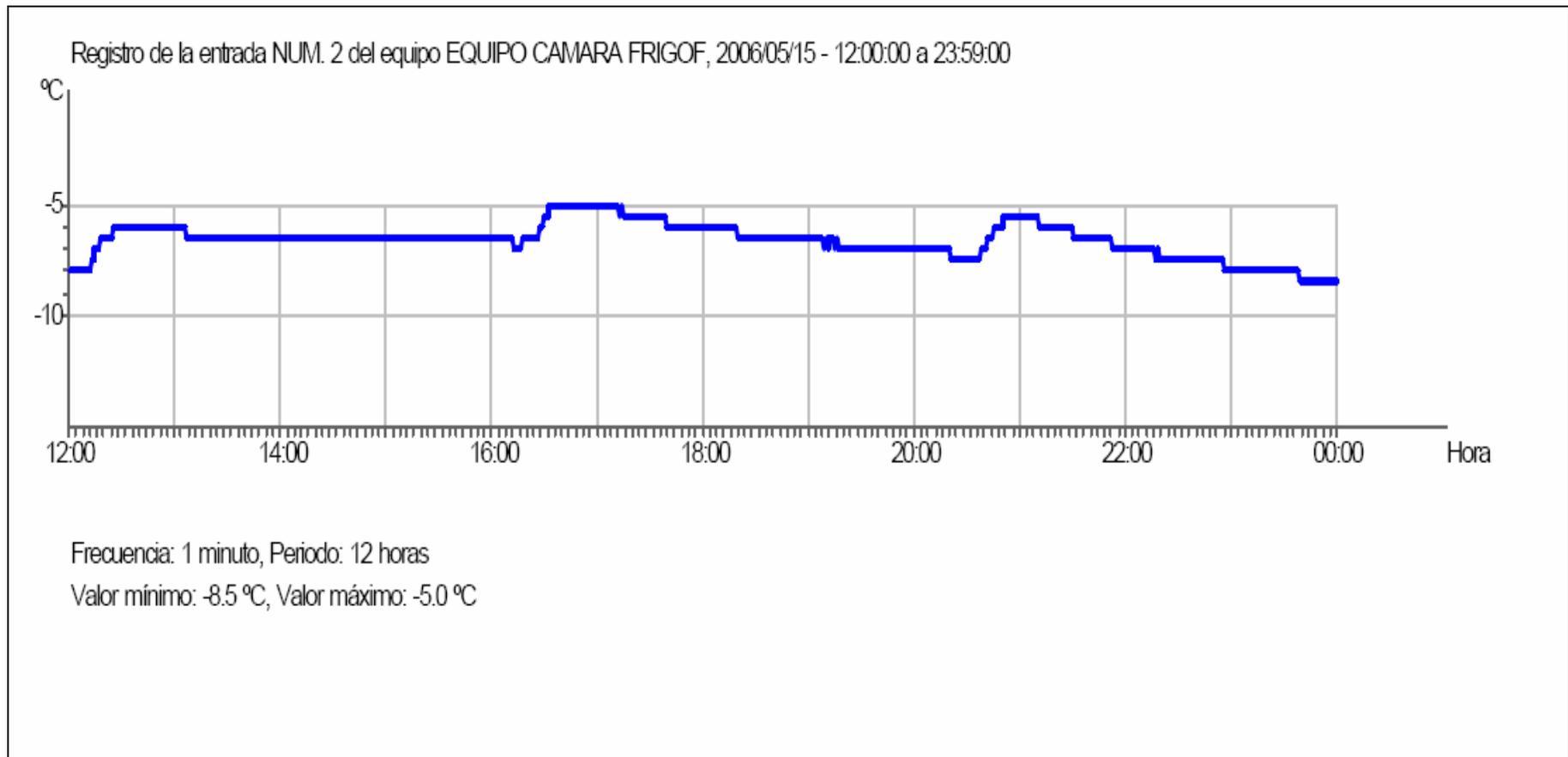
PRUEBA DE VACIO AUTOCLAVE	REALIZADO	Nº VACUÓMTERO REFERENCIA	Nº VACUÓMETRO MEDIDA	FECHA	HORA	INCIDENCIAS
<input type="checkbox"/>						

## 2- REGISTROS DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA:



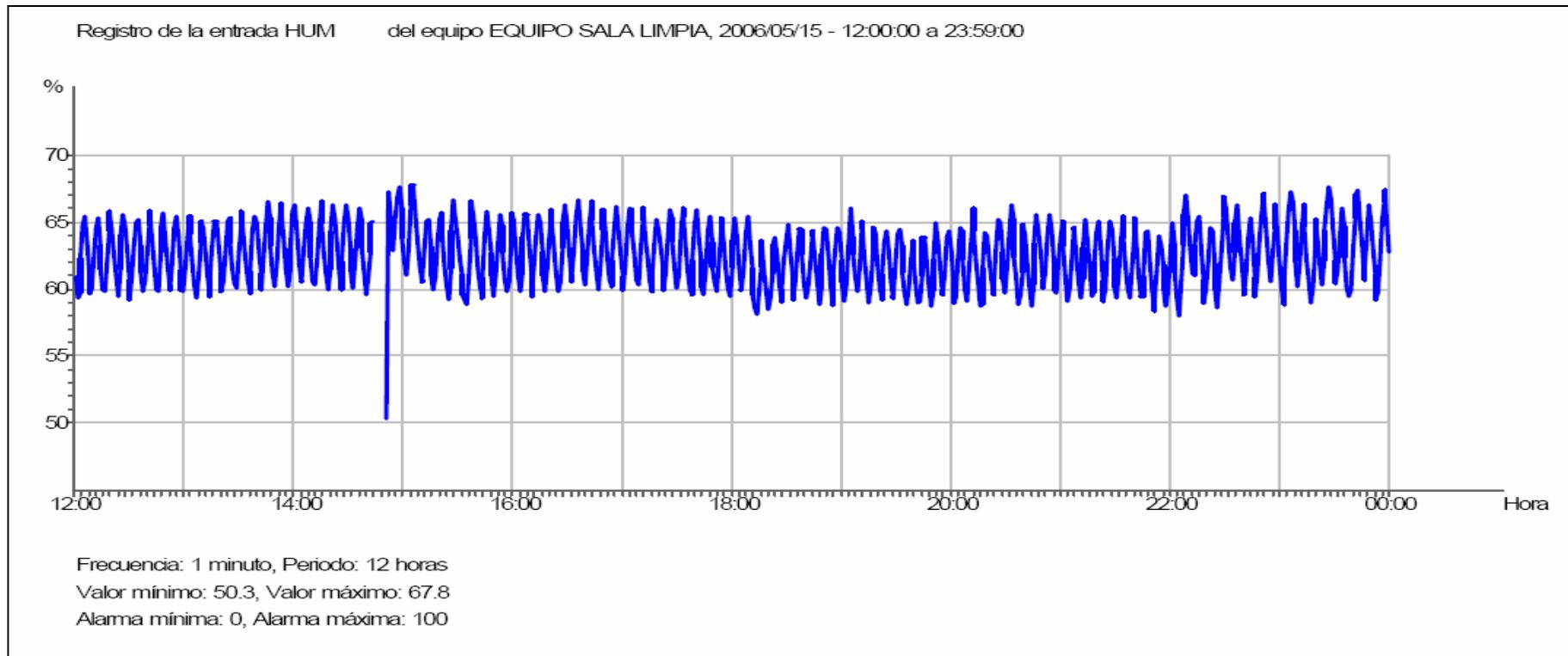




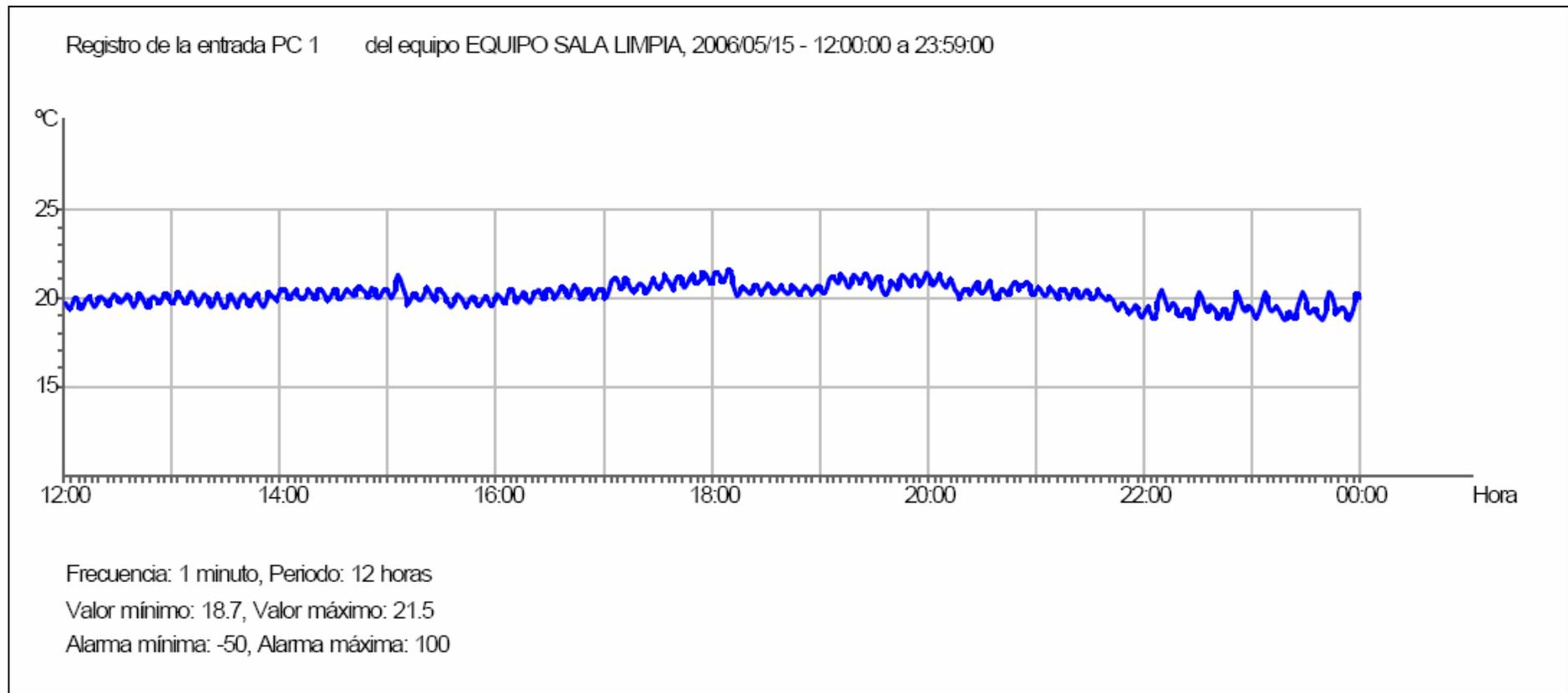


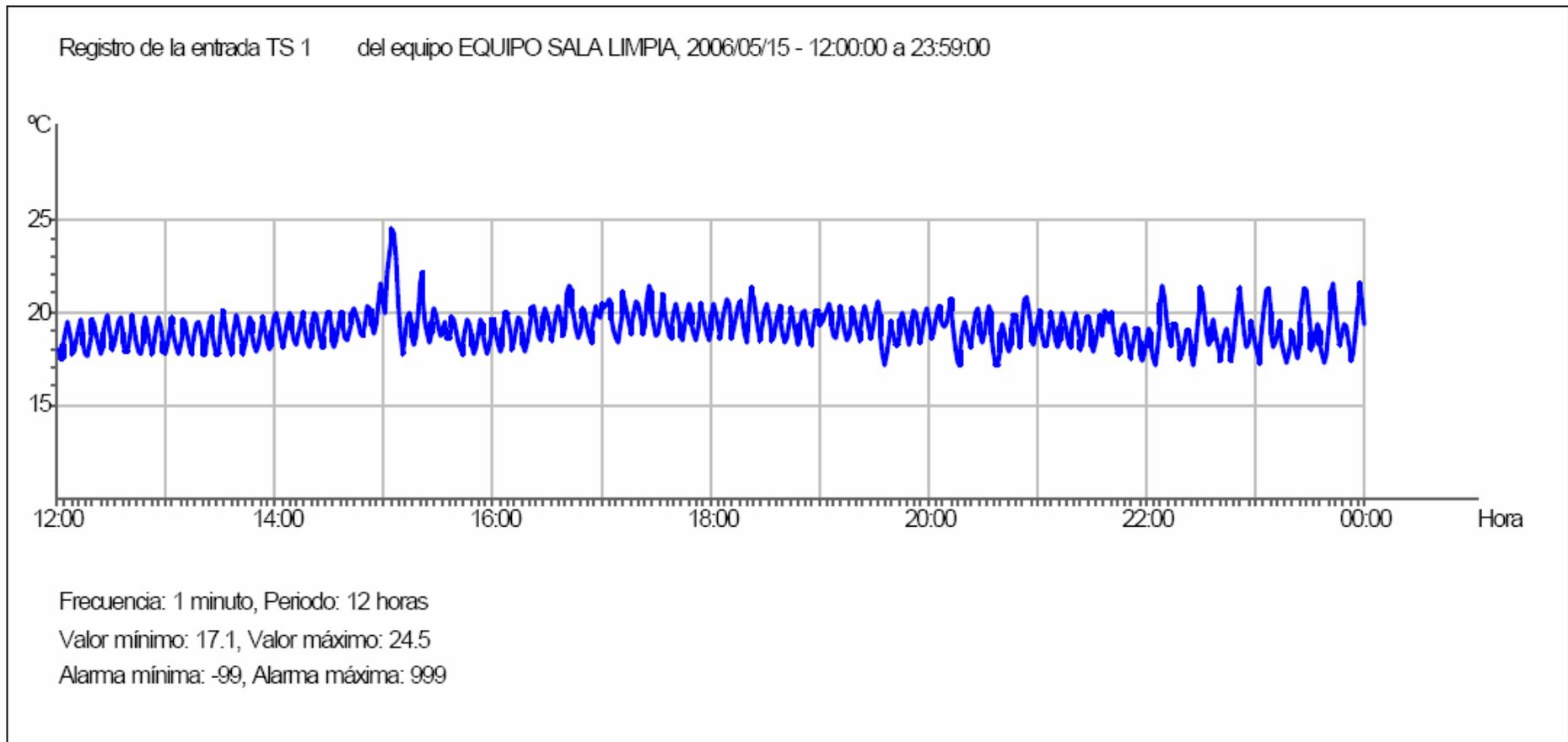
### 3- REGISTROS DE LA SALA LIMPIA:

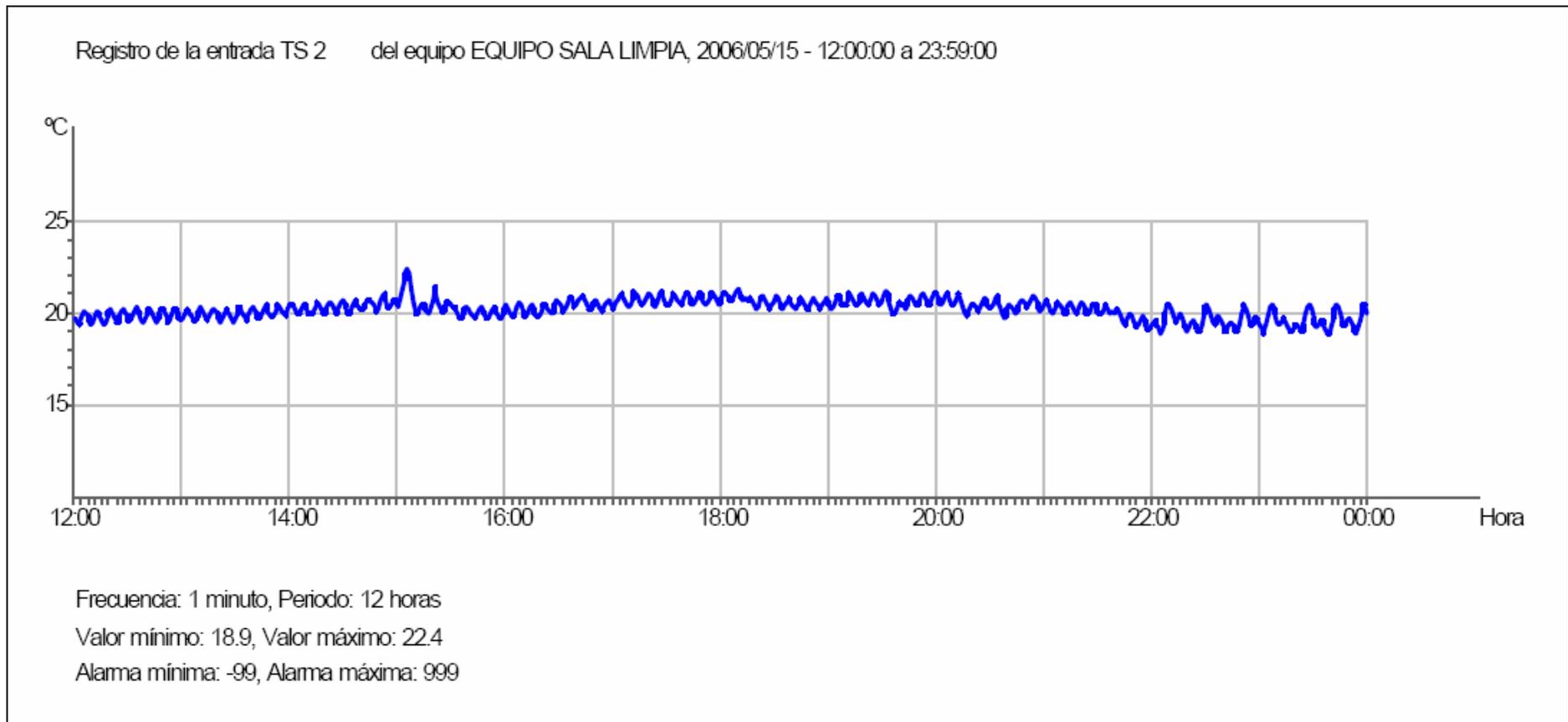
#### 3.1-REGISTRO DE HUMEDAD:

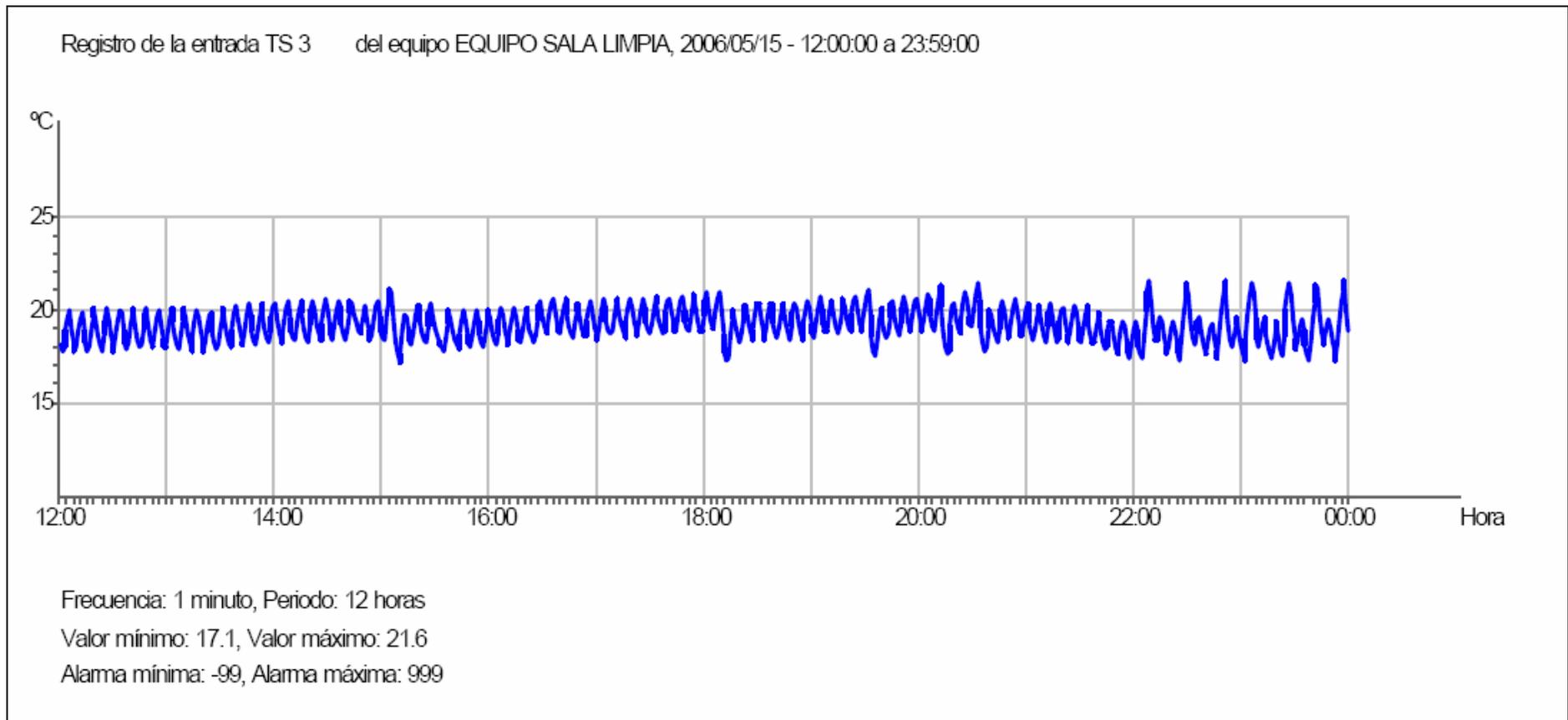


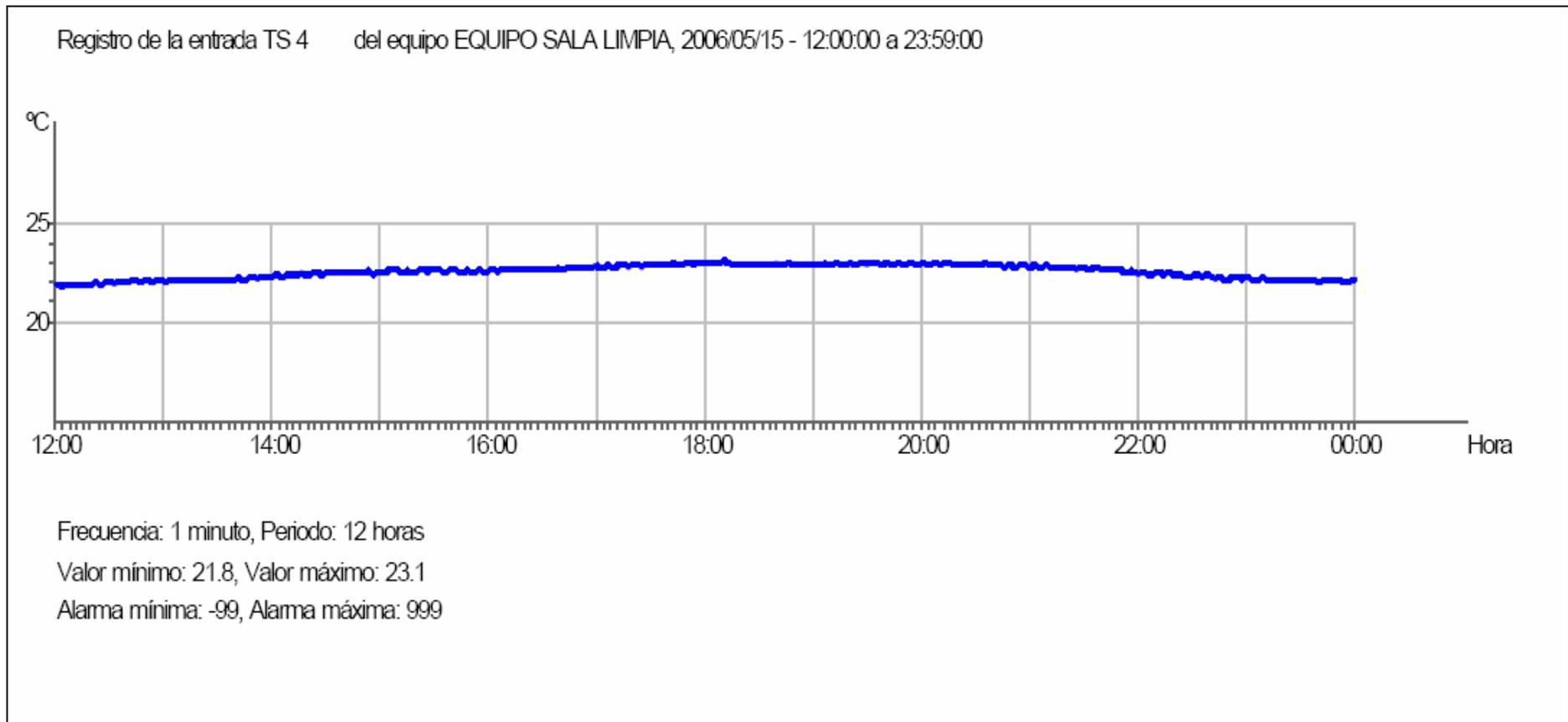
### 3.2- REGISTRO DE TEMPERATURA:



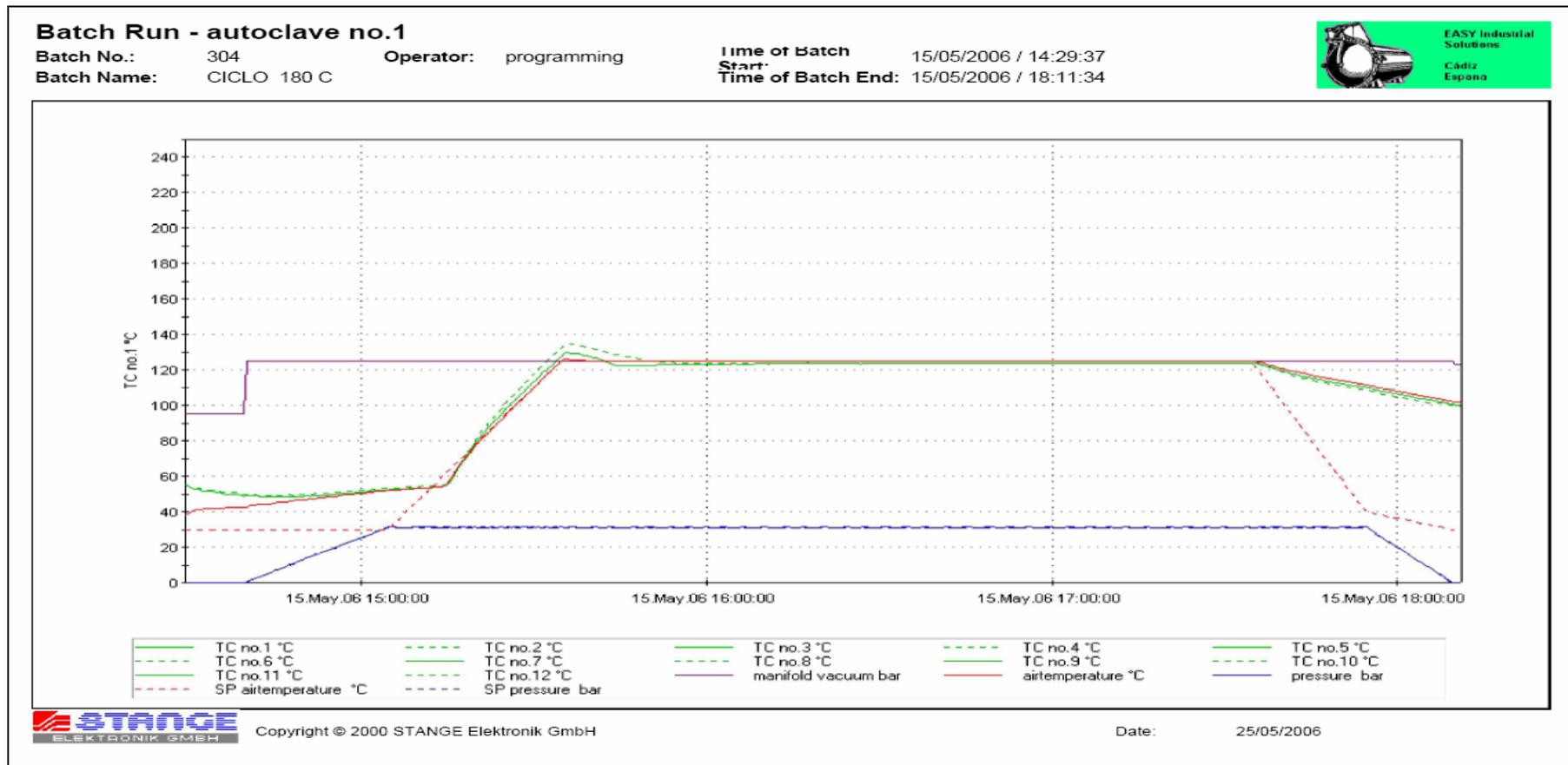








#### 4- REGISTROS DEL CICLO DE CURADO:



## Batch Protocol - autoclave no.1

Date: 25/05/2006



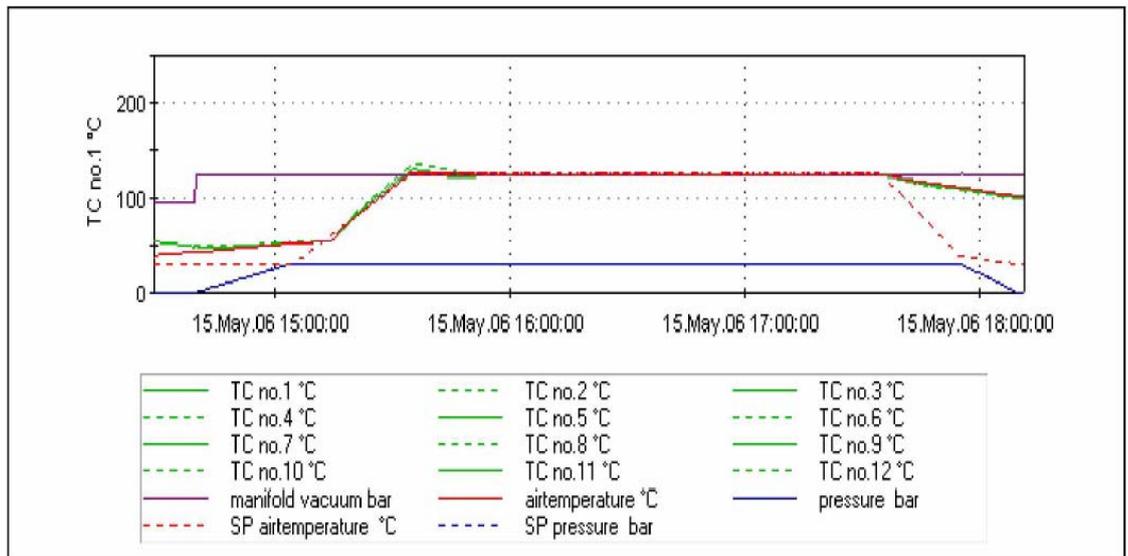
Batch No.: 304

Batch Name: CICLO 180 C

Operator: programming

Time of Batch Start: 15/05/2006 / 14:29:37

Time of Batch End: 15/05/2006 / 18:11:34



No.	State	Date	Event	User
1110		15/05/2006 14:29:37	Start logging	System
1200		15/05/2006 14:29:37	Segment 1 - operation	System
1210		15/05/2006 14:39:36	Segment 1 - operation	System
1200		15/05/2006 14:39:36	Segment 2 - operation	System
1210		15/05/2006 15:04:36	Segment 2 - operation	System
1200		15/05/2006 15:04:36	Segment 3 - operation	System
1210		15/05/2006 15:34:35	Segment 3 - operation	System
1200		15/05/2006 15:34:35	Segment 4 - operation	System
1210		15/05/2006 17:34:33	Segment 4 - operation	System
1200		15/05/2006 17:34:33	Segment 5 - operation	System
1210		15/05/2006 17:54:32	Segment 5 - operation	System
1200		15/05/2006 17:54:32	Segment 6 - operation	System
1210		15/05/2006 18:09:32	Segment 6 - operation	System
1200		15/05/2006 18:09:32	Segment 7 - start/stop	System
1210		15/05/2006 18:11:34	Segment 7 - start/stop	System
1120		15/05/2006 18:11:34	End logging	System

## 1- RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LAS PROBETAS:

*Testing Report: Drum Peel* Nº Total de Hojas / Total Pages : 3

**Número de Certificado / Certificate Number : GEN-1-22-5-2006**

---

Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales  
Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía  
Escuela Superior de Ingenieros  
c/ Camino de los Descubrimientos s/n  
41092 Sevilla  
Tfno: 95.448.7301 Fax: 95.448.7484

**Datos del Cliente / Customer Data :**  
 Empresa / Customer: Easy Industrial Solutions, SL  
 Dirección / Address: Pol.Ind. Bahía de Cádiz C/ Ingeniería N°4 11500 CÁDIZ  
 Programa / Program: EIS-CERTAIRB-001

Hoja de envío:

Tel. 902014849  
Fax 956549208

Persona de contacto / Contact person

---

**Datos Generales / General Data**

Referencia Cliente / Reference: Prob-Sand-Kevl-Cert      Referencia Laboratorio / Internal Reference: GEN-1-22-5-2006      Nº de Prob. 2

Entrada-Realización / Reception-Execution data: 22/05/06 — 24/05/06      Tipo Probeta / Specimen geometry: I+D-P-237      Fabric. probeta / Manufacturing

Material / Material: Z-19905      Especificación del Material / Material Specification: I+D-P-237

Norma Ensayo / Testing Standard: I+D-E-289      Configuración/Staking:

Adhesivo para tacones / Tab adhesive:

Acondicionamiento previo / Sin acondicionamiento Previo / As Received      Nº de láminas/Nº of plies:

Esponsor de lámina/Ply Thickness (mm):

---

**Datos de los EM&E / Equipment :** La información sobre el material es suministrada por el cliente / Material data supplied by customer

Equipos de medición / Measurement equipment: Equipos empleados / General equipment: Util para ensayo de pelado tambor (11.1.6)

Dimensionales/Dimensional	Modelo máquina / Machine model	Balanza / Balanza Model	Valores admisibles / Allowable Values	
			Individuales/ Indiv.	Medios/Average
Pié de Rey	1.1.4	Máquina Universal de Ensayos INSTRON 5866	9.1.6	
		Célula de carga de 10 kN	3.2.7	
		Modelo de extensómetro / Extensometer Model		
		Crueta		

---

**Resultados / Results :**

Discrepancias con la norma de ensayos:

	Mínimo / Minimum	Máximo / Maximum	Media / Average	Desviación / Deviation	Coef. Var. (%) / Variat. Coef.	Incertidumbre / Uncertainty	Individuales/ Indiv.		Medios/Average		Conformida / Conformance
							Mínimo / Minimum	Máximo / Maximum	Mínimo / Minimum	Máximo / Maximum	
Carga de pelado / Peel load (N)	186.57	279.80	233.19	65.92	28.27	131.85					
Resistencia al pelado/ Peel Strength (Ncm/cm)	31.28	46.94	39.11	11.07	28.31	22.15	19.6		23		SI/O.K.

Nota: La comprobación de conformidad se realiza sin tener en cuenta la incertidumbre

---

Prob./ Spec.	1	2				
Ancho/Width (mm)	75.16	75.1				
Carga de pelado / Peel load (N)	186.57	279.80				
Resistencia al pelado/ Peel Strength (Ncm/cm)	31.28	46.94				

---

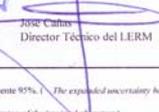
**Parámetros de ensayo / Test parameter**

Velocidad/Velocity (mm/min): 25      Observaciones / Notes:

Temperatura del ensayo / Temperature Test (°C): RT

Condiciones Ambientales / Environmental conditions: Temperatura / Temperature (°C): 25      Humedad / Humidity (%): 47

Observaciones / Comments:

Vº Bº:  Director Técnico del LERM

---

La valoración sobre la conformidad o no del material ensayado no está amparada por el alcance de la acreditación ENAC. ( The agreement of the test results is not included in the scope of the accreditation ENAC )  
 La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. ( The expanded uncertainty has been obtained by multiplying the typical uncertainty by a factor k=2, given rise to a confidence interval of a 95% for a normal distribution )  
 Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Ensayos firmante del mismo. ( This certificate can not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Laboratory )  
 Este informe sólo afecta a los materiales y probetas sometidos a ensayo y recogidos en el presente documento. ( This report only affects to the materials and specimens tested in the present document )



Área de Ensayos  
Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales  
Escuela Superior de Ingenieros  
Camino de los descubrimientos s/n  
41092 Sevilla

Cliente  
Easv Industrial Solutions S.L.  
Pol.Ind Bahía de Cádiz c/ Ingeniería 4  
11500-CADIZ

Informe nº: **GEN-01-22-05-06**

**Datos de la probeta**

Ensayo de Drum peel en probetas sandwich

Material Z-19.905

Ref. cliente PROB-SAND-KEVL-CERT

Fecha de entrada 22/5/06

**Datos de los EM&E**

Máquina de ensayos INSTRON 5866

Célula de carga Célula 10 kN

Extensómetro Sin extensómetro

**Datos del ensayo**

Fecha de ensayo 24/05/2006

Norma I+D-E-289

**Condiciones del ensayo**

Temperatura (°C) 25.00

Humedad (%HR) 47.00

Velocidad (mm/min) 25.00

Mecanizado SI

Acondicionamiento NO

**Resumen de las probetas**

	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Carga bruta de pelado (N)	Carga neta de pelado (N)	Resistencia (Ncm/cm)
Probeta-1	75.16	220.00	15.04	370.51	186.57	31.28
Probeta-2	75.10	220.00	15.74	463.74	279.80	46.94
Probeta-3	75.10	220.00	15.74	183.93	0.00	0.00

	Media	Máximo	Mínimo	DST	CV (%)
Carga neta de pelado (N)	233.19	279.80	186.57	65.92	28.27
Resistencia (Ncm/cm)	39.11	46.94	31.28	11.08	28.32



Realizado por: Jose M<sup>o</sup> Morales  
Área de Ensayos



V<sup>o</sup> B<sup>o</sup> por: Antonio Cañas  
Responsable del Laboratorio de ensayos



Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la aprobación por escrito del laboratorio de ensayos firmante del mismo. Este informe sólo afecta a los materiales y probetas sometidos a ensayo y recogidos en el presente documento.

pág. 1 / 2



Área de Ensayos  
 Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales  
 Escuela Superior de Ingenieros  
 Camino de los descubrimientos s/n  
 41092 Sevilla

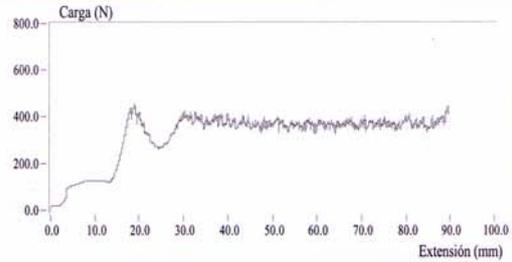
Cliente  
 Easv Industrial Solutions S.L.  
 Pol.Ind Bahía de Cádiz c/ Ingeniería 4  
 11500-CADIZ

Informe nº: **GEN-01-22-05-06**

**Probeta-1**

Fecha de ensayo 24/05/2006  
 Temperatura (°C) 25.00  
 Humedad (%HR) 47.00

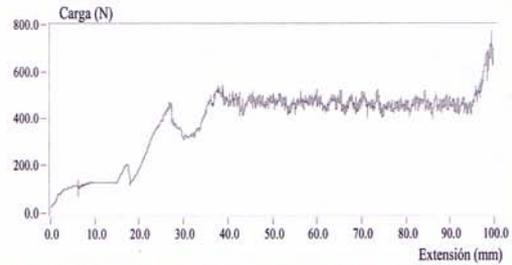
**Comentarios**



**Probeta-2**

Fecha de ensayo 24/05/2006  
 Temperatura (°C) 25.00  
 Humedad (%HR) 47.00

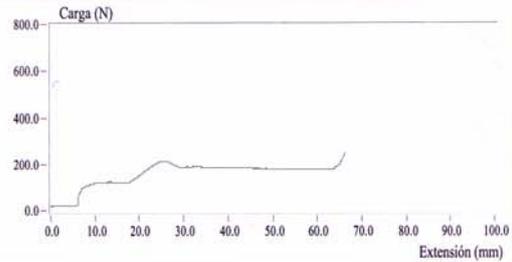
**Comentarios**



**Probeta-3**

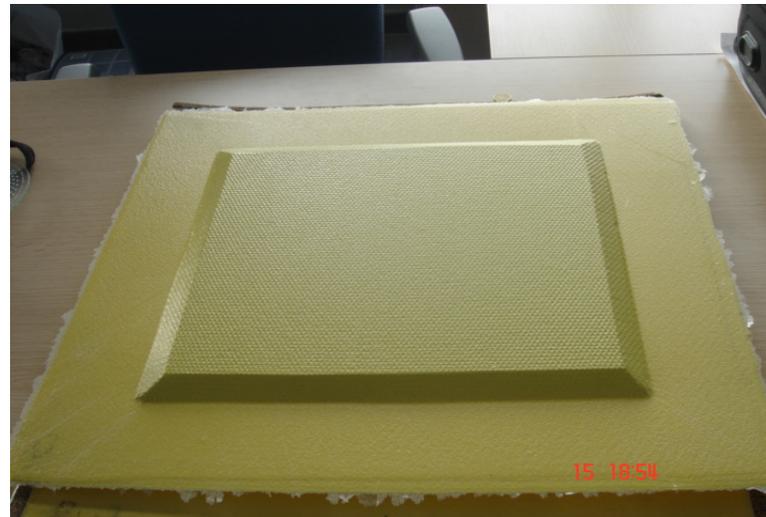
Fecha de ensayo 24/05/2006  
 Temperatura (°C) 25.00  
 Humedad (%HR) 47.00

**Comentarios**



**DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS**

<b>PROGRAMA</b>	<b>LIBRO DE LAY-UP</b>	<b>DESIGNACION</b>
CERTIFICACIÓN	1	PROB-SAND.KEVLAR-CERT



**ELEMENTOS**

**PROB-SAND.KEVLAR-CERT**

**INGENIERÍA DIVISIÓN MAT.COMPUESTOS**

REALIZADO

PABLO  
GARCIA

FECHA:  
25/05/2006

REVISADO

FECHA:  
25/05/2006

HOJA:1/15

**DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS**

<b>PROGRAMA</b>	<b>LIBRO DE LAY-UP</b>	<b>DESIGNACION</b>
CERTIFICACIÓN	1	PROB-SAND.KEVLAR-CERT

## **INDICE**

-PORTADA.	1
-INDICE	2
-CONTROLDE MODIFICACIONES.	3
-ÚTILES.	4
-LISTADO DE MATERIALES.	5
-NORMAS DE MOLDEO.	7,8
-ESQUEMA BOLSA DE COMPACTACIÓN.	9
-APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES Y ELEMENTALES	10
-SECUENCIA DE TELAS.	11,17
-ESQUEMA DE SITUACIÓN DE TERMOPARES Y TOMAS DE VACÍO	18
-ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO	19
-OBSERVACIONES	20

**DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS**

<b>PROGRAMA</b>	<b>LIBRO DE LAY-UP</b>	<b>DESIGNACION</b>
CERTIFICACIÓN	1	PROB-SAND.KEVLAR-CERT

## **CONTROL DE CAMBIOS**

### **1. MODIFICACIONES EN EL UTILLAJE UTILIZADO PARA EL CURADO EN AUTOCLAVE**

**DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS**

<b>PROGRAMA</b>	<b>LIBRO DE LAY-UP</b>	<b>DESIGNACION</b>
CERTIFICACIÓN	1	PROB-SAND.KEVLAR-CERT

## **UTILLAJE**

**-ÚTIL AL-2024-AT**

**ÚTIL DE CURADO EN AUTOCLAVE**

**DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS**

<b>PROGRAMA</b>	<b>LIBRO DE LAY-UP</b>	<b>DESIGNACION</b>
CERTIFICACIÓN	1	PROB-SAND.KEVLAR-CERT

## **MATERIALES**

<b>CAPA</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>
<b>1</b>	<b>Z-19.905</b>	PREPEG DE FIBRA DE ARAMIDA
<b>2</b>	<b>Z-19.905</b>	PREPEG DE FIBRA DE ARAMIDA
<b>3</b>	<b>Z-17.654</b>	NÚCLEO DE FIBRA DE VIDRIO
<b>4</b>	<b>Z-19.905</b>	PREPEG DE FIBRA DE ARAMIDA
<b>5</b>	<b>Z-19.905</b>	PREPEG DE FIBRA DE ARAMIDA

## DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

### NORMAS DE MOLDEO

POS.	DESCRIPCIÓN
1	En todas las operaciones de lay-up, se usarán guantes de hilo de algodón blancos.
2	No se permite cortar directamente los prepegs sin interponer un separador (flexible y que no produzca partículas) entre ellos y el útil, evitándose así el deterioro de éste.
3	No se permite la formación de arrugas en el tendido de las capas de tejidos o películas de adhesivos.
4	Para evitar oclusiones de aire en el útil y entre las capas de prepreg, así como arrugas, se peinarán con espátulas de nylon destinadas a este fin. (Siempre en dirección paralela a la fibra)

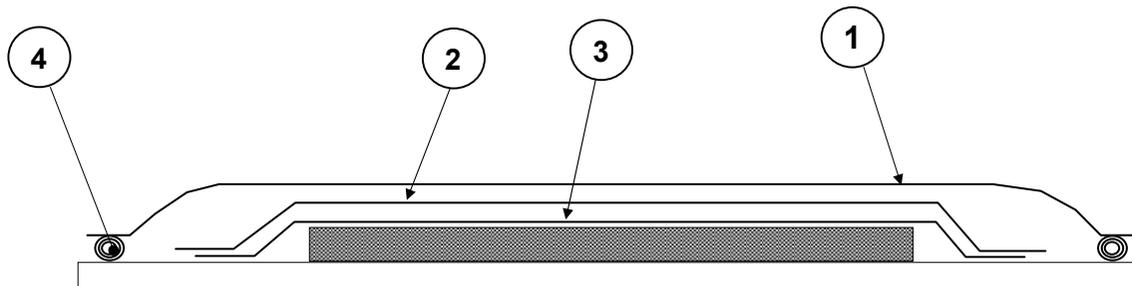
**DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS**

**NORMAS DE MOLDEO**

<b>POS.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>5</b>	Para facilitar la colocación o adaptación de las capas se puede usar aire caliente por medio de un soplador manual que tenga incorporado el distanciador, sin rebasar los 65 °C
<b>6</b>	Si se detecta cualquier defecto en los materiales preimpregnados (cruce de fibras, zonas con falta de resina, materias extrañas, etc..) se sustituirán por otros en buen estado.
<b>7</b>	Los empalmes en uniones de tejido, irán solapadas 12 mm. como mínimo, estas uniones irán decaladas 25 mm. mínimo.
<b>8</b>	Comprobar bolsa de vacío con 560 mm. de HG, en caso de pérdida de mas de 25 mm. de HG en 1 minuto volver a realizarla de nuevo.

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

## ESQUEMA DE BOLSA DE COMPACTACIÓN



POS.	DESIGNACIÓN	MATERIAL
1	PELICULA DE BOLSA	Z24204
2	TEJIDO AIREADOR	Z24261
3	PELICULA SEPARADORA	Z24231
4	PASTA DE SELLADO DE VACIO	Z24211
5	CINTA ADHESIVA DE DOBLE CARA	Z24271

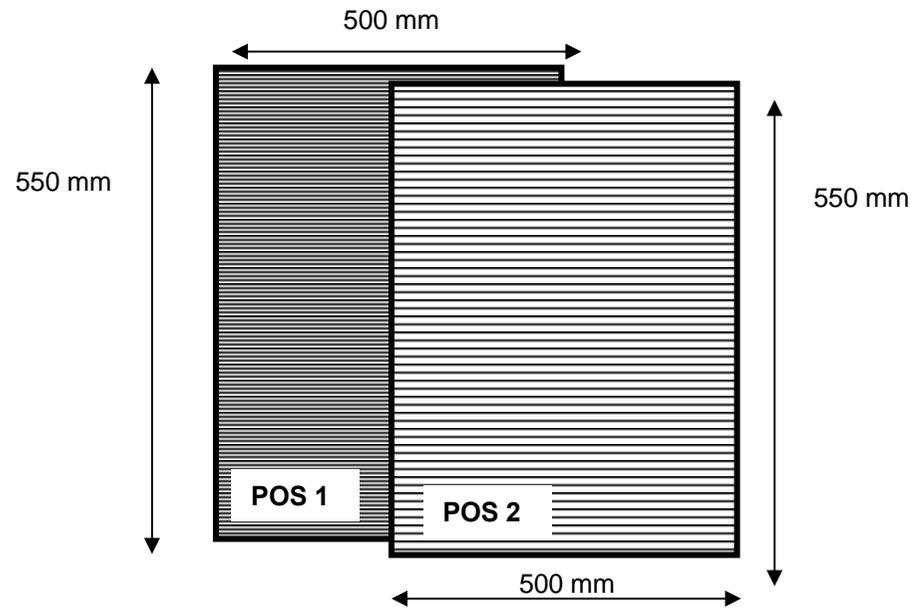
**DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS**

**APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES Y ELEMENTALES**

<b>POS.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>1</b>	<b>500X550 mm</b>	<b>Z-19.905</b>	<b>MATERIAL PREPEG</b>	<b>4 TELAS</b>
<b>2</b>	<b>400X450 mm</b>	<b>Z-17.654</b>	<b>MATERIAL PREPEG</b>	<b>1 PLACA</b>

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS	LIBRO DE LAY-UP	CAPAS	NOMENCLATURA
		1, 2	

### SECUENCIA DE TELAS



POS.	CAPA	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	Z-19.905 (0°)	Compactar 1ª capa
2	2	Z-19.905 (0°)	CAPA A 0°

DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS

LIBRO DE LAY-UP

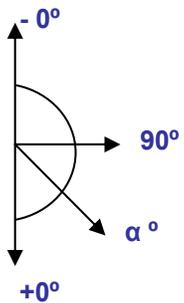
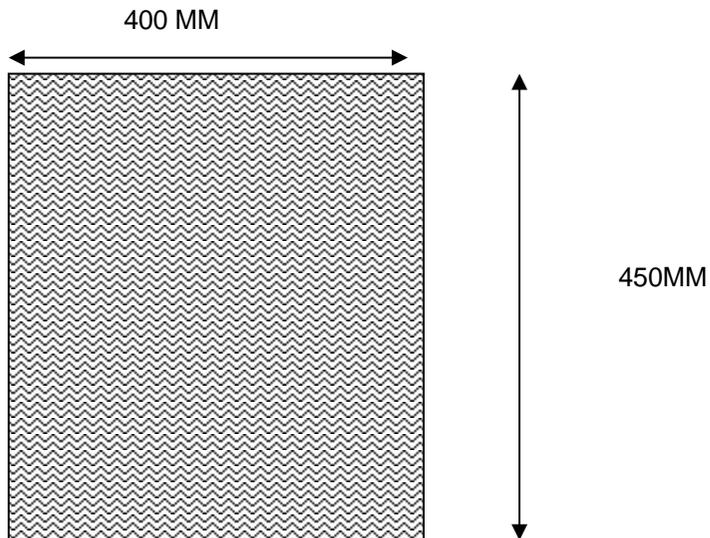
CAPAS

NOMENCLATURA

3

### SECUENCIA DE TELAS

LA DIRECCIÓN DEL  
RIBBON PERPENDICULAR  
A LA URDIMBRE

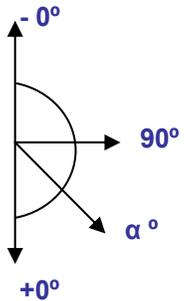
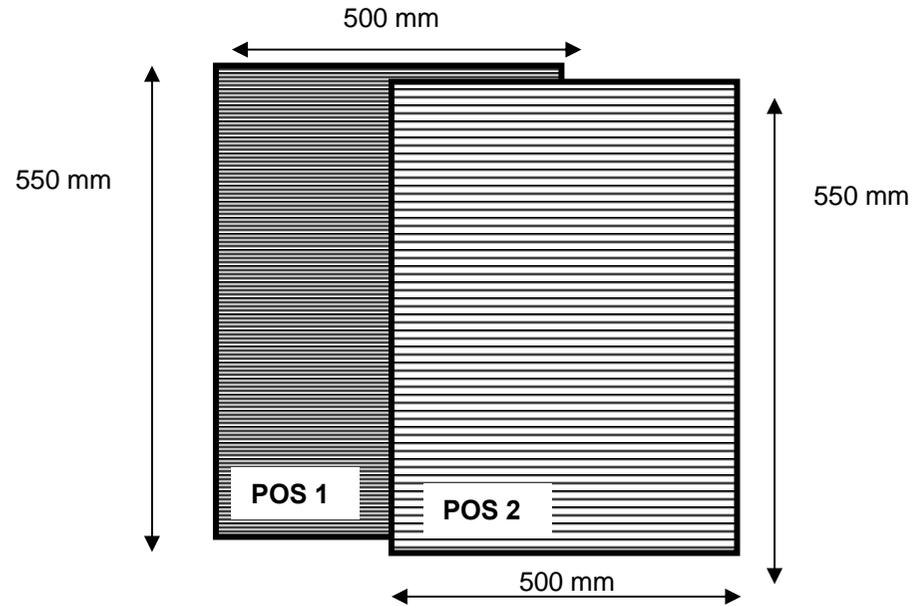


POS.	CAPA	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	3	Z-17.654 (0°)	NÚCLEO

DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS

LIBRO DE LAY-UP	CAPAS	NOMENCLATURA
	4, 5	

### SECUENCIA DE TELAS



POS.	CAPA	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	4	Z-19.905 (0°)	Compactar 1ª capa
2	5	Z-19.905 (0°)	CAPA A 0°

DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS

**PROGRAMA LIBRO DE LAY-UP**

**DESIGNACION**

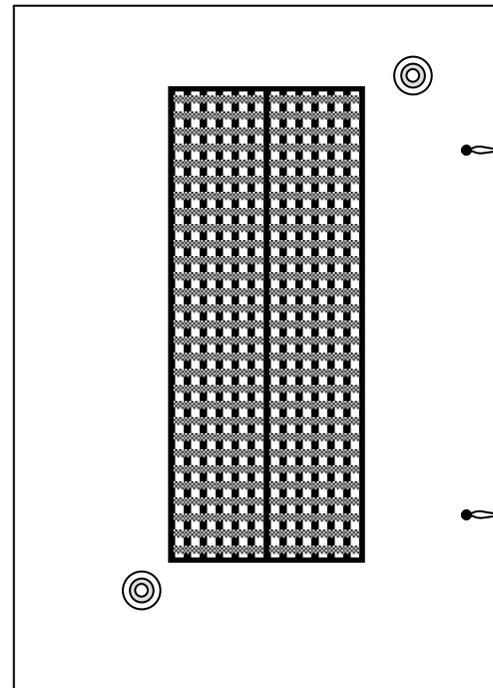
CERTIFICACIÓN

1

PROB-SAND.KEVLAR-CERT

## ESQUEMA DE SITUACIÓN DE TERMOPARES Y TOMAS DE VACÍO

CONTORNO DE  
SELLADO DE VACÍO



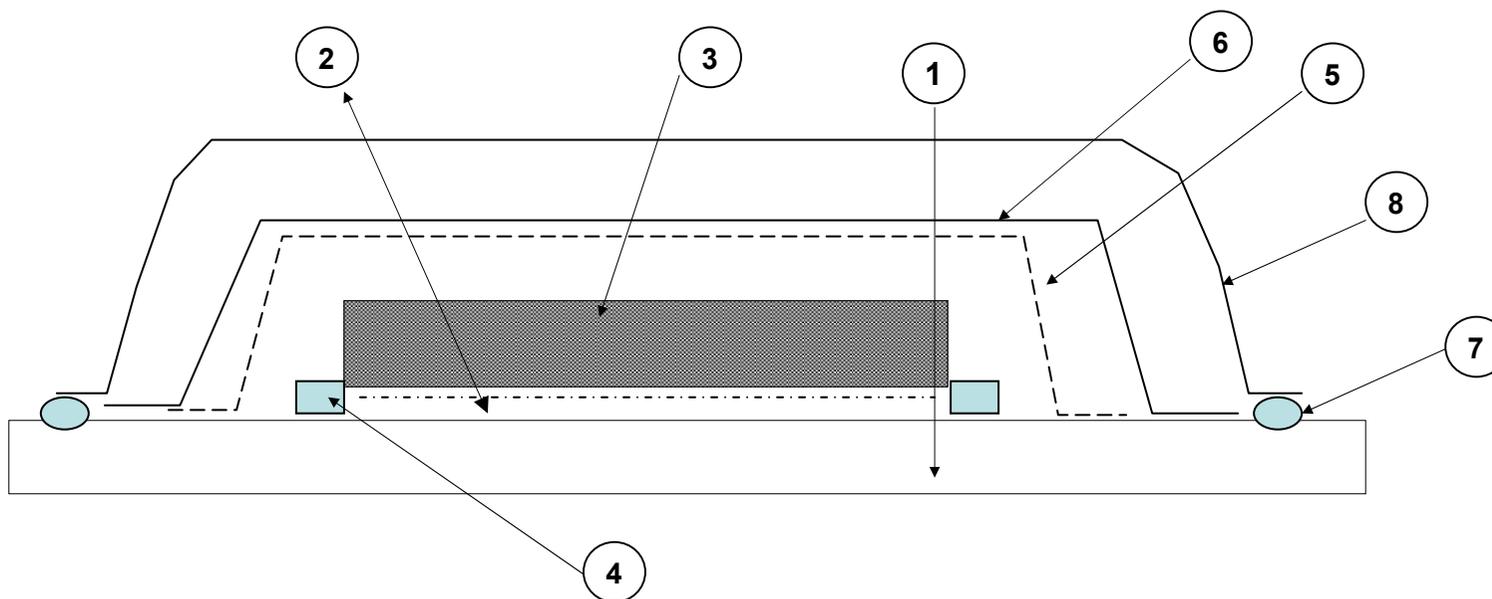
ÚTIL AL 2024T-3 (1250x1000x8)

ELEM	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
◎	TOMA DE VACÍO	2
●—■	TERMOPAR	2

DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS

<b>PROGRAMA LIBRO DE LAY-UP</b>		<b>DESIGNACION</b>
CERTIFICACIÓN	1	PROB-SAND.KEVLAR-CERT

### ESQUEMA DE BOLSA DE VACÍO



POS.	DESIGNACIÓN	MATERIAL
1	ÚTIL	
2	DESMOLDEANTE	Z24224
3	APILADO (LAY UP)	
4	RETENEDOR DE CORCHO	Z24295
5	PELICULA SEPARADORA	Z24231

POS.	DESIGNACIÓN	MATERIAL
6	TEJIDO AIREADOR	Z24261
7	PASTA DE SELLADO DE VACIO	Z24211
8	BOLSA DE VACÍO	Z24271
4		
5		

**DIVISIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS**

<b>PROGRAMA</b>	<b>LIBRO DE LAY-UP</b>	<b>DESIGNACION</b>
CERTIFICACIÓN	1	PROB-SAND.KEVLAR-CERT

### **OBSERVACIONES**

**-CUALQUIER MODIFICACIÓN PRODUCIDA SOBRE ESTE LIBRO DE LAY-UP DURANTE EL PROCESO DE PREPARACIÓN DEL ELEMENTO A CURAR, DEBERÁ SER COMUNICADO AL PERSONAL DE INGENIERÍA DE LA DIVISIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS Y SEÑALADO EN EL REGISTRO CORRESPONDIENTE DE LA ORDEN DE PRODUCCIÓN QUE CORRESPONDA.**

## **DOCUMENTO Nº 2:**

### **PRESUPUESTO DEL PROYECTO:**

#### **1- ALCANCE DEL PRESUPUESTO:**

El alcance del presente presupuesto tiene como objetivo el cálculo del coste total del desarrollo e implantación de los requisitos de la norma AK-2223-X, en la planta a la que hace referencia este proyecto fin de carrera, para obtener la certificación en fabricación de estructuras sándwich en materiales compuestos.

#### **2- ESTRUCTURA DEL PRESUPUESTO:**

El presupuesto se va a desarrollar siguiendo la estructura que se muestra a continuación:

#### **- COSTES DE FABRICACIÓN DE LOS PANELES DE CERTIFICACIÓN**

##### ***Costes de Materiales***

- a) Costes de Materiales preimpregnados
- b) Costes de Materiales auxiliares

##### ***Costes operativos de fabricación***

- a) *Costes de horas/hombre de fabricación*
- b) *Costes de horas/máquina de los equipos*
- c) *Costes del ciclo de autoclave*

- COSTES DE METROLOGÍA

Costes de calibraciones

- COSTES DE DESARROLLO DE INGENIERÍA

Costes de ingeniería

- COSTES DE LOS ENSAYOS DE LAS PROBETAS

Costes de los ensayos

**3- DESARROLLO DEL PRESUPUESTO:**

**3.1- COSTE DE FABRICACIÓN DE LOS PANELES DE CERTIFICACIÓN:**

Para el cálculo del coste de fabricación de los paneles de certificación, se considerarán, los gastos de fabricación de dos paneles, en este caso, los de fibra de aramida que han sido las que se ha ensayado y registrado sus resultados. Las dimensiones de cada panel de certificación son de 500 x 550 mm.

**3.1.1 ) Coste de materiales:**

A) Materiales Preimpregnados:

MATERIAL	PRECIO UNITARIO	UNIDAD	CONSUMO (Dos paneles)	PRECIO TOTAL
Aramida	30,25 €	M <sup>2</sup>	2.2	66,95 €
Núcleo	372,35 €	M <sup>2</sup>	0,55	205,69 €
				<b>TOTAL</b>
				<b>272,64 €</b>

B) Materiales Auxiliares:

MATERIAL	PRECIO UNITARIO	UNIDAD	CONSUMO (Dos paneles)	PRECIO TOTAL
FREKOTE	37 €	L	0	0 €
PMEK	14 €	L	0,1	1,4 €
Peel ply seco	4 €	M <sup>2</sup>	0	0 €
Masilla amarilla	2,46 €	rollo	1	2,46 €
Masilla de vacío	3,39 €	rollo	1	3,39 €
Bolsa de vacío	0,75 €	M <sup>2</sup>	1,5	1,125 €
Retenedor de corcho	0,39 €	M	4,3	1,67 €
Cinta adhesiva (HT) Flash B.	0,17 €	M	1	0,17 €
Film desmoldeante 5200	2,87 €	M <sup>2</sup>	2	5,74 €
Tejido aireador Airweaver	2,17 €	M <sup>2</sup>	1	2,17 €
Cinta de vidrio de contorno	0,30 €	M	9	2,7 €
				<b>TOTAL</b>
				<b>20,82 €</b>

### 3.1.2 ) Costes operativos de fabricación:

#### A) Costes Horas/ Hombre (H/H) de fabricación:

Para calcular el coste de horas/ hombre de fabricación de los paneles, suponemos que es un solo operario el que fabrica los paneles y no de forma simultánea, es decir, primero fabrica uno y después otro, ya que es éste el proceso lógico de fabricación. También se tiene en cuenta que el operario que realiza las diferentes está cualificado (nivel 2) y el turno de fabricación es diurno.

Para aproximar al máximo los tiempos considerados para el presupuesto a los reales, dividimos el proceso de fabricación en actividades individuales con sus correspondientes tiempos. La suma de todos ellos corresponde al tiempo total de fabricación de los dos paneles.

Para calcular los costes de las distintas actividades, así como el total, consideramos los siguientes precios de horas/ hombre según convenio aplicado en la empresa a la que se hace referencia:

	DIURNO	NOCTURNO
CUALIFICADO	16,45 €	21,30 €
NO CUALIFICADO	12,20 €	17 €

ACTIVIDAD	H/H (POR PANEL)	H/H (DOS PANELES)	PRECIO
Limpieza de útiles	0,25	0,50	8,22 €
Preparación del núcleo	0,5	1	16,45 €
Limpieza del núcleo	0,16	0,32	5,26 €
Corte de telas de aramida	0,33	0,66	10,85 €
Compactación	0,25	0,50	8,22 €
Apilamiento de telas y moldeo del sándwich	0,33	0,66	10,85 €
Fabricación de la bolsa de vacío	0,75	1,5	25,27€
Preparar y cargar ciclo	0,16	0,32	5,26 €
Desmoldeo	0,16	0,32	5,26 €
Recanteo	0,25	0,50	8,22 €
		<b>HORAS</b>	<b>TOTAL</b>
		<b>6,31</b>	<b>103, 86 €</b>

B) Coste horas/ maquina de los equipos:

Para el cálculo de los costes por consumo de electricidad debido a las horas de funcionamiento de las máquinas, vamos a suponer que, para las que sea aplicable, solo funcionan durante el tiempo de fabricación de los paneles, que como hemos visto en la sección anterior es de 6,3 horas.

El precio del Kw/h lo hemos considerado a 0,084 €

EQUIPO	POTENCIA (Kw)	HORAS FUNCIONAMIENTO	PRECIO
Aire acondicionado Sala Limpia	30	6,3	15,87 €
Cámara Frigorífica	14	6,3	7,40 €
Iluminación Sala Limpia	1,152	6,3	0,60 €
Máquina de corte eléctrica	4,4	0,50	0,18 €
Bomba de vacío	2,2	0,50	0,09 €
			<b>TOTAL</b>
			<b>24,14 €</b>

C) Costes del ciclo de autoclave:

Para calcular el coste del ciclo de autoclave hemos considerado un ciclo estándar de carga de paneles sándwich, con las condiciones de operación siguientes:

TIEMPO	4,5 HORAS
S.P. TEMPERATURA PRESIÓN	125° c y 7 Bar

EQUIPO	POTENCIA (Kw)	HORAS FUNCIONAMIENTO	PRECIO
Autoclave	110,5	4,5	41,76 €
Compresor	11	5	4,62 €
Bomba vacío Autoclave	1,2	0,16	0,016 €
2 bombas de impulsión de agua	60	4,5	22,68 €
<b>TOTAL</b>			
			<b>69,07 €</b>

### 3.2 ) COSTES DE METROLOGÍA:

#### 3.2.1) **Costes de calibraciones:**

Para calcular el coste de las calibraciones de los elementos de medida o controladores de los equipos sólo se incluyen aquellos que necesiten ser calibrados con el objeto de la certificación, es decir, actualizaciones, ya que muchos de los elementos de medida y controladores sujetos a calibración tienen ésta vigente, bien porque su periodo de calibración es más largo o bien porque se calibraron más tarde. A continuación se muestra la lista de los elementos que se calibrarán:

EQUIPO	ELEMENTO A CALIBRAR	NÚMERO DE ELEMENTOS	PRECIO
Autoclave	Controlador de presión	1	54,80 €
	Controlador de vacío	1	30,60 €
	Medidores de temperatura	12	116,40 €
			<b>TOTAL</b>
			<b>201,18 €</b>

### 3.3 ) COSTES DE DESARROLLO DE INGENIERÍA:

#### 3.3.1) Costes de ingeniería

Para el cálculo de estos costes se consideran como gastos de ingeniería las horas/ hombre de ingeniería dedicadas al estudio, desarrollo e implantación del proceso de certificación en la planta. Para que la estimación sea lo más real posible vamos a considerar las actividades más significativas del departamento de ingeniería para la obtención de la certificación.

Para calcular los costes de las distintas actividades, así como el total, consideramos los siguientes precios de horas/ hombre según convenio aplicado en la empresa a la que se hace referencia:

	DIURNO	NOCTURNO
INGENIERO SUPERIOR (I.S)	42,80 €	N/A
INGENIERO TÉCNICO (I.T)	30,80 €	N/A

ACTIVIDAD	H/H ing.	TITULACIÓN	PRECIO
Estudio de la normativa aplicable	6	I.S	256,8 €
Estudio de la situación actual de la planta	3	I.S	128,40 €
Desarrollo del plan estratégico de actuación	5	I.S	214 €
Lanzamiento orden producción de los paneles de certificación	1	I.T	30,80 €
Desarrollo del Libro de Lay Up de los paneles de certificación	1,5	I.T	46,20 €
Redacción del informe de certificación	2	I.T	61,6 €
Seguimiento del plan estratégico de actuación	5	I.T	154 €
			<b>TOTAL</b>
			<b>891,80 €</b>

### 3.4 ) COSTES DE LOS ENSAYOS DE LAS PROBETAS:

Para el cálculo de estos costes se van a considerar los gastos por los ensayos del laboratorio y los gastos por el traslado de los paneles al laboratorio. Con respecto al número de probetas ensayada, para el cálculo de los valores medios, van a ser dos probetas.

	UNIDADES	COSTES
Envío de las probetas	2	20 €
Ensayos de pelado en tambor	2	86,54 €
		<b>TOTAL</b>
		<b>106,54 €</b>

#### **4- RESUMEN DEL PRESUPUESTO:**

<b>CONCEPTO</b>	<b>COSTES</b>
Materiales preimpregnados	272,64 €
Materiales Auxiliares	20,82 €
Horas hombre de fabricación de los paneles	103,86 €
Horas máquina de equipos e instalaciones	24,14 €
Ciclo de autoclave	69,07 €
Metrología	201,18 €
Desarrollo de ingeniería	891,80 €
Ensayo de las probetas	106,54 €
	<b>TOTAL</b>
	<b>1690,05 €</b>

#### **5- PRESUPUESTO TOTAL:**

El presupuesto total se obtiene, como se muestra en el resumen del anterior apartado, de sumar cada uno de los siguientes conceptos de gastos:

- Costes de materiales preimpregnados
- Costes de materiales auxiliares
- Costes de horas/ hombre de fabricación de los paneles
- Costes de horas / máquinas de equipos e instalaciones
- Costes de ciclo de autoclave
- Costes de metrología

- ❑ Costes de desarrollo de ingeniería
- ❑ Costes de ensayos de las probetas

Como resultado se obtiene que, el presupuesto del “Proceso de certificación de planta de materiales compuestos para la fabricación de estructuras sándwich según norma interna aeronáutica” asciende a: “MIL SEISCIENTOS NOVENTA EUROS CON CINCO CÉNTIMOS).

