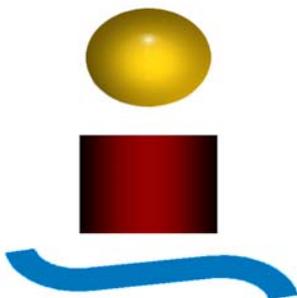


CAPÍTULO VI

ANEXOS



6.1 Introducción:

En este capítulo se van a mostrar todos los documentos, criterios de auditoria (“check lists”), procedimientos y ensayos realizados en el Laboratorio de Elasticidad y Resistencia de Materiales de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla para la implementación de la norma SAE AS7101 Rev.B con el fin de superar la auditoria programada para febrero de 2005, que luego no se llevó a cabo, y obtener la acreditación del programa Nadcap en los siguientes procesos especiales:

- Requerimientos Generales (PRI AC7101/1A)
- Ensayos mecánicos (PRI AC7101/3 Rev.A)
- Preparación de las probetas para ensayos mecánicos (PRI AC7101/7A)

6.2 Mecanizado de muestras:

Como ya se vio en el capítulo 6 de este proyecto fin de carrera el “check list” AC7101/7 había que implementarlo en su totalidad ya que el LERM carecía de un procedimiento específico para el mecanizado de muestras, para realizar dicho procedimiento se tomó como guión la norma SAE AS7101 y el citado “check list”. Tras un estudio pormenorizado de la norma y del “check list” AC7101/7 se llegó a que había que implementar al menos los siguientes puntos importantes:

- Que se redactaría y se mantendría un procedimiento por escrito en el Manual de Gestión de la Calidad sobre el mecanizado de muestras, para combinación específica probeta-material.
- Que se incluiría en él un proceso específico de control de todos los aspectos importantes de cada probeta ya sean dimensionales o resistentes.

- No se permitiría el estirado en frío de las probetas.
- Se incluirían procedimientos especiales por escrito para el mecanizado de probetas especiales como tubos, uniones soldadas, probetas muy pequeñas, etc.
- Se registrarían antes de realizar el ensayo correspondiente las condiciones de la probeta que pudiesen afectar al resultado del mismo.
- Se haría especial hincapié en las probetas con entallas (acabado superficial, inspección detallada en busca de posibles arañazos o grietas, dimensiones correctas en comparación con las del dibujo de la probeta).
- Se incluiría en el registro del informe de ensayo el método de inspección de las probetas y el tamaño de la inspección (1X, 10X, etc.).

Un punto de la norma que se decidió no implantar debido al coste que supondría es el referente a la recomendación explícita que hace la norma a que se debe implantar, para las probetas de los ensayos de tenacidad y fatiga, una evaluación anual de las tensiones residuales tras el mecanizado mediante difracción de rayos X teniendo que quedar estas entre los valores específicos siguientes, 140 MPa y 590 MPa. Todo esto para cada tipo de ensayo, de probeta y de material.

El resultado de este estudio es el procedimiento ERM 021 del Manual de Gestión de la Calidad del LERM que se muestra a continuación.

**PROCEDIMIENTO
(PROCEDURE)**

Título (*Title*):

**MECANIZADO DE MUESTRAS
()**

**Índice de contenidos
(Table of contents)**

1.OBJETO	70
2.APLICABILIDAD	70
3.DOC. APLICABLE	70
4.DEFINICIONES	70
5.RESPONSABILIDADES.	70
6.DESARROLLO.	71

1.PURPOSE	70
2.SCOPE	70
3.REFERENCES	70
4.DEFINITIONS	70
5.RESPONSABILITY	70
6.PROCEDURE	71

7.ANEXO I: FORMATOS Y SELLOS (*ANNEX I: FORMATS AND STAMPS*);ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8.ANEXO II: ESPECIFICACIONES (*ANNEX II: SPECIFICATIONS*);ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

**Control de Modificaciones
(Modification Control)**

Rev.	Pag.	Fecha (Date)	Preparada y revisada por (Prepared & checked by):	Aprobada por (Approved by):
0	1 - 8			

Modificaciones respecto de la última revisión (marcadas con una barra vertical en el margen izquierdo)
(Changes since last revision (marked with a vertical bar in the left margin))

1. OBJETO

El presente procedimiento tiene por objeto definir el sistema de actuación establecido por el Área de Ensayos del LERM de la Escuela Superior Ingenieros de Sevilla para el mecanizado de muestras en el Área de Ensayos.

2. APLICABILIDAD

Este procedimiento es de aplicación a todas las actividades de mecanizado de muestras llevadas a cabo en el Área de Ensayos.

3. DOC. APLICABLE

Manual de Calidad, capítulo

ERM-003: Control de las muestras de ensayo.

ERM-004: Inspección y ensayo.

ERM-012: Control de los registros de la calidad.

ERM-011: Personal.

ERM-014: Subcontratación de ensayos y servicios.

4. DEFINICIONES

- **Inspeccionar.** Examinar, reconocer y controlar un estado determinado del material.
- **Mecanizar.**
- **Disco de diamante.**
- **Recanteadora.**

5. RESPONSABILIDADES

5.1.- Corresponde al Director Técnico controlar que se cumplen los requisitos técnicos requeridos en el mecanizado

PURPOSE

The present procedure has for object to define the established performance system for the Testing Area of the LERM of the School Superior Engineers of Seville for the mechanize of samples in the testing Area.

7. SCOPE

This procedure is from application to all the activities of machining of samples carried out in the testing Area.

8. REFERENCES

Manual of Quality, chapter

ERM-003: Control of the test samples.

ERM-004: Inspection and test.

ERM-012: Control of the registrations of the quality.

ERM-011: Personnel.

ERM-014: Subcontractor of test and services.

9. DEFINITIONS

- **To inspect.** To examine, to recognize and control a certain state of the material.
- **To mechanize.**
- **Diamond disk.**
- **Recanteadora.**

10. RESPONSABILITY

5.1.- It corresponds the Technical Director to control that the technical requirements are completed required in

de muestras, así como la emisión de toda la documentación técnica necesaria para la realización de las actividades de mecanizado.

5.2.- Corresponde al Responsable de Garantía de Calidad realizar, si procede, la subcontratación del mecanizado de probetas y responder de éstos frente a sus clientes, así como el control y el mantenimiento de toda la documentación asociada al procedimiento de mecanizado.

5.3.- Corresponde al Responsable del Laboratorio de Ensayos gestionar todos los equipos relacionados con el procedimiento de mecanizado, identificando cada uno de ellos y retirando todo aquél que no cumpla con las especificaciones del proceso de mecanizado.

5.4.- Corresponde a los usuarios de los equipos no usar medios que no estén conformes así como avisar de cualquier anomalía en el correcto funcionamiento de los mismos.

6. DESARROLLO

El procedimiento de mecanizado se dividirá atendiendo al tipo de material a mecanizar y para cada material, según la geometría de la probeta a ensayar.

6.1. Aluminio:

6.1.1.- Probetas cilíndricas: Se mecanizarán según lo establecido en la documentación de referencia ERM - DR - GEN - 00?, a continuación se verificarán las dimensiones de cada probeta y se hará especial hincapié en las dimensiones correspondientes a la sección reducida.

6.1.2.- Probetas planas: Se mecanizarán según la documentación de referencia ERM - DR - GEN - 00?,

machining of samples, as well as the emission of the whole necessary technical documentation for the realization of machining activities.

5.2.- It corresponds to the Quality Assurance to carry out, if it proceeds, the subcontracting of the machining of test specimen and to respond of these in front of their customers, as well as the control and the maintenance of the whole documentation associated to the procedure of machining.

5.3.- It corresponds to the Responsible for the Testing Laboratory to administer all the equipments related with the procedure of machining, identifying each one of them and retracting everything that doesn't perform the specifications of the process of machining.

5.4.- It corresponds the users of the equipments not use facilities that are not conforming as well as to inform of any irregularity in the correct functionality of the same ones.

11. PROCEDURE

The procedure of machining will be divided attend to the material type to mechanize and for each material, according to the geometry of the test specimen.

6.1. Aluminum:

6.1.1.- Cylindrical test specimen: Will they be mechanized according to that established in the reference documentation ERM - DR - GENE - 00?, next the dimensions of each test specimen will be verified and it will become special attention in the dimensions corresponding to the reduced section.

6.1.2.- Plane test specimen: Will they be mechanized according to the

se verificarán las dimensiones de cada una de ellas y se hará especial hincapié en la sección reducida y en el acabado superficial.

6.1.3.- Tubos: Si el diámetro del tubo es menor a 20mm sólo se procederá a su corte, ya que se ensayan completos, con sus correspondientes cilindros interiores en las zonas de agarre a la mordaza. En caso contrario se mecanizará en su espesor una probeta plana equivalente, procediéndose de forma idéntica al punto anterior.

6.1.4.-El mecanizado de las probetas planas con agujero para los ensayos de fatiga así como las probetas para los ensayos de tenacidad se subcontratan. La documentación de referencia de cada tipo de probeta se mantendrá a los subcontratistas y cada probeta será verificada dimensionalmente y en su acabado a su recepción.

6.2 Titanio:

6.2.1.- Probetas cilíndricas: Se mecanizarán según lo establecido en la documentación de referencia ERM - DR - GEN - 00?, a continuación se verificarán las dimensiones de cada probeta y se hará especial hincapié en las dimensiones correspondientes a la sección reducida.

6.2.2.- Probetas planas: Se mecanizarán según la documentación de referencia ERM - DR - GEN - 00?. Se verificarán las dimensiones de cada una de ellas y se hará especial hincapié en la sección reducida y en el acabado superficial.

6.2.3.- Tubos: Si el diámetro del tubo es menor a 20mm sólo se procederá a su corte, ya que se ensayan completos, con sus correspondientes cilindros interiores en las zonas de agarre a la mordaza. En caso contrario se mecanizará en su espesor una probeta plana equivalente, procediéndose de forma idéntica al

reference documentation ERM - DR - GENE - 00?, the dimensions of each will be verified one of them and it will become special attention in the reduced section and in the superficial finish.

6.1.3.- Tubes: If the diameter of the tube is smaller than 20mm shall be only proceed to its cut, since they are tested complete, with its corresponding interior cylinders in the areas of it grips. Otherwise it will be mechanized in their thickness an equivalent plane test specimen, being come from an identical way to the previous point.

6.1.4.-The machining of the plane test tubes with hole for the fatigue tests as well as the test specimen for fracture toughness are subcontracted. The documentation of reference of each test specimen type will stay to the subcontractors and each test specimen will be verified dimensionally and in its finish to its reception.

6.2 Titanium:

6.2.1.- Cylindrical test specimen: Will they be mechanized according to that established in the reference documentation ERM - DR - GENE - 00?, next the dimensions of each test specimen will be verified and it will become special attention in the dimensions corresponding to the reduced section.

6.2.2.- Plane test specimen: Will they be mechanized according to the reference documentation ERM - DR - GENE - 00?, the dimensions of each will be verified one of them and it will become special attention in the reduced section and in the superficial finish.

6.2.3.- Tubes: If the diameter of the tube is smaller than 20mm shall be only proceed to its cut, since they are tested complete, with its corresponding interior cylinders in the areas of it grips. Otherwise it will be mechanized in their thickness an equivalent plane test specimen, being come from an identical way to the previous point.

punto anterior.

6.2.4.- El mecanizado de las probetas planas con agujero para los ensayos de fatiga así como las probetas para los ensayos de tenacidad se subcontratan. La documentación de referencia de cada tipo de probeta se mantendrá a los subcontratistas y cada probeta será verificada dimensionalmente y en su acabado a su recepción.

6.3. Acero:

6.3.1.- Probetas cilíndricas: Se mecanizarán según lo establecido en la documentación de referencia ERM - DR - GEN - 00?, a continuación se verificarán las dimensiones de cada probeta y se hará especial hincapié en las dimensiones correspondientes a la sección reducida.

6.3.2.- Probetas planas: Se mecanizarán según la documentación de referencia ERM - DR - GEN - 00?. Se verificarán las dimensiones de cada una de ellas y se hará especial hincapié en la sección reducida y en el acabado superficial.

6.3.3.- Tubos: Si el diámetro del tubo es menor a 20mm sólo se procederá a su corte, ya que se ensayan completos, con sus correspondientes cilindros interiores en las zonas de agarre a la mordaza. En caso contrario se mecanizará en su espesor una probeta plana equivalente, procediéndose de forma idéntica al punto anterior.

6.4. Materiales Compuestos:

6.4.1.- Probetas planas: Para su corte recto se usará un disco de diamante refrigerado con agua. Para darle formas no-rectas (p.e. tipo hueso) a la probeta se usará la recantadora disponible en el laboratorio y el útil correspondiente. Si la probeta tuviese algún agujero, éste se realizará con las brocas especiales para materiales compuestos disponibles en el

6.2.4.-The machining of the plane test tubes with hole for the fatigue tests as well as the test specimen for fracture toughness are subcontracted. The documentation of reference of each test specimen type will stay to the subcontractors and each test specimen will be verified dimensionally and in its finish to its reception.

6.3. Steel:

6.3.1.- Cylindrical test specimen: Will they be mechanized according to that established in the reference documentation ERM - DR - GENE - 00?, next the dimensions of each test specimen will be verified and it will become special attention in the dimensions corresponding to the reduced section.

6.3.2.- Plane test specimen: Will they be mechanized according to the reference documentation ERM - DR - GENE - 00?, the dimensions of each will be verified one of them and it will become special attention in the reduced section and in the superficial finish.

6.3.3.- Tubes: If the diameter of the tube is smaller than 20mm shall be only proceed to its cut, since they are tested complete, with its corresponding interior cylinders in the areas of it grips. Otherwise it will be mechanized in their thickness an equivalent plane test specimen, being come from an identical way to the previous point.

6.4. Composites:

6.4.1.- Plane test specimen: For their right cut a refrigerated with water disk of diamond will be used. To give a form no-right (f.e. type bone) to the test specimen the available recantadora will be used in the laboratory and the useful one corresponding. If the test specimen has some hole, this will be carried out with the special drills for available composites materials in the laboratory.

6.4.2.- The test specimen will be

laboratorio.

6.4.2.- Las probetas se mecanizarán según las dimensiones de la Norma aplicable y se verificarán dimensionalmente todas sus características, especialmente las relativas a su sección reducida, agujero (si es aplicable), etc...

mechanized according to the applicable Standard's dimensions and they will be verified all their characteristics dimensionally, especially the relative ones to their reduced section, hole (if it is applicable), etc...

También se implementó, como viene recogido en el procedimiento anterior, una tabla con una referencia a otro documento (ERM - DR - GEN - 001) donde viene especificados los parámetros necesarios para la realización de los mecanizados de todas y cada una de las probetas, para cada tipo de material y ensayo. A continuación se muestra dicha documentación de referencia, junto con las tablas anteriormente citadas:

Referencia	Máquina	Desbaste	Cuchilla D.	Acabado	Cuchilla A.	Rugosidad
1						
2	Fresadora	1050 rpm		2100 rpm		
3	Torno	700 rpm	Triangular	1400 rpm	Circular	
4	Fresadora	1050 rpm		2100 rpm		
5						
6	Fresadora	470 rpm		1050 rpm		
7	Torno	360 rpm	Cuadrada	700 rpm	Cuadrada	
8	Fresadora	470 rpm		1050 rpm		
9						
10	Torno	360 rpm	Cuadrada	700 rpm	Cuadrada	
11	Fresadora	470 rpm		1050 rpm		
12						

Material	Ensayo	Probeta	Mecanizado	Referencia
Aluminio	Tenacidad	Compactas con y sin Chevron	Proveedor 1	1
	Fatiga	Cilíndricas	Proveedor 2	
		Planas con y sin agujero	Proveedor 3	
			Nosotros	2
	Tracción	Cilíndricas	Nosotros	3
		Planas	Nosotros	4
Tubos		Nosotros	5	
Titanio	Tenacidad	Compactas con y sin Chevron	Valverde	
	Fatiga	Cilíndricas	Proveedor 2	
		Planas con y sin agujero	Proveedor 3	
			Nosotros	6
	Tracción	Cilíndricas	Nosotros	7
		Planas	Nosotros	8
Tubos		Nosotros	9	
Acero	Tenacidad	No aplica		
	Fatiga	No aplica		
	Tracción	Cilíndricas	Nosotros	10
		Planas	Nosotros	11
Tubos		Nosotros	12	
Compuestos	Tenacidad	No aplica		
	Fatiga	No aplica		
	Tracción	Planas	Nosotros	13

Documentación de Referencia

MECANIZADO

1.- PROBETAS DE ALUMINIO PARA ENSAYO DE TENACIDAD:

1.1.- Compactas con y sin Chevron: En primer lugar se observará la planicidad del material de partida y se darán (si es conveniente) unas pasadas de desbaste hasta conseguir que las superficies sobre las cuales se va a mecanizar sean planas. Lo que determina las condiciones de corte en este tipo de probetas es fundamentalmente la rugosidad final de las superficies mecanizadas que debe ser menor en todas ellas a $1.6\mu\text{m}$. Para ello se usará durante el desbaste una fresa "de bellota" con plaquitas de corte octogonales positivas con una velocidad de giro de la máquina de 930 rpm y una penetración no superior a 3.5 mm y durante las pasadas de acabado la misma velocidad de giro pero con una penetración inferior a 0.5 mm.

2.- PROBETAS DE ALUMINIO PARA FATIGA:

2.1.- Cilíndricas: No se mecanizan en el Laboratorio ni se subcontrata su mecanizado, son enviadas por el cliente preparadas para la realización del ensayo, por lo que sólo se procede a su verificación dimensional.

2.2- Planas sin agujero: Si se requiere mecanizar su superficie para obtener el espesor especificado por la Norma se usará una fresa plana "de bellota" con plaquitas de corte rectangulares adecuadas para el aluminio, según catálogo del distribuidor. Los parámetros de corte tales como velocidad de corte, velocidad de avance, penetración, etc.. Vendrán determinados fundamentalmente por la rugosidad ($R_a \leq 1.6\mu\text{m}$), valores típicos que cumplen con lo especificado en la Norma son una velocidad de avance de 100 mm/min y una velocidad de corte de 300 m/min. La penetración para la pasada final será menor de 0.4 mm en todas las caras incluido el borde de la probeta. Para el

mecanizado del borde de la probeta se usará una fresa frontal con una velocidad de giro de la máquina de 1500 rpm para el desbaste y de 2100 rpm para las pasadas de acabado siendo la penetración en la última pasada menor de 0.4 mm.

3.- PROBETAS DE ALUMINIO PARA TRACCIÓN:

3.1.- Cilíndricas: Se mecanizarán las probetas en un torno con portaherramientas de plaquitas, para el desbaste se usarán plaquitas triangulares según especificaciones del catálogo del distribuidor con una velocidad de giro de la máquina de 700 rpm, una profundidad de corte típica de 5 mm y una velocidad de avance no superior a 0.5 mm/rev. Para el acabado se usará una plaquita de corte circular cuyo radio sea igual al radio de acuerdo que especifique la Norma la velocidad de giro durante las pasadas de acabado será de 2100 rpm con una profundidad de corte menor o igual a 0.5 mm y una velocidad de avance no superior a 0.3 mm/rev.

3.2.- Planas: Si se requiere mecanizar su superficie para obtener el espesor especificado por la Norma se usará una fresa plana "de bellota" con plaquitas de corte rectangulares adecuadas para el aluminio, según catálogo del distribuidor. Para las pasadas de desbaste se usará una velocidad de giro de la máquina de 1050 rpm con una penetración típica no superior a 3.5 mm, para las pasadas de acabado se usará una velocidad de giro de la máquina de 2100 rpm y una penetración inferior a 0.4 mm. Para el mecanizado del borde de la probeta se usará una fresa frontal con una velocidad de giro de la máquina de 1500 rpm para el desbaste y de 2100 rpm para las pasadas de acabado siendo la penetración en la última pasada menor de 0.4 mm.

4.- PROBETAS DE TITANIO PARA TENACIDAD:

4.1.- Compactas con y sin Chevron: En primer lugar se observará la planicidad del material de partida y se darán (si es conveniente) unas pasadas de desbaste hasta conseguir que las superficies sobre las cuales se va a

mecanizar sean planas. Lo que determina las condiciones de corte en este tipo de probetas es fundamentalmente la rugosidad final de las superficies mecanizadas que debe ser menor en todas ellas a $1.6\mu\text{m}$. Para ello se usará durante el desbaste una fresa "de bellota" con plaquitas de corte triangulares positivas con una velocidad de giro de la máquina de 330 rpm y una penetración no superior a 2 mm y durante las pasadas de acabado la velocidad de giro será de 930 rpm y con una penetración de 0.5 mm, además se dará una pasada final con penetración prácticamente nula (pasada de limpieza).

5.- PROBETAS DE TITANIO PARA FATIGA:

5.1.- Cilíndricas: No se mecanizan en el Laboratorio ni se subcontrata su mecanizado, son enviadas por el cliente preparadas para la realización del ensayo, por lo que sólo se procede a su verificación dimensional.

5.2.- Planas sin agujero: Si se requiere mecanizar su superficie para obtener el espesor especificado por la Norma se usará una fresa plana "de bellota" con plaquitas de corte rectangulares adecuadas para el titanio, según catálogo del distribuidor. Los parámetros de corte tales como velocidad de corte, velocidad de avance, penetración, etc.. Vendrán determinados fundamentalmente por la rugosidad ($R_a \leq 1.6\mu\text{m}$) el desbaste se realizará con una velocidad de giro de la máquina de 470 rpm y una penetración menor de 3mm, las pasadas de acabado se realizarán con una velocidad de giro de 1050 rpm y una penetración menor de 0.4 mm en todas las caras incluido el borde de la probeta. Para el mecanizado del borde de la probeta se usará una fresa frontal con una velocidad de giro de la máquina de 470 rpm para el desbaste y de 1050 rpm para las pasadas de acabado siendo la penetración en la última pasada menor de 0.4 mm.

6.- PROBETAS DE TITANIO PARA TRACCIÓN:

6.1.- Cilíndricas: Se mecanizarán las probetas en un torno con portaherramientas de plaquitas, para el desbaste se usarán plaquitas cuadradas según especificaciones del catálogo del distribuidor con una velocidad de giro de la máquina de 360 rpm, una profundidad de corte menor de 5 mm y una velocidad de avance no superior a 0.5 mm/rev. Para el acabado se usará una plaquita de corte circular cuyo radio sea igual al radio de acuerdo que especifique la Norma la velocidad de giro durante las pasadas de acabado será de 700 rpm con una profundidad de corte menor o igual a 0.4 mm y una velocidad de avance no superior a 0.3 mm/rev.

6.2.- Planas: Si se requiere mecanizar su superficie para obtener el espesor especificado por la Norma se usará una fresa plana "de bellota" con plaquitas de corte rectangulares adecuadas para el titanio, según catálogo del distribuidor. Para las pasadas de desbaste se usará una velocidad de giro de la máquina de 470 rpm con una penetración típica no superior a 3.5 mm, para las pasadas de acabado se usará una velocidad de giro de la máquina de 1050 rpm y una penetración inferior a 0.4 mm. Para el mecanizado del borde de la probeta se usará una fresa frontal con una velocidad de giro de la máquina de 470 rpm para el desbaste y de 1050 rpm para las pasadas de acabado siendo la penetración en la última pasada menor de 0.4 mm.

7.- PROBETAS DE ACERO PARA TRACCIÓN:

7.1.- Cilíndricas: Se mecanizarán las probetas en un torno con portaherramientas de plaquitas, para el desbaste se usarán plaquitas cuadradas según especificaciones del catálogo del distribuidor con una velocidad de giro de la máquina de 360 rpm, una profundidad de corte menor de 5 mm y una velocidad de avance no superior a 0.5 mm/rev. Para el acabado se usará una plaquita de corte circular cuyo radio sea igual al radio de acuerdo que especifique la Norma la velocidad de giro durante las pasadas de acabado

será de 700 rpm con una profundidad de corte menor o igual a 0.4 mm y una velocidad de avance no superior a 0.3 mm/rev.

7.2.- Planas: Si se requiere mecanizar su superficie para obtener el espesor especificado por la Norma se usará una fresa plana "de bellota" con plaquitas de corte rectangulares adecuadas para el acero, según catálogo del distribuidor. Para las pasadas de desbaste se usará una velocidad de giro de la máquina de 470 rpm con una penetración típica no superior a 3.5 mm, para las pasadas de acabado se usará una velocidad de giro de la máquina de 1050 rpm y una penetración inferior a 0.4 mm. Para el mecanizado del borde de la probeta se usará una fresa frontal con una velocidad de giro de la máquina de 470 rpm para el desbaste y de 1050 rpm para las pasadas de acabado siendo la penetración en la última pasada menor de 0.4 mm.

6.3 Ensayo de alineamiento:

Otro de los puntos que se vieron en el capítulo anterior que no tenía implementado el Laboratorio era el referido al ensayo sobre el alineamiento de las máquinas. Vimos que este ensayo planteaba el problema de ser otra inversión importante ya que se requería para cada máquina, tipo de ensayo y tipo de material. Otra duda que se planteaba con este tipo de ensayos era de si se recogería algún tipo de desalineamiento al usar acoplamientos flexibles, como es habitual en el laboratorio, por ello se decidió realizar un ensayo modelo para una de las máquinas de tracción.

El ensayo que se realizó fue el siguiente (ASTM E 1012) dicha norma dice que el ensayo debe especificar la carga, las dimensiones, el tipo de probeta y la temperatura a la cual se realizó. Que existen tres métodos de para medir el alineamiento de las máquinas, que van del más riguroso y costoso al menos, y la diferencia fundamental entre ellos está en el método de medida usado, el principal consiste en poner un grupo de galgas a lo largo de la

sección reducida, el segundo también pero sólo en el centro de la sección reducida, además en el primer método se debe tener en cuenta una variación lineal de la flexión con la temperatura y entre las temperaturas de las distintas galgas, mientras que en el segundo no. El tercer método no se ha comentado tan siquiera por ser muy poco riguroso y basarse en inspecciones visuales.

También dice que las lecturas de cada galga deben estar, para cada fuerza aplicada, dentro del 10% de la flexión permitida (repetibilidad de la medida), para cada 5 aplicaciones de carga hechas después de la primera aplicación, sin reducir las fuerzas aplicadas menos de un 5% respecto de la que estipulemos para la realización del ensayo. Se hace especial hincapié en la norma en el acabado de la probeta a ensayar, sobre todo en su axialidad. Y también en la calibración e incertidumbres de los aparatos usados para medir las deformaciones, deben ser lo mas iguales posibles.

Dice que para verificar el alineamiento de máquinas hay que realizar varias aplicaciones de fuerzas repetidas ya que la cantidad de flexión introducida por el tren de carga depende de la posición relativa de los distintos componentes que transmiten la carga a la probeta, por eso es esencial, remarca, que el tren de carga sea ensamblado con muchísimo cuidado y que el mecanizado de la probeta sea de la mayor calidad posible y verificable. Las cargas repetitivas deben incluir un montaje y desmontaje del tren de carga incluida la probeta, también se recomienda ir dando un giro de 90° para realizar un estudio sistemático del efecto de la posición de los componentes del tren de carga. Se calcula el valor de la flexión en cada posición del tren de carga y el máximo no debe exceder el valor específico de la norma.

El informe debe contener los valores de deformación de flexión o en tanto por ciento de flexión, el método usado y la posición de las galgas, la temperatura durante la realización del ensayo, la descripción detallada de la probeta (material y dimensiones), descripción del equipamiento usado para medir las deformaciones incluyendo precisión, sensibilidad y método de unión a la probeta. La descripción del tren de carga incluyendo el método de agarre de

la probeta, tipo de acoplamiento y de juntas y la longitud del tren de carga. Estimación de la precisión y repetibilidad de las medidas (margen de error).

El ensayo mide el desalineamiento entre la carga aplicada y el eje de la probeta, en el informe hay que especificar que se trata de una comprobación de la máquina.

Para realizar el ensayo lo primero que se hizo es realizar la probeta patrón "Type A", en este caso se eligió una probeta plana de acero de pequeño espesor que se mecanizó con especial cuidado y se llevó al CAM (Centro Andaluz de Metrología) para tener un certificado dimensional de la misma. A continuación se muestra una gráfica donde puede verse un perfil de la probeta representando los datos aportados por el CAM acerca de la planicidad de la superficie de la misma, los datos están tomados según dos líneas a lo largo de la superficie de la probeta con medidas cada 10 mm.