



UNIVERSIDAD CENTRAL “Marta Abreu” de las Villas.

Facultad de Ingeniería Mecánica.



Título: Aplicación del diagnóstico por vibraciones en equipos de la UEB azucarera Ifraín Alfonso

Autor: Dr. Ing. Pérez Castellanos, Eusebio Enrique; email: eusebiopc@uclv.edu.cu

Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba

Coautores:

Coautores:

1. Ing. Fidel Enrique Ledón Machado
CAI Ifraín alfonso
2. Ing. Raidel Chávez Pérez
CAI Ifraín alfonso

Resumen

En el este trabajo se realizó una valoración de la disponibilidad técnica en diferentes equipos de la Ueb Industria Cai Ifraín Alfonso, partiendo de la disponibilidad de sus rodamientos y aplicando el diagnóstico por vibraciones con el Vibrotest 60. Se obtuvieron lecturas durante un prolongado periodo de tiempo en el que se analizó la evolución de las vibraciones, se dictaminó el estado general de las máquinas activas en el proceso y se determinó la calidad del rodamiento antes de la avería utilizando varios métodos y evaluando los resultados en las normas vigentes.

Abstract:

In this work a evaluation about the technical disposition in different equipments of the Ueb industry Cai Ifraín Alfonso was made. In this operation, the disposition of his bearings was taked as source and it was made by mind of the application of the vibrations diagnosis with Vibrotest 60. Values of the velocity in three directions and the acceleration of the oscillations during a long time were obtained. In this way the evolution of the vibrations was analyzed. The general behavior of the equipments in the process was determined ant the quality of the bearings, before the end of his work by mind of various methods was evaluated.

Introducción

El diagnóstico de la maquinaria industrial por análisis de vibraciones mecánicas es un mantenimiento predictivo que aún está siendo insertado en los centrales azucareros de Cuba. Los equipos para el monitoreo son costosos y demandan una preparación eficiente para el personal técnico. Palomino [3] señala que el equipamiento que se emplea con este fin no es nada barato por lo cual constituye una exigencia de primer orden, la adquisición de instrumentos que satisfagan las expectativas de un especialista competente en la problemática del diagnóstico vibroacústico de máquinas y estructuras. Carella [1] señala que la predicción de posibles fallas en maquinaria es clave para la operación confiable y segura de cualquier instalación ya que de lo contrario se pueden causar desgaste, fisuras por fatiga, pérdida de efectividad de sellos y rotura de aislantes entre otros. Por otro lado el conocimiento de las vibraciones ofrece una información confiable sobre la condición mecánica de una maquinaria ya que constituye un indicador muy sensible de la evolución de un defecto y determina que las fallas catastróficas en máquinas muchas veces sea determinado con meses de anticipación, por un cambio en las condiciones de vibración de las mismas. Rodríguez [4] coincide que el diagnóstico técnico de las máquinas es una tarea de primer orden dentro de la Ingeniería Mecánica, y dentro de esta el empleo de técnicas que posibiliten la menor intervención en la estructura y la mayor información representan un aspecto de sumo interés.

Los rodamientos actúan como una fuente de ruido y vibración, debido tanto a la variación de ruidos como a la presencia de defectos en ellos, aun cuando éstos sean geométricamente perfectos [2].

Desarrollo

- Características del trabajo

Para el estudio de diagnóstico se eligieron 3 equipos de la Ueb Ibraín Alfonso, cuya función principal es la producción de azúcar crudo a partir de la caña de azúcar. La fábrica se encuentra situada en Ranchuelo, Villa Clara, Cuba. El estudio comprende la zafra 2015-2016. Las lecturas se obtuvieron con el Vibrotest 60 utilizando el transductor acelerómetro 65 y con filtro pasa alto. Los datos obtenidos se evaluaron con base en la NC ISO 10 816 [5], y teniendo en cuenta la experiencia acumulada en el funcionamiento de la maquinaria objeto de estudio.

-Selección de los equipos objeto de estudio.

Se eligieron 3 equipos para ser estudiados desde el punto de vista del comportamiento de sus rodamientos. Los mismos se encuentran en diferentes áreas del proceso de producción.

El primer equipo estudiado es el ventilador de tiro forzado (VTF). Se encuentra instalado en una caldera Evelma de 40 toneladas. Tiene acoplado un motor de potencia 100 kw y trabaja a 900 rpm con una temperatura de trabajo a 40 °C. Este equipo pertenece a la línea principal del ingenio, ya que mantiene el flujo de aire para la combustión del bagazo. En caso de rotura se detiene la producción industrial causando daños económicos al país y a los obreros de la fábrica.

La Bomba de meladura es otro equipo que formó parte del estudio, tiene instalado un motor con una potencia de 30 Kw y trabaja a 1150 rpm y una temperatura de 65°C. Este equipo tiene una bomba de repuesto instalada para los casos de indisponibilidad técnica.

El tercer equipo objeto de estudio es la desfibradora, la misma tiene instalado un motor de 400 Kw de potencia a 900 rpm y que trabaja a temperatura ambiente. El mismo pertenece a la primera línea del ingenio. En caso de rotura se detiene la producción.

Debe notarse la importancia de los equipos estudiados en el proceso de producción de la fábrica ya que entre ellos tres poseen una potencia total instalada de 530 kW y dos de ellos paralizan el proceso si se produce una falla en el funcionamiento de los mismos. Aunque la bomba de meladura no ejerce ese efecto, una falla en la misma que se prolongue un tiempo sí detiene el proceso.

Las vibraciones en todos los rodamientos de las máquinas se midieron a partir de las tres horas de trabajo de ser activado cada equipo, con el objetivo de que ya en ese momento estuviera completamente a régimen el proceso y estabilizada la lubricación de los mismos, con vistas a obtener un adecuado valor de referencia para la calidad de estado del rodamiento (BCU), factor que es adimensional. Una muestra de las lecturas obtenidas se referencia en la tabla 1. Se obtuvieron los valores de la velocidad lineal, en la horizontal, vertical, axial y la aceleración de la vibración.

Equipo	V _{lineal}			BCU	Aceleración
	h	V	A		
Desfibradora	6,8 m/s	6.5 m/s	7 m/s	0.86	6.22 m/s ²
VTF	1.6 m/s	2.3 m/s	4.5 m/s	0.8	4.2 m/s ²
Bomba de Meladura	3.6 m/s	3.8 m/s	2.3 m/s	0.76	2.4 m/s ²

Tabla 1. Muestra de lecturas de la maquinaria a las 3 horas de trabajo

Características particulares de los equipos y resultados de las mediciones

a) Ventilador de Tiro Forzado

Este equipo es el destinado a alimentar el aire para mejorar la combustión el horno de la caldera de bagazo. El mismo cuenta con dos apoyos de pedestales con rodamientos del tipo 22320, todos los rodamientos entran al almacén sin una documentación de la trazabilidad del producto, por lo que antes de montar los

cojinetes para la zafra 2015 – 2016 se comprobó la holgura residual, la correcta lubricación del mismo y el acoplamiento entre el motor y el eje con cero desalineación, ya que este factor es uno de los factores más perjudiciales en la industria, favoreciendo altas vibraciones de los equipos. Para obtener este resultado se usó un indicador de carátula,

La figura 1 muestra un gráfico con lecturas obtenidas en la zafra en rodamiento del lado del acoplamiento ya que se conoce por experiencia que es el que primero sufre daños en el funcionamiento del equipo.

El análisis del rodamiento comprende un periodo de 2805 h de trabajo.

En la figura se muestra el historial de la velocidad la vibración por tres direcciones durante el funcionamiento del equipo.

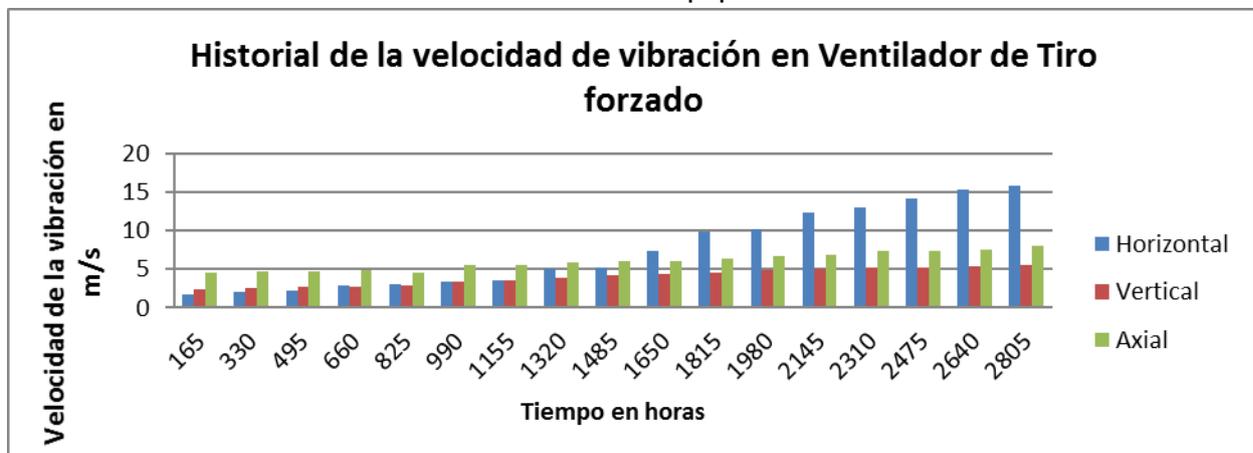


Fig.1. Gráfica de velocidad de vibración con respecto al tiempo.

Se evaluaron los resultados del equipo en la NC ISO 10 816 [5]. La misma ubica al equipo en el grupo 2.

Se comenzó trabajando con valores de velocidad de vibración dentro de los parámetros requeridos lo que representa una buena disponibilidad técnica del equipo. A partir de las 1 815 h hay una elevada velocidad de la vibración por la horizontal la cual aumenta en todos los puntos pero siendo mayor en esta dirección. A las 1 980 h de trabajo a una velocidad de 9.91 m/s se diagnosticó desbalance de masa, lo que produce una fuerza que excita los tres puntos de medición.

La velocidad aumentó en todos los puntos en la medida en que transcurrió el tiempo de trabajo pero fue mayor en la horizontal, el vibrotest 60 no está equipado para determinar la cantidad de masa necesaria para balancear la máquina.

La alta velocidad de la vibración atenta contra la calidad de estado del rodamiento y la cantidad de masa de desbalance es inversamente proporcional a la vida útil del rodamiento.

No obstante se decidió no parar el equipo hasta un daño eminente en los rodamientos. El equipo terminó la zafra con un valor de 15.9 m/s de velocidad en la

horizontal, la alineación se comprobó y estaba bien, no fue así con el estado del rodamiento. La siguiente figura muestra dos métodos que tiene el vibrotest 60 para determinar el estado del rodamiento.

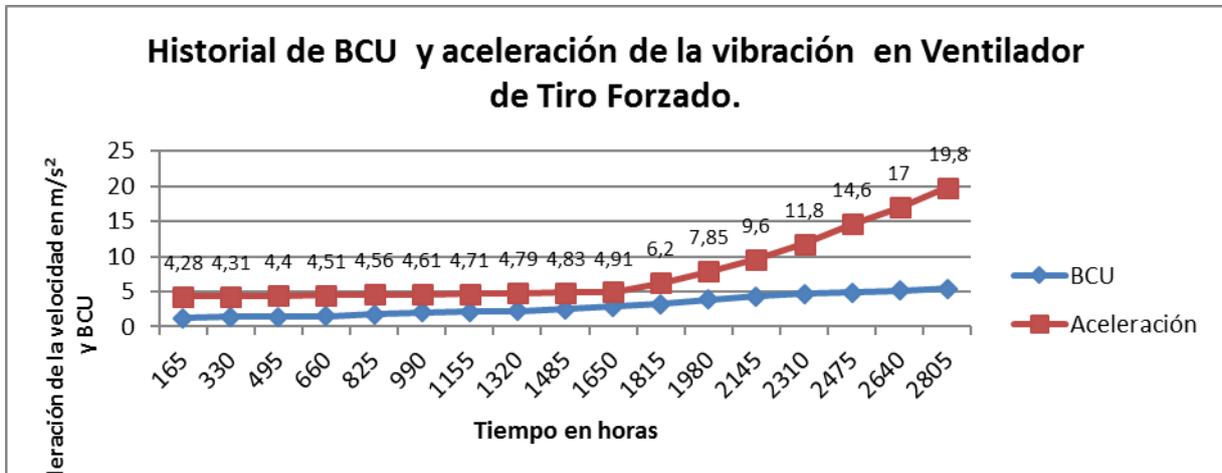


Fig. 2. Gráfica del estado del rodamiento por métodos distintos con respecto al tiempo.

La calidad del estado de rodamiento conocida como BCU se aplica obteniendo una lectura con el rodamiento nuevo antes de las 3 horas de trabajo lo que permite un asentamiento de la lubricación, este valor inicial se multiplica por 10, se diagnostica un rodamiento malo a partir de una lectura mayor que el valor de la multiplicación.

Para el método de la aceleración es necesario al diámetro interior del rodamiento y las rpm de la máquina según lo descrito en la norma NC ISO10816 [5].

Para facilitar el trabajo se programó esta parte de la norma en Excel. A partir de las 1815 h es apreciable el deterioro del rodamiento por altas vibraciones, el valor de la aceleración comienza a aumentar y también el BCU.

Se diagnosticó rodamiento dañado por causa de altas vibraciones a las 2 805 h por el método de la aceleración, pero el BCU aún estaba lejos de 8. Al terminar la zafra con 2970 h el BCU no excedió el valor de 8, y la aceleración aumentó hasta 19.8 m/s², se destaparon los pedestales, el rodamiento estaba dañado, con grietas lo que muestra un diagnóstico más efectivo el método de la aceleración.

b) Bomba de meladura.

Este equipo tiene como función la manipulación de la meladura que se produce en los evaporadores. El mismo posee rodamientos 6309.

Antes de instalar el rodamiento se procedió de igual manera que en el ventilador de tiro forzado sin ningún problema en alineación.

La figura 3 muestra un gráfico que caracteriza la vibración en cuanto a velocidad se refiere y muestra un análisis de tendencias en 864 h de trabajo.

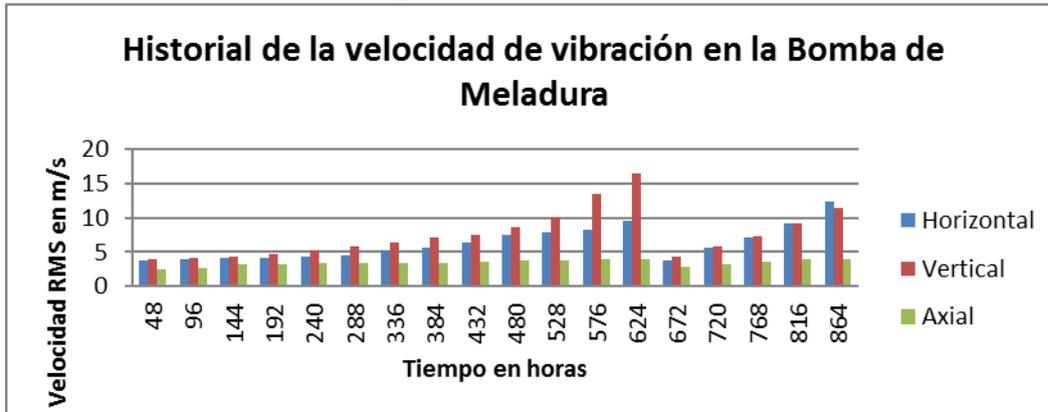


Fig.3. Gráfica de velocidad de vibración con respecto al tiempo.

Evaluando los resultados en la norma ubica al equipo en el grupo 2. El mismo comenzó trabajando dentro de los parámetros requeridos lo que diagnostica una buena disponibilidad técnica. La velocidad se mantiene regularmente estable, pero a partir de las 480 h el equipo está fuera de norma y comienza a aumentar la velocidad por la vertical hasta 16.4 m/s. A las 624 h, se diagnosticó desalineación, se detuvo el equipo y se revisó es estado de la misma.

La separación entre las caras del acoplamiento, que debía ser entre 6 mm a 8 mm como norma, poseía un valor de 12 mm, además de estar desalineado 3 mm horizontalmente.

El equipo siguió trabajando hasta las 864 h. En este momento se detuvo y se puso en funcionamiento la bomba de repuesto ya que se señaló un diagnóstico de no disponibilidad técnica en la calidad del rodamiento que se puede apreciar en la siguiente figura.

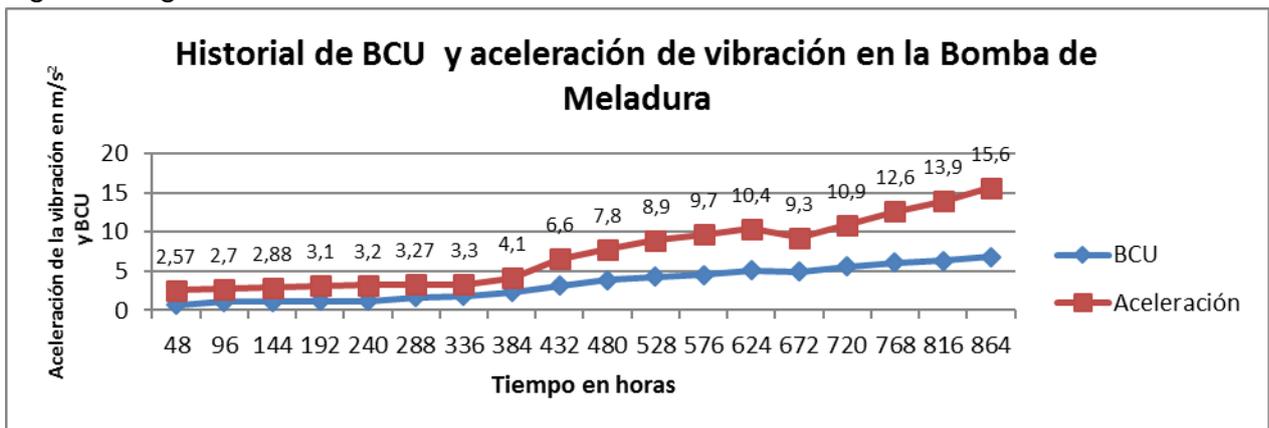


Fig. 4. Gráfica del estado del rodamiento por métodos distintos con respecto al tiempo.

El rodamiento se trabajó bien hasta las 384 h, pero a partir de las 432 h comienza aumentar el BCU y la aceleración de la vibración por lo que se ubicó al cojinete en estado de precaución. A las 816 h se diagnostica el rodamiento malo por el método

de la aceleración mientras que el BCU diagnosticaba un rodamiento bueno. Se detuvo el equipo a las 864 h con valor de 15.6 m/s^2

Se activó la bomba de repuesto y se desarmó la principal, se verificó el rodamiento y estaba partido por el aro interior. Una vez más el método de la aceleración resultó ser más efectivo.

c) Desfibradora

Es un equipo destinado a triturar la caña hasta un 80% antes de pasar a los molinos. Posee dos apoyos de pedestales con rodamientos 23140. El estudio se realizó del lado acoplamiento y se examinó de igual manera el rodamiento antes de montarlo, al igual que en los equipos descritos anteriormente. La siguiente grafica de la figura 5 describe el comportamiento de la vibración en el rodamiento.

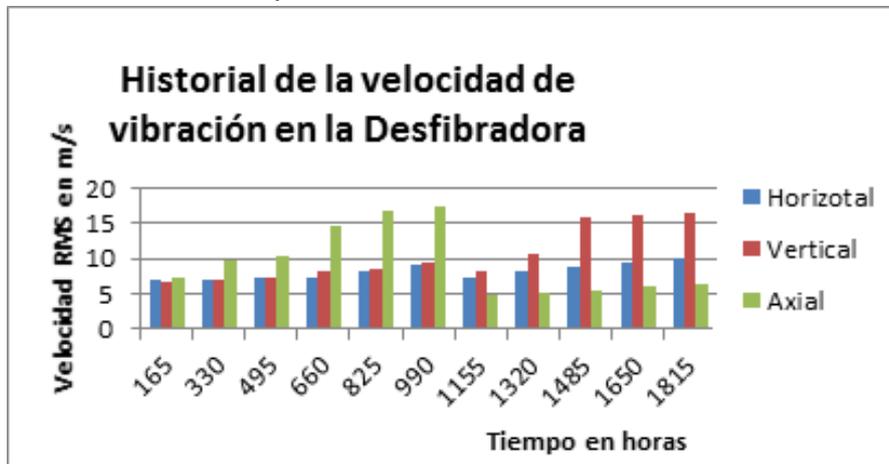


Fig.5. Gráfica de velocidad de vibración con respecto al tiempo.

El equipo pertenece al grupo 2 según la norma de vibraciones. El mismo comenzó trabajando dentro de los parámetros requeridos lo que determina buena disponibilidad técnica del mismo. A las 660 h comenzó a aumentar la velocidad y se diagnosticó desalineación. A las 990 h se puso fuera de servicio por 2 h, la vibración axial era excesiva, En ese momento tenía los pasadores partidos y 4.5 mm de desalineación horizontal. Se diagnosticó la misma a las 1 485 h por alta vibración en la vertical y se para a las 1 815 h por 6 h debido a fallos en los rodamientos, tenía 4 mm de desalineación vertical. La figura 6 muestra el diagnóstico de la calidad del rodamiento por los dos métodos.

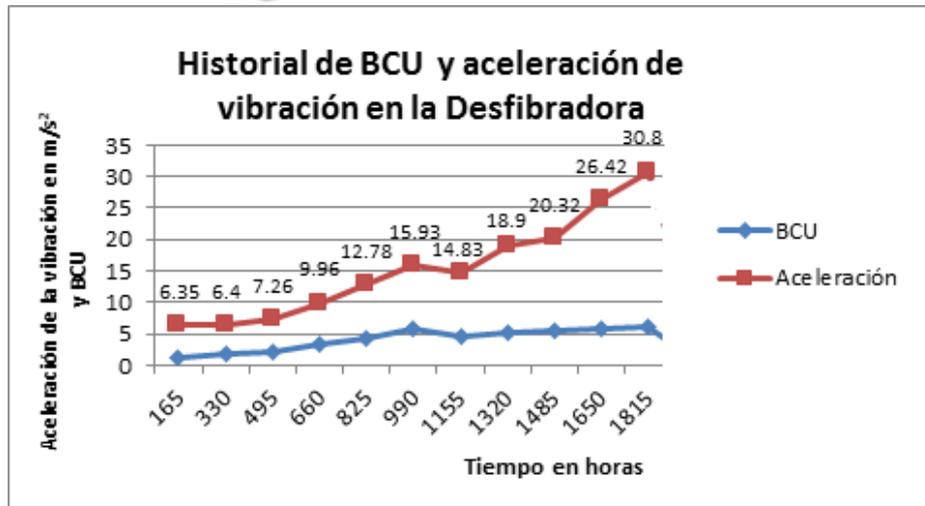


Fig. 6. Gráfica del estado del rodamiento por métodos distintos con respecto al tiempo. El rodamiento se encontraba en estado de precaución a las 660 h y a las 1 815 horas, por el método de la aceleración se diagnosticó el rodamiento malo. Se detuvo el equipo con 30.8 m/s² en ese parámetro. Se destapó el pedestal y el rodamiento estaba partido en el aro interior, el BCU nunca excedió el valor límite en todas las horas de trabajo, el método de la aceleración nuevamente fue más certero.

Conclusiones

- Los tres equipos estudiados están sometidos de una forma u otra a variaciones en la carga que produjeron una tendencia al deterioro de los rodamientos en un período relativamente corto de trabajo.
- Aunque se aplicó solamente 3 equipos de la fábrica el método de las vibraciones demostró ser efectivo en el diagnóstico de los rodamientos ya que el personal de la fábrica se percató de la necesidad de detener el equipo y revisar los rodamientos y predijo el deterioro de los mismos.
- El método de la medición de la aceleración demostró en los tres casos ser más efectivo que el BCU. Lo cual lo hace más recomendable de ser utilizado, al menos en equipos de estas características.

Recomendaciones

- Extender la experiencia a otros equipos, al menos los de mayor importancia dentro de la empresa.

Bibliografía



1. Carella, A. *Análisis de vibraciones y diseño de un sistema de balanceo para rotores de alta velocidad*. Centro Atómico Bariloche. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. 2008. Disponible en:
2. Estupiñán, E. "TECNICAS DE DIAGNOSTICO PARA EL ANALISIS DE VIBRACIONES DE RODAMIENTOS". n° p. 6. DOI
3. Palomino-Marín, E. *La medición y el análisis de vibraciones en el diagnóstico de máquinas rotatorias*
4. Rodríguez, J. "Diagnostico por vibraciones en motores de combustión interna". 1998, n° DOI
5. NC ISO 10 816