



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS  
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD  
IX CONVOCATORIA (2007-2008)



❖ **DATOS IDENTIFICATIVOS:**

**Título del Proyecto**

DISEÑO Y DESARROLLO DE MATERIAL DE APOYO PARA LA DOCENCIA PRÁCTICA DE DIAGNÓSTICO PRECOZ DE AVERÍAS Y MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MAQUINARIA ROTATIVA POR MEDIO DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES.

**Resumen del desarrollo del Proyecto**

Se ha diseñado un dispositivo que permite simular en el laboratorio las averías que suelen presentarse en maquinaria rotativa. Se han adquirido los componentes del citado dispositivo. Se prevé que en breve este equipo pueda ser montado y puesto en funcionamiento. Se ha desarrollado un programa de prácticas relacionado con el diagnóstico de averías en maquinaria rotativa.

	<b>Nombre y apellidos</b>	<b>Código del Grupo Docente</b>
<b>Coordinador/a:</b>	Manuel Hidalgo Martínez	94
<b>Otros participantes:</b>	Guillermo Guerrero Vacas	94
	Eduardo Trujillo Flores	94
	Guillermo Reina Reina	94
	Rafael Castro Triguero	29

**Asignaturas afectadas****Nombre de la asignatura      Área de Conocimiento      Titulación/es**

Sistemas Mecánicos	Ingeniería Mecánica	Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial	
Diseño de Máquinas	Ingeniería Mecánica	Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica	
Tecnología Mecánica	Ingeniería Mecánica	Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica	
Programación de Máquinas Herramientas	Ingeniería Mecánica	Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica	
Fabricación Asistida por Ordenador	Ingeniería Mecánica	Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica	

# MEMORIA DE LA ACCIÓN

## 1. Introducción

El presente proyecto pretende llenar un vacío que, a nuestro juicio, existe en la formación que se imparte a los alumnos de la Especialidad Mecánica de Ingeniero Técnico Industrial por una parte y de Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial, por otra.

La aplicación de las técnicas de análisis de vibraciones al diagnóstico y mantenimiento de maquinaria rotativa es un tema que se considera de gran interés. El diagnóstico precoz de averías permite al ingeniero de mantenimiento planificar las operaciones de mantenimiento. Esta planificación presenta muchas ventajas entre las que citaremos las siguientes:

- Se evitan las averías inesperadas. Estas averías dan lugar, en el mejor de los casos, a un coste económico, aunque dependiendo del tipo de máquina y de su aplicación pueden ocasionar daños a las personas.
- Permite optimizar la gestión del almacén de repuestos ya que es posible estimar, con bastante aproximación, el tiempo que transcurrirá hasta que una determinada pieza falle y deba ser sustituida.
- Se evitan averías que pueden ser muy graves y que en muchas ocasiones tienen su origen en una avería menor no reparada a tiempo.
- Se evitan intervenciones innecesarias, con la consiguiente disminución de costes, respecto al método de mantenimiento preventivo sistemático basado en la utilización de intervalos fijos de mantenimiento.

La formación que se ha impartido a los alumnos en este campo ha sido sólo de carácter teórico debido a la falta de equipamiento del laboratorio del área de Ingeniería Mecánica. El dispositivo objeto de este proyecto, junto con los equipos de medida y análisis de vibraciones que se han adquirido con parte de los fondos asignados al Departamento de Mecánica a causa del traslado de la E. P. S. al campus de Rabanales permitirá desarrollar un programa de prácticas que permita a los alumnos un mejor comprensión de estas técnicas que, como se ha indicado, tienen gran importancia para la formación de un Ingeniero.

## 2. Objetivos

El objetivo fundamental del trabajo es desarrollar un dispositivo que permita proporcionar a los alumnos conocimientos prácticos sobre un tema cuya importancia ya se ha justificado. Se pretende que el dispositivo permita simular entre otras, las siguientes averías:

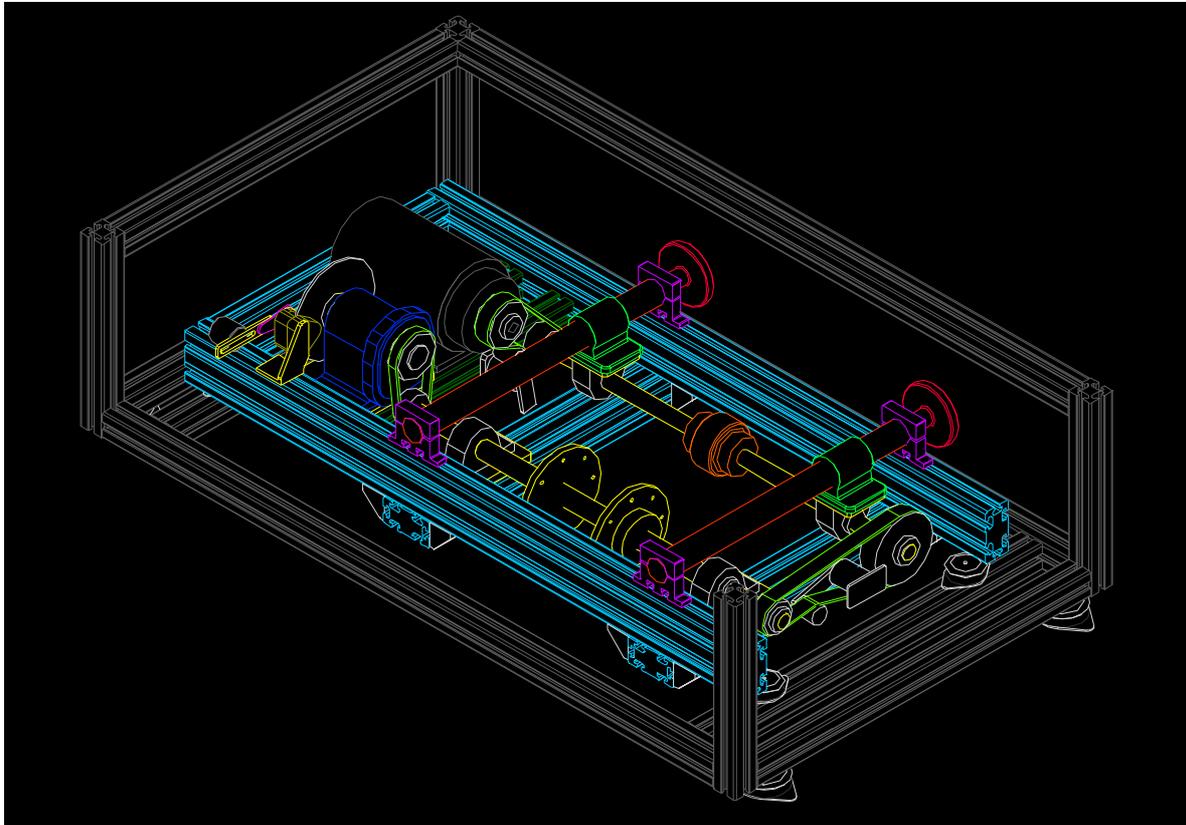
- Desequilibrio dinámico.
- Desalineación.
- Desperfectos en los dientes de un engranaje.
- Cojinetes mal sujetos en su alojamiento.
- Desperfectos en los elementos de un cojinete de rodamiento.

## 3. Descripción de la experiencia

Los equipos que existen en el mercado no cumplen con las expectativas para el análisis de vibraciones a nivel docente. Por un lado encontramos equipos excesivamente simples, o bien, equipos que incorporan una gran cantidad de módulos que se deben ir añadiendo a una

configuración básica. En definitiva emprendimos la tarea de elaborar una propuesta propia que se aleja de las referencias que conocemos.

Para ello se comenzó a desarrollar un prototipo a través de una documentación técnica que nos permitiera realizar los análisis ya mencionados. Después de valorar muchas opciones se eligió un diseño definitivo:



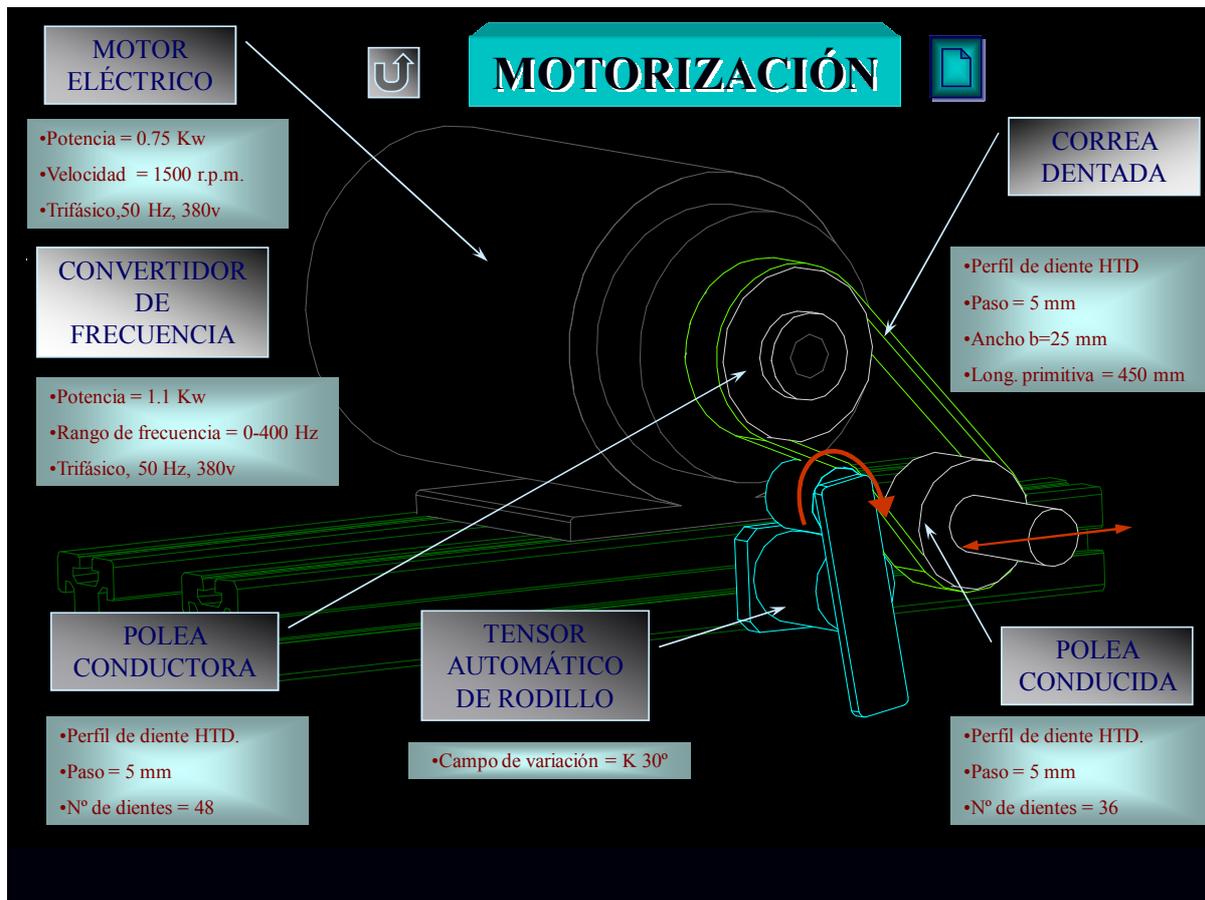
***Fig 1. Prototipo de equipo docente para análisis de vibraciones.***

En el citado prototipo se distingue un motor de accionamiento principal que está regulado por un variador de frecuencia. Desde este motor y a través de un eje principal se transmite el movimiento por medio de un acoplamiento flexible. Este eje principal, a su vez, dispone de dos soportes tubulares que se encuentran apoyados en la estructura por sendos soportes de rodamiento y que permiten desplazarse obteniendo un desalineamiento entre las dos partes del eje principal. Seguidamente y a través de un sistema de poleas y correas dentadas se transmite el movimiento a un segundo eje. En este segundo eje se dispone de dos discos que permiten alojar masas en sus extremos y por último el conjunto termina en un dispositivo de salida al que se ha adaptado un freno mecánico. A continuación iremos describiendo con más detalle los elementos del equipo.

En primer lugar la máquina para análisis de vibraciones es accionada por un motor trifásico a 380 v de 0,75 Kw a 1500 rpm, este motor está conectado con un variador de frecuencia que nos permite modificar el régimen de salida del mismo. Las características del variador son: un rango de frecuencia de 0 a 400 Hz y una potencia admisible de 1,1 Kw. En todo caso se ha previsto que se pueda, con relativa facilidad, intercambiar el motor de accionamiento a un motor de menor potencia si se observara que el diseñado produce rápidos desgastes y excesivos niveles de vibraciones.

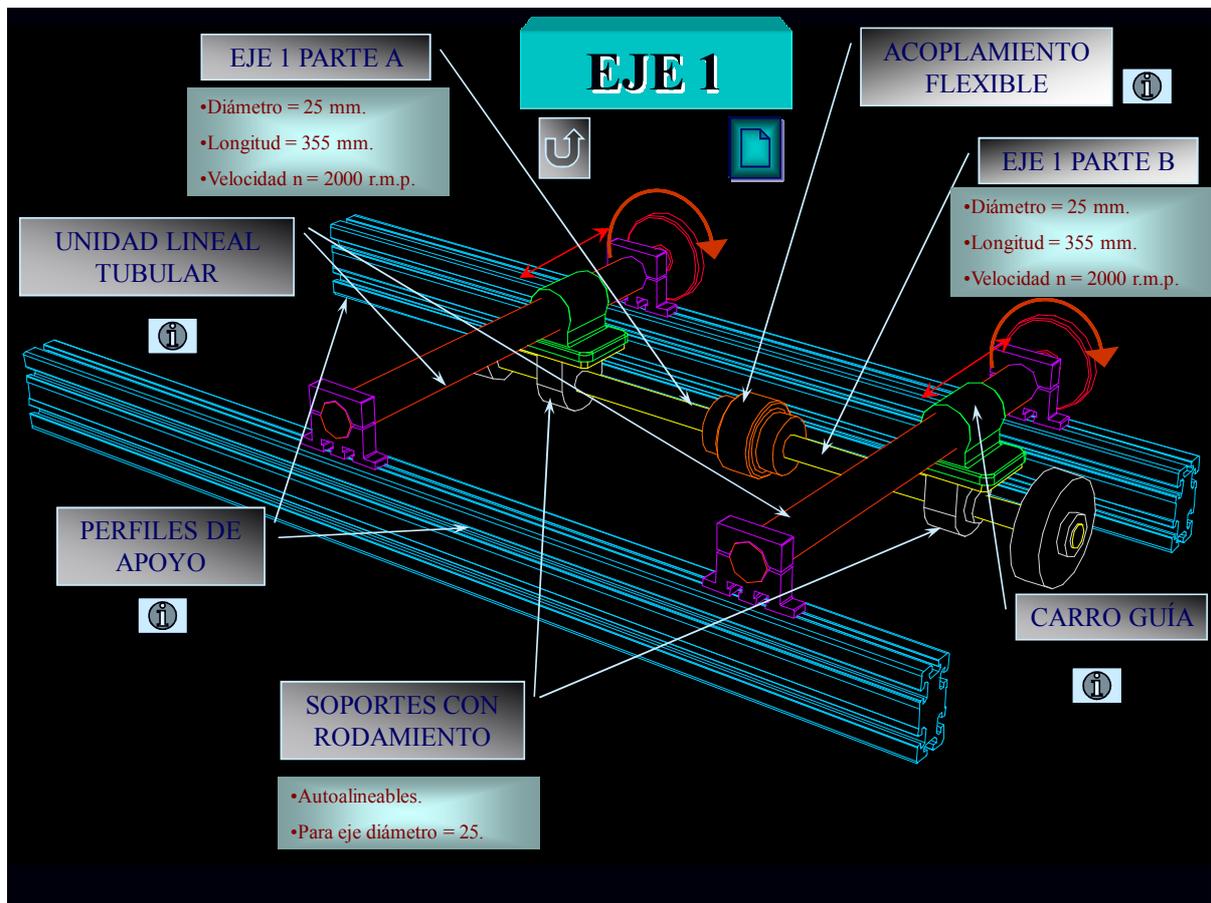
La transmisión del motor al primer eje de la máquina se realiza a través de un conjunto de poleas mediante una correa dentada. Se ha elegido una correa con perfil HTD de 5 mm de paso. La polea conductora tiene 48 dientes y la conducida tiene 36 dientes. A su vez para

asegurar el correcto accionamiento del conjunto se ha diseñado un tensor automático de rodillo que con un campo de variación de  $\pm 30^\circ$  que permite asegurar el correcto tensado de la transmisión.



*Fig 2. Motorización.*

Como se ha dicho con anterioridad una vez transmitido el movimiento a través del motor y las poleas este se dirige hacia un primer eje. El diámetro del mismo es de 25 mm, aunque también se ha previsto poderlo aumentar o disminuir el diámetro dependiendo de la experiencia. Este eje denominado “EJE 1” se encuentra dividido en dos partes, de tal manera que cada una de ellas se encuentra unida mediante un elemento denominado “acoplamiento flexible”. Como en el citado eje se trata de analizar las vibraciones que se producen debido a defectos de desalineación, se ha diseñado un dispositivo para que de forma artificial se provoque este defecto. En este caso cada uno de los extremos de los ejes está fijado por un soporte de rodamiento, que a su vez, se encuentra fijado a un carro guía que puede ser desplazado por un volante en el extremo de la máquina. Este carro guía se encuentra roscado en un husillo y por el movimiento del mismo produce el desplazamiento de la tuerca-carro guía. De esta forma desplazando convenientemente los volantes de estos husillos conseguimos aumentar o disminuir el nivel de desalineamiento. Todo el conjunto está apoyado en soportes de rodamientos y estos, a su vez, en dos perfiles que forman la estructura principal de la máquina diseñada. Estos perfiles están trabados por otros perfiles que los unen y que aseguran la rigidez de la estructura.

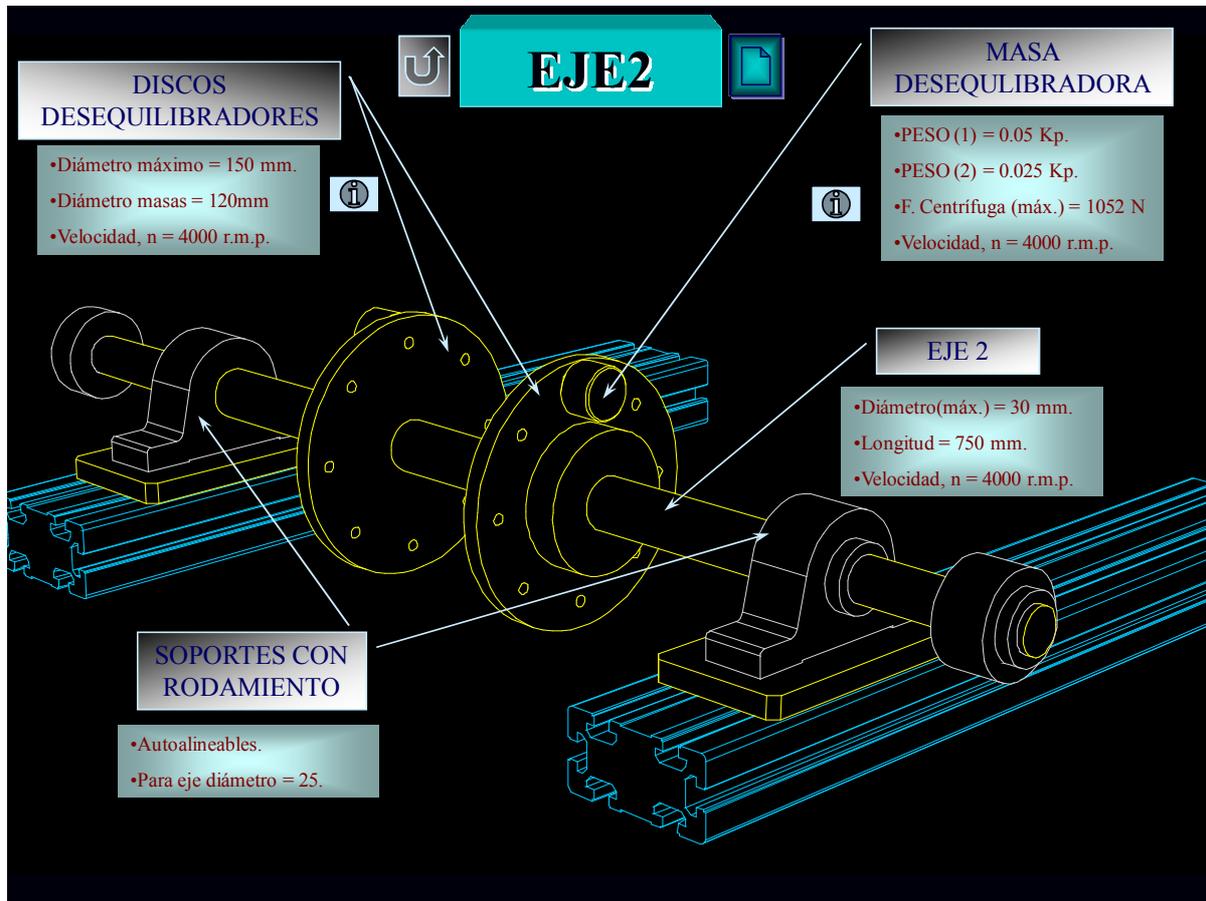


*Fig 3. Eje 1.*

Merece una especial atención la elección de las características del acoplamiento flexible. De nuevo la experiencia en el manejo del equipo nos orientará sobre la adecuada elección del sistema de acoplamiento. Se propone una opción inicial mediante caucho natural, existiendo otras opciones con otro tipo de elastómeros e incluso polímeros.

El equipo a partir de este primer eje produce una transmisión a un segundo eje en el que se pretenden medir los efectos que puede provocar un desequilibrio forzado en el mismo. Para ello se diseña una transmisión que, de nuevo, utiliza una correa de perfil HTD, dos poleas y un tensor automático.

El segundo eje, denominado “EJE 2”, se construye de acero como el primer eje y su diámetro es de 30 mm por 750 mm de longitud. La velocidad máxima que se puede obtener en este eje según las distintas relaciones entre poleas conducidas y conductoras es de 4000 rpm. Sobre este eje se dispone de dos discos que permiten alojar masas de distinto peso para forzar el desequilibrio según el interés del ensayo. El citado eje se encuentra apoyado en dos soportes de rodamiento autoalineables, cada uno en un extremo, que a su vez se encuentran fijados a soportes de aluminio extrusionado que van fijos sobre la estructura principal del equipo.



*Fig 4. Eje 2.*

Como dispositivo de salida se ha dispuesto de un freno mecánico que permite poner en carga el sistema. Se trata de un disco que posibilita la acción de un freno por el desplazamiento de una masa regulable que aumenta o disminuye el par resistente en función de las necesidades. Por último todo el equipo posee un bastidor de perfilería extrusionada de aluminio que lo rigidiza y le asegura la estabilidad. De igual modo se ha dispuesto de un juego de amortiguadores que se fijaran a una mesa para minimizar el nivel de vibraciones. Por otro lado, el equipo dispone de botonera de parada de emergencia y de un carenado de metacrilato que evita que se puedan producir proyecciones hacia los operadores.

#### 4. Materiales y métodos

Las fases iniciales de este proyecto han sido abordadas con suficiente amplitud y hoy día podemos decir que contamos con un diseño completo y ajustado a las necesidades previstas para un equipo de análisis de vibraciones.

En esta fase hemos abordado la elaboración de documentación técnica suficiente para la construcción de este prototipo. La citada documentación se desarrolló a través de un proyecto fin de carrera que permitió analizar pormenorizadamente todas las alternativas.

Con posterioridad se ha adquirido la mayor parte de los materiales necesarios para el montaje del equipo. En previsión de que puedan existir ajustes se han adquirido distintas opciones de equipamiento.

Próximamente cuando se disponga de las instalaciones de los talleres del Área de Ingeniería Mecánica listas para su uso, actualmente no se encuentran operativas debido al traslado al campus de Rabanales, se podrá proceder al montaje y ensayo real del equipo.

## **5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso**

Desde el punto de vista de los objetivos de nuestro diseño, a priori, el equipo permitirá estudiar:

- Desequilibrio dinámico.
- Desalineación.
- Cojinetes mal sujetos en su alojamiento.
- Desperfectos en los elementos de un cojinete de rodamiento.

En principio el estudio de los defectos en los dientes de un engranaje no se tratará por no encontrar en la configuración de nuestro equipo un diseño adecuado. No obstante, como dispositivo final es posible conectar un equipo reductor, previo al freno mecánico, que permitiese estas mediciones. En todo caso esto se deberá valorar una vez montado el equipo para determinar la validez de la configuración.

## **6. Utilidad**

La experiencia ha permitido a los participantes en ella profundizar en aspectos relacionados con el diseño de máquinas así como del diagnóstico de averías. Una vez que se desarrolle el proyecto en su totalidad será de evidente utilidad para los alumnos de las asignaturas que se incluyen en él ya que les permitirá completar su formación en un tema de gran interés.

## **7. Autoevaluación de la experiencia**

La máquina, como ya se ha indicado, no ha podido ser montada ya que los talleres del Departamento de Mecánica no se encuentran operativos a causa del traslado de dicho Departamento al Campus Universitario de Rabanales. Por ello no es posible evaluar totalmente la experiencia aunque entendemos que, cuando sea posible disponer de la máquina, los resultados obtenidos en la mejora de la docencia serán muy satisfactorios.

## **8. Bibliografía**

Fraga, P. Análisis dinámico de máquinas rotativas por vibraciones. Universidad de La Coruña. Servicio de Publicaciones. 1998.

Fraga, P. Vibraciones mecánicas. Diagnósticos de averías. Universidad de La Coruña. Servicio de Publicaciones. 1999.

Goldman, S. Vibration Spectrum Analysis. A Practical Approach. Industrial Press Inc. 1991.

Mantenimiento Predictivo por análisis de vibraciones. Curso impartido por personal de la empresa Brüel & Kjaer Ibérica. 1994

## **Lugar y fecha de la redacción de esta memoria**

Córdoba, 24 de Septiembre de 2008.