

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>Código:</b>	CIDII-020113
<b>Centro de Investigación:</b>	CENTRO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA
<b>Programa:</b>	Telemática aplicada a la automatización industrial
<b>Título del Proyecto:</b>	Simulación numérica del comportamiento dinámico de transmisión por engranajes rectos con diferentes tipos de fallos con fines de diagnóstico.
<b>Grupo de Investigación:</b>	Grupo de Investigación en Control y Automatización
<b>Area de Conocimiento:</b>	Ciencia y Tecnología
<b>Línea de Investigación:</b>	Ingeniería de control y tecnologías de
<b>Tipo de Investigación:</b>	Aplicada
<b>Campo :</b>	Tecnologías
<b>Investigador Principal :</b>	OLENA LEONIDIVNA NAIDIUK
<b>Proyectos Vinculados :</b>	
<b>Duración del Proyecto :</b>	12 Meses
<b>Localización del Proyecto :</b>	Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca
<b>Fecha de ingreso :</b>	27/09/2013 09:06

## 2. ANTECEDENTES

La tendencia mundial en cuanto al desarrollo de los mercados es la globalización, por lo tanto, empresas de cualquier parte del mundo pueden estar compitiendo con un mismo producto. Esto hace que la productividad sea un factor clave a la hora de evaluar la competitividad. Para ello las maquinarias deben responder a esta exigencia y estar en pleno funcionamiento la mayor cantidad de tiempo posible. Por otra parte el desarrollo de los computadores como herramientas de diseño ha permitido disminuir cada vez más la cantidad de material en la fabricación de estas, obteniéndose así máquinas más flexibles destinadas a realizar trabajos más pesados y por más tiempo. Estos factores convierten al análisis de vibraciones en una muy buena herramienta para el diagnóstico de la condición mecánica de las máquinas. El mantenimiento predictivo mediante el análisis de vibraciones tiene la ventaja respecto a otras técnicas en que para diagnosticar la condición mecánica de las máquinas no es necesario intervenir la máquina y así no se interrumpe el proceso de producción.

Para diagnosticar la condición mecánica de las maquinarias en las industrias es necesario tener un conocimiento pleno de las vibraciones producidos por los elementos mecánicos más comunes como son engranajes, rodamientos, poleas, rotores, etc. tanto en condiciones de buen funcionamiento como con fallas. En el campo de los engranajes el desarrollo del análisis de las vibraciones que generan se ha realizado básicamente en forma empírica, lo que ha conducido que al analizar casos particulares se llegue a conclusiones distintas, de aquí nace la necesidad de desarrollar un modelo que explique el comportamiento dinámico del engrane.

## 3. JUSTIFICACIÓN

Las máquinas que forman parte de los procesos industriales más habituales, son sometidas a requerimientos mecánicos intensos, y a pesar de que se fabrican bajo parámetros de diseño exigentes, es común el desarrollo de defectos en sus componentes.

El colapso y deterioro de un sistema mecánico viene seguido de un aumento en la señal de vibración, que suele tomarse como indicadora del estado de la máquina.

Distintos trabajos previos utilizan la caracterización espectral de componentes mecánicos para evaluar su condición [2, 3, 5]. Los procedimientos convencionales de diagnóstico de defectos implican que, ingenieros e investigadores, dediquen una gran cantidad de tiempo y esfuerzo en analizar un sistema específico, para lo cual utilizan su conocimiento y experiencia en identificar las variables adecuadas que deben ser monitorizadas, el nivel admisible de vibración, y luego diseñar esquemas de detección apropiados. El resultado final es un modelo muy compacto de detección de defectos que es incomprendible para otras personas, y que por lo general, se ajusta al sistema específico en estudio y funciona en sistemas de monitorización muy costosos.

En el entorno económico globalizado del mundo actual, es una ventaja competitiva tener un sistema de mantenimiento predictivo fiable y de bajo coste, razón por la cual se ha incrementado en las últimas décadas la demanda de sistemas de detección temprana de defectos en procesos industriales. Las tendencias actuales implican un mayor uso de procesos automatizados y computarizados, que reduzcan la influencia humana tanto como sea posible [1]. Muchos de estos esquemas pueden aplicarse sin necesidad de costosos equipos, gracias a la utilización de microprocesadores. Cualquier sistema de mantenimiento predictivo basado en tecnología actual, que sea más económico que los tradicionales y que pueda proveer mayor precisión y fiabilidad, siempre será de gran importancia para la industria. La monitorización de los procesos industriales asegura el éxito de las actividades planificadas, reconociendo anomalías en el funcionamiento de manera no invasiva. La información recabada, no sólo permite a los operadores de planta y al personal de mantenimiento estar mejor informados del estado del proceso, sino que también los ayuda a tomar acciones adecuadas para corregir un comportamiento anormal. De tal manera, se obtiene un diagnóstico del estado operativo de la máquina, logrando mejorar el nivel de seguridad y la fiabilidad del sistema, proporcionando una mejora económica considerable al reducir los costes operacionales y de mantenimiento.

En el proceso moderno de diagnóstico de defectos en maquinaria, existen dos grandes fases a implementar: la primera consiste en realizar un procesamiento de la información disponible, para extraer los rasgos característicos o patrones, atenuando el ruido presente, y la segunda fase consiste en la clasificación de esa información a partir de las características obtenidas; estas labores no son directas para cada tipo de señal, ya que, para asumirlas con relativo éxito, se requiere de conocimiento y experiencia en el ámbito del problema. Con el avance de la ciencia y la tecnología, y gracias a la colaboración de distintas disciplinas, han surgido nuevas herramientas para mejorar las técnicas de diagnóstico de defectos en ambas fases y dar un paso adelante en este campo.

La evaluación del estado dinámico de componentes de máquinas, ha sido uno de los campos más importantes y complejos de la ingeniería mecánica a lo largo de su historia. Con este trabajo se pretende aportar una serie de nuevas metodologías que ayuden a aumentar el índice de éxito del proceso de diagnóstico de defectos incipientes en engranajes.

cil&iacute;ndricos, siguiendo esquemas modernos de an&acute;lisis de se&ntilde;ales y clasificaci&oacute;n inteligente.</p>

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General

Simular numéricamente el comportamiento dinámico de la transmisión de engranajes rectos con diferentes tipos de fallos con fines de diagnóstico.

### 4.2 Objetivos Específicos

- 1 Plantear el modelo matemático de un sistema de engranajes rectos que describe el comportamiento del sistema en condiciones normales y con fallas.
- 2 Resolver el modelo mediante software.
- 3 Generar una base de datos de los espectros de vibración en el dominio del tiempo y de la frecuencia, provenientes del sistema de engranajes en condiciones normales y con fallas debidamente caracterizadas, utilizando un prototipo.
- 4 Validar el modelo experimentalmente.

## 5. ESTADO DEL ARTE

Actualmente se emplean tres alternativas de medición para inferir una diagnosis sobre el estado de la maquinaria. Éstas son las mediciones acústicas, las dinámicas (vibratorias) y el control de partículas.

Las mediciones de respuesta dinámica (medidas vibratorias) se hallan muy extendidas desde el punto de vista comercial e industrial, a pesar de que los análisis acústicos y los basados en el control de partículas, históricamente, se han empleado y se siguen empleando con profusión; esto se debe, sin duda, a su facilidad de aplicación y al coste asociado. Además, entre las ventajas que presenta este tipo de medición, se pueden citar las siguientes:

1-Los análisis acústicos son mucho más sensibles al ruido de fondo del entorno de la maquinaria.

2-El análisis de partículas únicamente da resultados satisfactorios cuando hay arranque de materia.

Por tanto, los análisis basados en el control de partículas no consideran fallos como el agrietamiento estructural o el desgaste del material por gripado, quedando su ámbito de detección más reducido que en el caso vibratorio que puede considerarse a tal efecto como más genérico.

En esta investigación se pretende plantear el modelo matemático del comportamiento dinámico del engrane tanto en condiciones mecánicas buenas, como bajo las fallas más comunes que ellos presentan, resolver el modelo mediante elementos finitos con el uso del ordenador y validar el modelo mediante la comparación de la solución con datos obtenidos experimentalmente.

## 6. METODOLOGÍA

El trabajo se inicia con el planteamiento del modelo matemático de un sistema de engranajes rectos que describe el comportamiento del sistema en condiciones normales y con fallas. Luego se resuelve el modelo mediante software, y se valida mediante datos obtenidos experimentalmente, usando un prototipo.

Una vez validado el modelo se obtiene la base de datos que serviría al ingeniero de mantenimiento para diagnosticar en forma más confiable la condición mecánica de un engranaje.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Mecánica Computacional Vol. XXI, pp. 1974-1985 Simulación numérica del comportamiento dinámico de ruedas con diferentes fallas en el engranaje Pedro Saavedra, Fernando Letelier.

[2] J. Unsworth D.F. Shia, F. Tsungb. Adaptive time frequency decomposition for transient vibration monitoring of rotating machinery. Mechanical Systems and Signal Processing, October 2003.

[3] Johansson Elin Persson Lars Erik Sjaoberg Ronny Ericsson Stefan, Grip Niklas and Strömberg Jan Olov. Towards automatic detection of local bearing defects in rotating machines. Mechanical Systems and Signal Processing, December 2005.

[4] Adrian I. Cuc. Vibration-based techniques for damage detection and health monitoring of mechanical systems. Politehnica University of Timisoara, 1996.

[5] Bauer Bernd Jianfeng Shan. The joint time-frequency analysis and its application for vibration diagnosis of machines. Institute of Mining and Metallurgical Engineering, June 2004.

[6] Arango Flórez, G.A. ¿Clasificación De Fallas En Motores Eléctricos Utilizando Señales De Vibración¿ (2007).

[7] Cardona Morales, Oscar. ¿Análisis Tiempo-frecuencia De Señales De Vibraciones Mecánicas Para La Detección De Fallos En Máquinas Rotativas = Time-Frequency Analysis of Mechanic Vibration Signals for Fault Detection in Rotating Machines¿. Maestría, Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, 2011. <http://>

## 8. RESULTADOS ESPERADOS

Documento de datos sobre el sistema de análisis y parámetros de funcionamiento.

Documento en donde se establece el modelo matemático para realizar la simulación numérica que describe el comportamiento de sistema en condiciones normales y con fallas.

Documento con los resultados de la simulación.

Documento con datos experimentales.

Documento de análisis y comparación de los resultados.

Documento con validación del modelo matemático.

Documento con base de datos del sistema obtenidos mediante simulación, conclusiones.

## 9. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y/O SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Publicar los resultados de la investigación en una revista de ingeniería.

Invitar a jefes de mantenimiento de cinco industrias locales para exponer los resultados y motivarles a que utilicen este tipo de análisis en sus plantas.

Participar en eventos nacionales y/o internacionales para exponer los resultados del proyecto, en congresos, conferencias, seminarios o medios de comunicación masivos.

Mediante un documento por escrito informar a la Universidad Politécnica Salesiana sobre labores cumplidas, resultados obtenidos y conclusiones del proyecto.

## 10. IMPACTOS DEL PROYECTO

Académico:

Capacitar a estudiantes universitarios y al personal de la industria nacional en el área de vibraciones mecánicas.

Dar a conocer la ventaja de realizar un diagnóstico de un mecanismo mediante el análisis de vibraciones mecánicas.

Generar una metodología de simulación numérica del comportamiento dinámico de transmisión por engranajes rectos.

Fomentar la cultura de utilización de simulación numérica en la solución de problemas en ingeniería.

Científico:

Generar un algoritmo para la evaluación del método de clasificación de fallas en engranajes.

Publicar artículos en revistas de ingeniería.

Tecnológico:

Implementar laboratorios para el análisis de vibraciones en sistemas mecánicos.

Ambiental:

Dar soluciones oportunas a mecanismos defectuosos permite prolongar la vida útil de los mismos evitando desperdicios industriales.

Dar a conocer los efectos de vibraciones a la contaminación por ruido.

## 11. INFORMACIÓN DE COFINANCIADORES (en caso de que existieran)

