

## Tabla de Contenido

1. Introducción.....	1
Objetivos:.....	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Específicos.....	1
Alcances:.....	2
2. Antecedentes y discusión bibliográfica.....	2
2.1. Redes Bayesianas.....	2
2.1.1. Razonamiento con Redes Bayesianas.....	3
2.1.2. Representación de la distribución de probabilidad conjunta.....	4
2.1.3. Independencias condicionales.....	5
2.1.4. Inferencia de una red bayesiana.....	6
2.2. Redes Bayesianas Dinámicas.....	7
2.3. Filtro de partículas.....	9
2.4. Parámetros Estadísticos.....	11
2.5. Empirical Mode Decomposition (EMD).....	12
2.6. Support Vector Machines Regression (SVR).....	14
3. Montaje experimental.....	18
4. Metodología.....	20
5. Resultados obtenidos.....	23
5.1. Distancia de mahalanobis en base a vibraciones.....	23
5.2. Distancia de Mahalanobis en base a la eficiencia.....	28
5.3. Empirical Mode Decomposition (EMD).....	29
5.4. Implementación del modelo.....	31
5.4.1. Modelo del sistema (System Model).....	31
5.4.2. Modelo de medición (Measurement model).....	33
5.5. Diagnóstico y pronóstico de la degradación.....	33
5.6. Determinación de la vida remanente de la bomba.....	34
6. Discusión y conclusiones.....	36
7. Bibliografía.....	37
Anexos.....	I
Anexo A.....	II
Anexo B. Códigos.....	V

MATLAB: Obtencion de RMS bandas. ....	V
MATLAB: MD bandas RMS. ....	VI
MATLAB: Parámetros eficiencia. ....	VII
MATLAB: MD Eficiencia y EMD. ....	VIII
R: Filtro Partículas. ....	IX

## Índice de Ilustraciones.

Figura 2.1: Ejemplo red bayesiana. ....	2
Figura 2.2: Tipos de razonamiento, traducido de [4]. ....	4
Figura 2.3: Cadena causal.....	5
Figura 2.4: Causa común.....	5
Figura 2.5: Efecto común. ....	6
Figura 2.6: Cadena de 3 nodos. ....	7
Figura 2.7: Ejemplo DBN.....	8
Figura 2.8: Representación de una DBN con evidencia de múltiples variables [1]. ....	9
Figura 2.9: Ejemplo EMD. ....	14
Figura 2.10: Función de pérdida $\varepsilon$ -insensitive [12].....	16
Figura 3.1: Cámara de prueba. ....	18
Figura 3.2: Configuración de los acelerómetros.....	18
Figura 3.3: Sensores utilizados.....	19
Figura 4.1: Metodología. ....	20
Figura 4.2: Modelo DBN.....	21
Figura 4.3: Cálculo de tiempo de vida remanente [13]. ....	22
Figura 5.1: Análisis espectral. ....	24
Figura 5.2: Análisis espectral 0 - 500 [Hz].....	25
Figura 5.3: Representación bandas.....	26
Figura 5.4: Distancia de mahalanobis en base a los datos de vibración. ....	27
Figura 5.5: Logaritmo de la distancia de mahalanobis.....	27
Figura 5.6: Parámetros eficiencia. ....	28
Figura 5.7: Distancia de mahalanobis en base a la eficiencia de la bomba.....	29
Figura 5.8: Tendencia deficiencia. ....	30
Figura 5.9: Tendencia vibraciones.....	31
Figura 5.10: Regresión polinomial. ....	32
Figura 5.11: Resultados SVM. ....	33
Figura 5.12: Diagnóstico y pronóstico. ....	34
Figura 5.13: Tiempo de vida remanente.....	35