

Índice General

1	Introducción	1
1.1	Preámbulo	1
1.2	La Bomba Gerotor.....	1
1.3	Estado Actual del Problema	5
1.4	Objetivo de la Tesis.....	6
1.5	Organización de la Tesis	7
2	Estado del Arte.....	9
2.1	Geometría de las Ruedas Dentadas del Engranaje y su Perfil Trocoidal.....	10
2.1.1	Breve Reseña Histórica.....	10
2.1.2	Curvas Trocoides y Envoltentes.....	10
2.1.3	Nueva Familia de Trocoides y Envoltentes.....	14
2.1.4	Curvas Trocoides Modificadas	16
2.1.5	Teoría Base del Diseño de Máquinas con Perfiles Trocoidales	17
2.1.6	Perfiles no Circulares.....	21
2.2	Desplazamiento Volumétrico Positivo Instantáneo de un Engranaje Generado mediante Perfiles Trocoidales.....	22
2.2.1	Resumen de los Métodos Analíticos de Cálculo del Caudal Instantáneo	22
2.3	Fuerzas y Máximas Tensiones de Contacto de un Engranaje Generado mediante Perfiles Trocoidales.....	23
2.3.1	Método de Cálculo de las Tensiones de Contacto Normales	23
2.4	Comportamiento Dinámico de un Engranaje Generado mediante Perfiles Trocoidales	24
2.4.1	Métodos Experimentales para Evaluar Q_S y Z_S	28
3	Bombas de Engranajes con Perfiles Trocoidales. Análisis Desplazamiento Volumétrico	33
3.1	Introducción	33
3.2	Geometría del Engranaje de Perfil Trocoidal.....	34
3.2.1	Generación de la Trocoide.....	34
3.2.2	Generación del Perfil Trocoidal.....	35
3.2.3	Generación del Perfil Trocoidal Modificado	39
3.2.3.1	Primer Método: Ecuación Paramétrica Equidistante	40
3.2.3.2	Segundo Método: Característica Perfiles Trocoidales.....	42
3.2.4	Engranaje formado por un Perfil Trocoidal Modificado.....	44
3.3	Perfiles Envoltentes.....	44
3.3.1	Generación del Perfil Envoltente Teórico.....	44

3.3.2	Generación del Perfil Envolvente Modificado.....	53
3.4	Ecuaciones Paramétricas de las Ruedas Dentadas	59
3.4.1	Ecuación de Engrane y Ecuación de los Puntos de Contacto.....	59
3.4.2	Línea de Puntos de Contacto.....	59
3.4.3	Rueda Dentada Interior.....	61
3.4.4	Rueda Dentada Exterior.....	63
3.4.5	Relación de Transmisión.....	64
3.5	Desplazamiento Volumétrico Positivo de una Bomba	66
3.5.1	Análisis Integral-Derivativo.....	66
3.5.2	Análisis Derivativo-Integral.....	70
3.5.2.1	Método de los Radiovectores	70
3.5.2.2	Método Energético	76
3.6	Estudio del Caudal y sus características.....	81
3.7	Resolución de los Métodos para Cálculo del Desplazamiento Volumétrico Positivo	83
4	Bombas de Engranajes de Perfiles Trocoidales. Análisis Mecánico.....	85
4.1	Introducción	85
4.2	Metodología de Cálculo. Método de Colbourne Modificado.....	86
4.3	Cálculo de las Curvaturas mediante Inversión Cinemática	92
4.3.1	Curvaturas en Curvas Trocoidales y Envolventes Conjugadas.....	92
4.3.2	Geometría en Inversión Cinemática.....	93
4.3.3	Curvaturas en el Punto de Contacto.....	97
4.4	Cálculo de las Fuerzas de Contacto y Máxima Tensión de Contacto.....	98
4.5	Metodología de los Elementos Finitos	100
4.5.1	Definición del Problema a Resolver mediante MEF.....	100
4.5.2	Análisis mediante MEF	101
4.6	Resultados	105
5	Bombas de Engranajes con Perfiles Trocoidales. Análisis Fluidodinámico.....	109
5.1	Introducción	109
5.2	Modelización Fluidodinámica de la Bomba Gerotor.....	111
5.3	Submodelo de una Cámara.....	111
5.4	Submodelo de una Cámara. Nivel Inferior Básico.	112
5.5	Submodelo de una Cámara. Nivel Intermedio de Modelización de Áreas de Zona de Aspiración e Impulsión	114
5.6	Modelos Matemáticos de los Elementos de BondGraph del Nivel Intermedio de Modelización de las Áreas de la Zona de Aspiración e Impulsión.....	115
5.6.1	Elemento ‘ángulo’.....	116
5.6.2	Elemento ‘varvolum’	116
5.6.3	Elemento ‘MTF’	117
5.6.4	Elemento ‘Volum’	117
5.6.5	Elemento ‘MR_ent_cam’.....	118

5.6.6	Elemento 'MR_sal_cam'	118
5.6.7	Elemento 'C'	119
5.6.8	Elementos 'area_zona_asp' y 'area_zona_imp'	119
5.6.8.1	Zonas Específicas y Fronteras de Circulación de Fluido	119
5.6.8.2	Puntos de Contacto y Ángulos de Zona	123
5.6.8.3	Distancias y Ángulos de Ranura	124
5.6.8.4	Cálculo de los Ángulos de Zona	125
5.6.8.5	Cálculo de la Variación del Área. Análisis Integral-Derivativo	129
5.7	Modelo Fluidodinámico de la Bomba Gerotor. Nivel Superior de Ensamblaje y Conexionado entre Cámaras y Carcasa	131
5.8	Modelo de Caudales de Fugas	135
5.8.1	Modelo de Caudal de Fugas entre los Perfiles Trocoidales durante el Engrane	136
5.8.1.1	Metodología de Cálculo del Ángulo de Retardo del Contacto	137
5.8.1.2	Metodología de Cálculo del Mínimo Huelgo entre Perfiles	139
5.8.1.3	Cálculo de la Evolución del Ángulo de Retardo del Contacto	140
5.8.1.4	Cálculo de la Evolución del Huelgo Mínimo entre Perfiles	141
5.8.1.5	Análisis de la Evolución del Ángulo de Retardo del Contacto y del Huelgo Mínimo entre Perfiles	142
5.8.1.6	Caudales de Fugas entre los Perfiles Trocoidales durante el Engrane	145
5.8.1.7	Cálculo de la Evolución de la Altura del Huelgo entre Perfiles	147
5.8.1.8	Cálculo de la Velocidad Relativa entre Perfiles Trocoidales	149
5.8.1.9	Simulación Caudales de Fugas entre los Perfiles Trocoidales durante el Engrane	151
5.8.2	Modelo de Caudal de Fugas entre las Caras Laterales de las Ruedas Dentadas y Cuerpo de la Bomba	153
5.8.2.1	Caudal de Fugas entre las Caras Laterales de las Ruedas Dentadas y Cuerpo de la Bomba debido al Gradiente de Presión entre Cámaras	153
5.8.2.1.1	Funciones de Geometría de Pasaje de los Perfiles de las Ruedas Dentadas sin Fronteras de Circulación de Fluido	155
5.8.2.1.2	Funciones de Geometría de Pasaje de los Perfiles de las Ruedas Dentadas con Fronteras de Circulación de Fluido	159
5.8.2.2	Caudal de Fugas entre las Caras Laterales de las Ruedas Dentadas y Cuerpo de la Bomba debido al Arrastre de Fluido	164
5.8.2.2.1	Funciones de Geometría de Arrastre de Fluido	165
5.8.2.3	Simulación Caudal de Fugas entre las Caras Laterales de las Ruedas Dentadas y Cuerpo de la Bomba	170
5.8.3	Modelo de Caudal de Fugas Directas e Indirectas a la Zona de Aspiración	172
5.8.3.1	Simulación Caudal de Fugas Directas e Indirectas a la Zona de Aspiración	174
5.9	Modelo Fluidodinámico Real Completo de la Bomba Gerotor. Simulación de Caudales de Fugas Total	177
6	Bombas de Engranajes con Perfiles Trocoidales. Análisis Experimental	179
6.1	Introducción	179
6.2	El Ruido en los Sistemas Oleohidráulicos	179
6.3	El Método de la 'Fuente Secundaria' para la Medición de la Pulsación de Presión	181
6.3.1	Análisis del Ruido Fluídico en una Tubería Rígida	181
6.3.2	Aplicación de las Ecuaciones de Onda a un Sistema Oleohidráulico Simple	184
6.3.3	Evaluación de las Características de la Onda Estacionaria en una Tubería Rígida	187

6.3.4	El Método de la ‘Fuente Secundaria’	188
6.3.4.1	Medición de la Impedancia de la Fuente	190
6.3.4.2	Ruido Fluídico de la Fuente Secundaria	190
6.3.5	Optimización de la Posición de los Transductores de Presión	191
6.4	Banco de Ensayos para la medición de la Pulsación de Caudal en el Laboratorio del LABSON	191
6.4.1	Descripción del Circuito Oleohidráulico	191
6.4.2	Criterios de Diseño del Banco de Ensayos	192
6.4.3	Instrumentación	201
6.4.4	Protocolo de Ensayos	203
6.5	Banco de Ensayos para la Medición de la Pulsación de Caudal en el ‘Centre for Power Transmission and Motion Control’ de la ‘University of Bath’	204
6.6	Caracterización Experimental de una Bomba Gerotor	206
6.7	Análisis Comparativo Numérico-Experimental	210
7	Conclusiones	215
7.1	Conclusiones Finales	215
7.2	Propuesta de Trabajos Futuros	217
	Nomenclatura	219
	Bibliografía	229