

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Alcance	2
2. Antecedentes	3
2.1. Flujo Permanente en Cañerías	3
2.1.1. Propiedades de los fluidos	4
Flujo uniforme	4
Líneas de corriente	4
Densidad	4
Peso específico	4
Compresibilidad	4
Velocidad del sonido	5
Presión de vapor	5
Viscosidad	6
2.1.2. Esgurrimiento por cañerías en presión de fluidos incompresibles	6
Ecuación de continuidad	6
Ecuación de Bernoulli	7
Número de Reynolds	7
Pérdidas de carga	7
2.2. Flujo no Permanente en Cañerías	8
2.2.1. Descripción física del fenómeno del golpe de ariete	9
2.2.2. Conceptos generales	11
Ecuación de velocidad de onda	11
Sobrepresión de Joukowsky	13
Tiempo crítico	14
Gráfico de presiones envolventes	14
2.2.3. Deducción de las ecuaciones básicas sobre el golpe de ariete	15
Ecuación de movimiento de Newton	15
Ecuación de conservación de Masa	17
2.2.4. Condiciones de Borde	19
Reservóreo	20
Válvula en el extremo de una cañería	20
2.2.5. Modelos de Fricción	20
2.2.6. Métodos de control de Golpes de Ariete	23

2.3. Método de Elementos Finitos	24
3. Metodología	26
3.1. General	26
3.2. Desarrollo del algoritmo	27
3.2.1. Forma débil de las ecuaciones del golpe de ariete	27
3.2.2. Discretización temporal	29
3.2.3. Construcción de las funciones de forma y matrices locales	31
3.2.4. Construcción de la matriz de rigidez global	34
3.2.5. Implementación de las condiciones iniciales e imposición de las condi- ciones de borde	34
Condiciones iniciales	35
Perturbación del estado estacionario y condiciones de borde	35
Modelos de pérdida de energía por fricción	37
3.3. Programas utilizados	37
4. Memoria de Cálculo	39
4.1. Validación del algoritmo	39
4.2. Implementación algoritmo en una conducción a larga distancia	45
4.2.1. General	45
4.2.2. Resultados con f modelo estacionario	46
4.2.3. Resultados con f modelo cuasi-estacionario	46
4.2.4. Resultados con f modelo no-estacionario	46
5. Análisis de los Resultados	50
6. Conclusiones	56
Bibliografía	58
Anexos	60
A. Nomenclatura	61
B. Codigos MATLAB	62
B.1. Algoritmo utilizado para replicar el experimento de Wichowski	62
B.2. Algoritmo para calcular el golpe de ariete en largas distancias: caso f estacionario	69
B.3. Algoritmo para calcular el golpe de ariete en largas distancias: caso f cuasi- estacionario	73
B.4. Algoritmo para calcular el golpe de ariete en largas distancias: caso f no- estacionario	79