

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA**

Profesor(es) Patrocinante(s):
Cristián Molina Vicuña
Emilio Dufeu Delarze

ANÁLISIS TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE LA RESPUESTA DE UNA TUBERÍA SOMETIDA A TRANSITORIOS DE PRESIÓN

Diego Ignacio Gayoso Vidal

Informe de Memoria de Título
para optar al Título de

Ingeniero Civil Mecánico

Diciembre 2016

RESUMEN

Lo que incentiva a desarrollar esta Memoria de Título es la generación de los transitorios de presión y los efectos de distintos dispositivos a lo largo de la red de tuberías que influyen en este fenómeno, como por ejemplo la influencia del cierre de una válvula en las variaciones de presión y los efectos que tienen sobre una bomba de impulsión con la cual se trabaja. En general, los transitorios de presión son comunes en la industria y requieren atención debido a las magnitudes que pueden alcanzar las presiones y los daños que pueden provocar, siendo éstos desde deformaciones plásticas hasta rupturas o en algunos casos colapsos en las tuberías.

El objetivo general se divide en dos. El primero es el análisis de transitorios de presión en las situaciones estudiadas (manipulación de válvula y bomba centrífuga). El segundo es evaluar los resultados de estimación de $P_T(t)$ utilizando Strain Gages. Los objetivos específicos son el diseño e implementación de un banco de ensayos para realizar pruebas de generación y análisis de transitorios de presión, y analizar los efectos del tiempo de encendido-detención de bomba con manipulación de válvula de control en las variaciones de presión, mediante PLC.

El proceso que se realiza para alcanzar los objetivos propuestos son: calcular un sistema de impulsión de agua en el Laboratorio de Termofluidos que produzca transitorios de presión y posterior cotización, compra y montaje de éste. Luego se realiza el montaje del banco, se obtienen las curvas de presión mediante sensores (generadas por el banco de ensayos) para poder compararlos con la teoría y analizar su comportamiento en la red de impulsión. Finalmente, se aplican estas presiones transitorias como condiciones de borde para una tubería recta sometida a presión interna en un modelo simple trabajado en Samcef.

Los resultados principales que se obtienen de este trabajo son: características de la generación de transitorios de presión en presencia de válvula de retención (para sobrepresión y período de onda). Además se observa cómo influye la bomba centrífuga en las variaciones máximas de presión cuando ésta se encuentra sin protección, actuando como una tubería en serie para la onda de presión y aumentando la presión máxima del sistema en régimen transiente. Finalmente, se puede concluir que el método de Strain Gages permite conocer la forma que tiene la presión transiente en el sistema, pero no así su magnitud (efectos de flexión influyen en gran medida en su magnitud).

Se determina que la válvula de retención genera su propia onda en el circuito debido a golpeteo contra tuberías (lengüeta contra superficie interna). Además, a partir de los resultados obtenidos (sección 4.3) se puede observar que existe un desfase de tiempo para el cual el sistema disminuye sus variaciones de presión máximas de forma drástica. Esto permite atenuar los daños en el circuito. Finalmente, se concluye que el método de Strain Gages no es aplicable para determinar la presión interna según las deformaciones en la tubería.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
NOMENCLATURA.....	ix
CAPÍTULO 1.....	1
Introducción.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos.....	1
CAPÍTULO 2.....	2
Transitorios de presión.....	2
2.1. Transitorios de presión: descripción.....	2
2.2. Características de los transitorios de presión.....	2
2.3. Cálculo de los transitorios de presión: variación máxima/mínima.....	5
2.4. Consecuencias de los transitorios de presión.....	10
CAPÍTULO 3.....	13
Diseño e implementación del banco de ensayos.....	13
3.1. Descripción general del banco.....	13
3.2. Cálculos del banco de ensayos: dimensionamiento y magnitud de transitorios....	15
3.3. Tipos de ensayos a realizar: descripción.....	25
3.4. Sistema de medición de transitorios.....	28
CAPÍTULO 4.....	32
Resultados de mediciones experimentales.....	32
4.1. Resultados para generación de transitorios en impulsión por columna de agua ...	32
4.2. Resultados para generación de transitorios en impulsión por bomba centrífuga ..	34
4.3. Resultados para desfases de tiempo entre bomba centrífuga y válvula de solenoide.....	42
4.4. Resultados para determinación de presión interna mediante Strain Gages.....	46
CAPÍTULO 5.....	50
Comportamiento de tubería según elementos finitos.....	50
5.1. Aplicación de la presión obtenida en ensayo a una tubería modelada en Samcef. 50	50
CAPÍTULO 6.....	56

Conclusiones.....	56
6.1. Conclusiones y discusión	56
6.2. Perspectivas	56
REFERENCIAS	57
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXO 1	60
Cálculo de caudal en vertedero.....	60
ANEXO 2	61
Determinación de la presión interna en tubería en función de las deformaciones obtenidas mediante Strain Gages	61
ANEXO 3	63
A.3.1. Componentes de tablero eléctrico: PLC y componentes de seguridad.....	63
A.3.1.1. Tablero eléctrico	63
A.3.1.2. Contactor	64
A.3.1.3. Relé.....	65
A.3.1.4. Interruptor termo-magnético.....	66
A.3.1.5. PLC.....	67
A.3.2. Sistema de control para PLC	70
A.3.2.1. Diagramas de fuerza y control.....	71
A.3.2.2. Manipulación de bobinas mediante WinProLadder	72
ANEXO 4	74
Tiempos totales de cierre para válvula de solenoide	74
ANEXO 5	75
Curva característica de bomba VOGT modelo H-615-FMS-170.....	75
ANEXO 6	76
Evaluación económica-presupuesto banco de ensayos	76
A.6.1. Evaluación económica sección mecánica.....	76
A.6.2. Evaluación económica sección eléctrica	78
ANEXO 7	80
Sentencias de Samcef para modelo de tubería a estudiar	80
ANEXO 8	82
Tipos de operación en una bomba	82