

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	iii
Resumen	vii
Abstract	ix
Índice de símbolos	1
<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Motivación del trabajo	3
1.2. Objetivos	4
1.3. Conceptos básicos	4
1.3.1. Presión	4
1.3.2. Sensor	5
1.3.3. Sensor de presión	6
1.3.4. Tipos de sensores de presión	6
1.3.5. Transmisor de presión	7
1.4. Conceptos para el procesamiento de señales	7
1.4.1. Teorema de muestreo	8
1.4.2. Energía y potencia de señales	9
1.4.3. Transformada de Fourier de tiempo continuo	9
1.4.4. Transformada de Fourier discreta DFT	9
1.4.5. Transformada de Fourier continua de tiempo discreto DTFT	10
1.4.6. Densidad espectral de potencia PSD	10
1.5. Resumen del capítulo	10
<b>2. Estado del arte</b>	<b>13</b>
2.1. Estado del arte en la industria nuclear	13
2.2. Breve historia del sistema de I&C en las NPPs	14
2.3. Ventajas de la I&C digital	15
2.4. Sistemas de medición de presión	16
2.5. Instrumentación de los sistemas de medición de presión	17

2.6.	Fallas frecuentes en los sistemas de medición de presión . . . . .	17
2.7.	Fallas frecuentes en las líneas de medición . . . . .	19
2.8.	Caracterización del desempeño de un transmisor de presión . . . . .	20
2.8.1.	Desviaciones en un transmisor de presión . . . . .	21
2.8.2.	Calibración off-line de transmisores de presión . . . . .	21
2.8.3.	Incerteza de los transmisores de presión . . . . .	22
2.9.	Métodos off-line para medir características dinámicas de un transmisor de presión . . . . .	24
2.9.1.	Test de rampa . . . . .	24
2.9.2.	Test de escalón . . . . .	25
2.9.3.	Test de frecuencia . . . . .	25
2.10.	Métodos on-line para medir características dinámicas de un transmisor de presión . . . . .	26
2.10.1.	Interrupción de potencia . . . . .	26
2.10.2.	Técnica análisis de ruido . . . . .	27
2.10.3.	Etapas de la técnica . . . . .	29
2.10.4.	Etapas de adquisición de datos . . . . .	29
2.10.5.	Etapas de caracterización de datos . . . . .	29
2.10.6.	Etapas de análisis de datos . . . . .	31
2.11.	Monitoreo en Línea . . . . .	33
2.11.1.	OLM: Concepto . . . . .	33
2.11.2.	OLM: Implementaciones en NPPs . . . . .	34
2.12.	Resumen del capítulo . . . . .	34
<b>3.</b>	<b>Condiciones para aplicar técnica análisis de ruido</b>	<b>35</b>
3.1.	Fuentes de ruido de proceso en un reactor nuclear . . . . .	35
3.1.1.	Fuente de ruido neutrónico . . . . .	35
3.1.2.	Fuente de ruido térmico . . . . .	36
3.1.3.	Fuentes de ruido hidrodinámico . . . . .	36
3.1.4.	Fuentes de ruido estructural . . . . .	36
3.2.	Ruido en la toma de medición de presión . . . . .	37
3.3.	Adquisición de la señal del transmisor . . . . .	38
<b>4.</b>	<b>Primer loop hidráulico de laboratorio</b>	<b>41</b>
4.1.	Diseño del circuito hidráulico . . . . .	41
4.1.1.	Bomba . . . . .	42
4.1.2.	Línea de medición . . . . .	43
4.1.3.	Señal PWM . . . . .	44
4.1.4.	Transmisor de presión . . . . .	44

---

4.1.5. Adquisición . . . . .	44
4.2. Resultados con PWM fijo . . . . .	45
4.3. Resultados con PWM aleatorio . . . . .	46
4.4. Variación de la presión del sistema . . . . .	47
4.5. Bloqueos parciales de la línea . . . . .	48
4.6. Modelado de la línea de medición . . . . .	49
4.7. Generación de vacíos en la línea . . . . .	52
4.8. Resumen del capítulo . . . . .	55
<b>5. Segundo circuito hidráulico de laboratorio</b>	<b>57</b>
5.1. Prototipo conceptual 1 . . . . .	58
5.2. Prototipo conceptual 2 . . . . .	58
5.3. Prototipo Final . . . . .	59
5.3.1. Diseño hidráulico . . . . .	60
5.3.2. Acometidas en el circuito hidráulico . . . . .	63
5.3.3. Diseño del sistema de generación de pulsos . . . . .	64
5.3.4. Microcontrolador . . . . .	65
5.3.5. Circuito amplificador . . . . .	66
5.3.6. Software de la generación de pulsos . . . . .	66
5.3.7. Características de la señal PRBS . . . . .	67
5.4. Sistema de adquisición de señales . . . . .	69
5.5. Validación de la señal aleatoria . . . . .	70
5.6. Bloqueo de la línea de medición . . . . .	71
5.7. Resultados del segundo circuito hidráulico . . . . .	72
5.8. Bloqueo en la línea de medición . . . . .	73
5.9. Presencia de aire en la línea . . . . .	76
<b>6. Primera implementación de la técnica análisis de ruido en el reactor RA-6</b>	<b>77</b>
6.1. Circuito secundario - medición 2015 . . . . .	78
6.1.1. Etapa de caracterización de datos . . . . .	78
6.1.2. Etapa de análisis de datos . . . . .	80
6.2. Circuito primario y secundario - medición 2017 . . . . .	81
6.3. Comparación DPCell del circuito secundario. . . . .	83
6.4. Comparación DPCell del circuito primario . . . . .	84
<b>7. Diseño conceptual de un sistema OLM para analizar transmisores de presión</b>	<b>87</b>
7.1. Conexión del hardware de adquisición . . . . .	87
7.2. Aislación eléctrica del sistema de adquisición . . . . .	88

8. Conclusiones	91
Trabajos Realizados	97
Agradecimientos	99