

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO DE LA TESIS	1
1.1 MOTIVACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN Y CONTRIBUCIONES	3
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TESIS	6
1.4 CONTRIBUCIONES DE LA TESIS: PUBLICACIONES.....	6
CAPÍTULO 2INTEGRACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS (APC) Y DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (SPC): REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 LOS PROCESOS NECESITAN SER CONTROLADOS	10
2.2 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	11
2.2.1 SPC fuera de línea (<i>off-line</i>)	13
2.2.2 SPC en línea (<i>on-line</i>)	14
2.2.3 Fases de la monitorización <i>on-line</i> del proceso.....	18
2.2.4 SPC tradicional.....	19
2.2.5 Gráficos de control univariantes.....	20
2.2.6 Medidas de rendimiento de un gráfico de control	22
2.2.7 Control estadístico multivariable de procesos	24
2.2.8 MSPC basado en las variables originales: gráficos de control.....	26
2.2.9 MSPC basado en variables latentes	33
2.2.10 Gráficos de control basados en variables latentes	42
2.3 ¿QUÉ OCURRE CUANDO SE MONITORIZAN PROCESOS AUTOCORRELACIONADOS?	55
2.4 ¿POR QUÉ ES NECESARIA LA REGULACIÓN DE PROCESOS?.....	64
2.4.1 ¿Cuándo se necesita ajustar un proceso?.....	67
2.5 METODOLOGÍA DEL CONTROL PREDICTIVO BASADO EN MODELOS	69
2.5.1 Principios básicos	69
2.5.2 Elementos de los controladores predictivos	72
2.5.3 Evolución del control predictivo	79
2.5.4 Control predictivo en la industria.....	88
2.5.5 Algoritmo de control predictivo: DMC.....	93
2.5.6 El modelo de predicción.....	95

2.5.7	Diseño del controlador DMC sin restricciones: Función de coste	98
2.5.8	Control con Matriz Dinámica Multivariable	101
2.6 DMC: PARALELISMOS CON LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS APLICADOS		105
2.6.1	Introducción.....	105
2.6.2	Formulación del problema de control.....	105
2.6.3	Dualidad entre la estimación de parámetros de un modelo lineal y de un modelo de proceso.	106
2.6.4	El modelo del proceso. Estimación de los parámetros	107
2.6.5	Dualidad entre la estimación de parámetros en un modelo lineal y el cálculo de la ley de control en el algoritmo DMC.....	108
2.6.6	Escalado de las variables de salida y la regresión por mínimos cuadrados ponderados.....	109
2.6.7	Penalización de las acciones de control.....	111
2.7 INTEGRACIÓN DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS (APC) CON EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (SPC)		121
2.7.1	Concepto del APC-SPC.....	121
2.7.2	Modelos de Función de Transferencia y Algoritmos de Control	130
2.7.3	Sistemas SISO	141
2.7.4	Sistemas MISO	143
2.7.5	Sistemas MIMO.....	145
2.8 RESUMEN		146
CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL		151
3.1	INTRODUCCIÓN	151
3.2	EL PROCESO PHILIPS	153
3.3	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO	156
CAPÍTULO 4. ESTIMACIÓN DEL MODELO DEL PROCESO		159
4.1	INTRODUCCIÓN	159
4.2	MODELO DE FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA MÚLTIPLE O VARMAX 163	
4.3	ANÁLISIS PREVIO A LA IDENTIFICACIÓN	168
4.3.1	Método de detección de valores anómalos y ajuste conjunto de sus efectos y de los parámetros del modelo.....	168
4.3.2	Detección de anómalos cuando los parámetros del modelo ARIMA son conocidos.....	174

4.3.3	Detección de anomalos a partir de los residuos de un modelo ajustado.	179
4.3.4	Incorporación al ajuste del modelo ARIMA de los efectos de los anomalos detectados usando modelos de intervención	180
4.3.5	Un procedimiento iterativo de detección de anomalos y estimación conjunta de los parámetros del modelo y de los efectos de los anomalos	181
4.3.6	Transformaciones para estabilizar la varianza.....	184
4.3.7	Determinación de la transformación para estabilizar la media.....	187
4.3.8	Identificación de los modelos arima univariantes	187
4.4	ANÁLISIS PRELIMINAR DE LAS SERIES TEMPORALES DEL PROCESO PEAD	192
4.4.1	Análisis de las variables de entrada o manipuladas.....	193
4.4.2	Análisis de las variables de salida o controladas.....	206
4.5	ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DE CORRELACIÓN CRUZADA	214
4.5.1	Preblanqueo y prefiltrado de las series	214
4.6	IDENTIFICACIÓN DEL MODELO	218
4.7	ESTIMACIÓN DE LAS FUNCIONES DE CORRELACIÓN CRUZADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO	221
4.8	ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO POR EL MÉTODO DE LA MÁXIMA VEROSIMILITUD	227
4.8.1	Estimación ecuación a ecuación	229
4.8.2	Estimación multivariante del modelo	229
4.9	VALIDACIÓN DEL MODELO	234
4.10	METODOLOGÍA PLS PARA IDENTIFICACIÓN DEL MODELO	243
4.10.1	Introducción.....	243
4.10.2	Algoritmo NIPALS	245
4.10.3	Series Temporales PLS.....	246
4.10.4	Pretratamiento de los datos.....	252
4.10.5	Estimación del modelo	253
4.10.6	Validación del modelo. Análisis de residuos.	257
4.11	COMPARACIÓN DE LOS MODELOS ESTIMADOS.....	260
4.12	RESUMEN	262
CAPÍTULO 5 SINTONIZADO DEL CONTROLADOR PREDICTIVO MULTIVARIANTE MEDIANTE DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....		
5.1	INTRODUCCIÓN	265
5.2	METODOLOGÍA ANOVA (MLR)	272

5.3	ESTIMACIÓN DE EFECTOS SIGNIFICATIVOS: VARIABLES CONTROLADAS	280
5.4	ESTIMACIÓN DE EFECTOS SIGNIFICATIVOS: VARIABLES MANIPULADAS	298
5.5	CONCLUSIONES ANOVA (MLR)	318
5.6	METODOLOGÍA PLS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL MODELO	323
5.6.1	Introducción.....	323
5.6.2	Algoritmo NIPALS: Cálculo de las componentes PLS.....	324
5.6.3	¿Cuántas componentes extraer? Validación Cruzada. Bondad de ajuste y de Predicción	328
5.7	ESTIMACIÓN DE EFECTOS SIGNIFICATIVOS.....	332
5.8	Conclusiones PLS	346
5.9	COMPARACIÓN METODOLOGÍAS ANOVA (MLR) y PLS	348
5.10	RESUMEN	349
CAPÍTULO 6. IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS MSPC BASADOS EN ESTRUCTURAS LATENTES. SISTEMA MESPC		353
6.1	INTRODUCCIÓN	353
6.2	ESTIMACIÓN MODELO NOC- PCA	353
6.3	MONITORIZACIÓN DEL PROCESO: GRÁFICOS T_A^2 Y DMODX	358
6.4	ESQUEMA DE MONITORIZACIÓN EN LÍNEA PROPUESTO	359
6.5	EVALUACIÓN DEL SISTEMA MESPC DE CONTROL.....	361
6.5.1	Error de medida del MI	362
6.5.2	Error de medida en el APRE	369
6.5.3	Fallo en el lazo de control de <i>TEMPERATURA</i>	373
6.5.4	Deriva en el <i>MI</i>	377
6.5.5	Cambio parcial en los parámetros del modelo del <i>APRE</i>	380
6.6	RESUMEN	384
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES y LÍNEAS FUTURAS		387
7.1	CONCLUSIONES y CONTRIBUCIONES	387
7.2	LÍNEAS FUTURAS	395
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....		397
LISTA DE FIGURAS.....		427
LISTA DE TABLAS.....		435