

## ÍNDICE

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	1
1.1.  Introduccion. ....	2
1.2.  Antecedentes de EDUARDO S.A. ....	3
1.3.  Planteamiento del problema. ....	4
1.4.  Justificación. ....	10
1.4.1.  Justificación técnica. ....	10
1.4.2.  Justificación económica. ....	11
1.5.  Objetivos. ....	11
1.5.1.  Objetivo general. ....	11
1.5.2.  Objetivos específicos. ....	11
1.6.  Alcance. ....	12
1.6.1.  Alcance temático. ....	12
1.6.2.  Alcance espacial. ....	12
1.7.  Metodología. ....	12
CAPITULO II. MARCO TEORICO. ....	14
2.1.  Los aceros. ....	15
2.1.1.  Estructuras metalográficas del acero. ....	18
2.1.2.  Influencia de los elementos de aleacion en las propiedades del acero. ....	22
2.2.  Tratamiento térmico de los aceros. ....	28
2.2.1.  Endurecimiento del acero. ....	28
2.2.1.1.  Calentamiento. ....	28
2.2.1.2.  Mantenimiento a temperatura de transformación. ....	29
2.2.1.3.  Enfriamiento. ....	29
2.2.2.  Suavizado del acero. ....	32
2.2.2.1.  Calentamiento. ....	33
2.2.2.2.  Mantenimiento a temperatura de revenido. ....	33
2.2.2.3.  Enfriamiento. ....	34
2.3.  Factores con efecto en la facilidad de endurecimiento. ....	34
2.4.  Método Taguchi. ....	35
2.4.1.  Definir el problema. ....	42
2.4.2.  Definir el objetivo. ....	42
2.4.3.  Crear el diagrama-p. ....	44
2.4.4.  Diseño de experimentos. ....	45
2.4.5.  Recolección de datos. ....	45
2.4.6.  Análisis de datos. ....	45
2.4.7.  Interpretar los resultados. ....	46
2.4.8.  Realizar una prueba confirmatoria. ....	47

CAPITULO III. CARACTERIZACION DE LA FABRICACION DE SOLERAS EN ACERO XD40 .....		48
3.1.	Ingeniería de fundición.....	51
3.2.	Construcción del modelo.....	51
3.3.	Tratamiento de arena de moldeo.....	52
3.4.	Moldeo.....	53
3.5.	Fusión y colado.....	56
3.6.	Limpieza y esmerilado.....	57
3.7.	Proceso de tratamiento térmico.....	58
CAPITULO IV. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO APLICADO AL ACERO XD40 .....		61
4.1.	Objetivo.....	62
4.2.	Metodología .....	63
4.3.	Caracterización del tratamiento térmico aplicado al acero XD40.....	63
4.3.1.	El temple.....	63
4.3.2.	El revenido.....	67
4.4.	Factores que influyen en el tratamiento térmico del acero XD40.....	68
4.4.1.	Horno de tratamiento térmico.....	71
4.4.2.	Sistema de enfriamiento.....	73
4.4.3.	Materiales.....	77
4.4.4.	Personal.....	80
4.5.	Conclusiones.....	80
CAPITULO V. ESTRATEGIA PARA DISMINUIR LA VARIABILIDAD Y AJUSTAR LA DUREZA DEL ACERO XD40.....		83
5.1.	Planificación del experimento.....	84
5.1.1.	Objetivos del experimento.....	84
5.1.2.	Factores de control y ruido.....	91
5.1.3.	Asignación de los factores de control y sus niveles al arreglo ortogonal.....	98
5.2.	Análisis de datos.....	102
5.2.1.	Método gráfico.....	102
5.2.2.	Análisis de la varianza.....	103
5.2.3.	Estimar el resultado con los factores con mayor Relación S/R.....	103

5.2.4.	Prueba confirmatoria.....	103
5.3.	Organización del experimento.....	104
5.3.1.	Moldeo y diseño de probeta.....	104
5.3.2.	Fusión.....	105
5.3.3.	Tratamiento térmico.....	105
5.3.4.	Control de proceso y medición de la característica de calidad.....	105
5.3.5.	Materiales.....	106
CONCLUSION Y RECOMENDACION.....		108
1.	Conclusion.....	109
	• concierne al proceso de fabricación.....	109
	• concierne al tratamiento térmico.....	110
	• concierne a la aplicación del método taguchi.....	111
2.	Recomendación.....	114
	• concierne a lo operativo del experimento.....	114
	• concierne al diseño y análisis del experimento.....	114
ANEXO.....		119
	Anexo A1.....	120
	Anexo A2.....	121

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Composición química del acero XD40.....	5
Tabla 1.2.	Metodología.....	13
Tabla 4.1.	Lecturas de Prueba de dureza en HRc.....	67
Tabla 5.1.	Lecturas Ordenadas en una tabla.....	86
Tabla 5.2.	Factores de control y señal del tratamiento térmico del material XD40.....	92
Tabla 5.3.	Factor no controlable del tratamiento térmico del material XD40.....	92
Tabla 5.4.	Arreglo ortogonal L <sub>18</sub> .....	99
Tabla 5.5.	Arreglo externo e interno.....	101
Tabla 5.6.	Materiales a utilizar.....	106
Tabla 5.7.	Equipo a utilizar en los experimentos.....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1.	Gráfica de control de tratamiento térmico del acero XD40.....	8
Fig. 1.2.	Diagrama Causa-Efecto del tratamiento térmico del acero XD40.....	9
Fig. 1.3.	Fotografía de piezas desgastada prematuramente durante servicio.....	10
Fig. 2.1.	Diagrama de equilibrio Hierro-Carburo de Hierro.....	17
Fig. 2.2.	Curva S. del tipo: Curva isotérmica de transformación.....	31
Fig. 2.3.	Curva S. del tipo: Curva de transformación de enfriamiento continuo.....	31
Fig. 2.4.	Curva típica de revenido.....	32
Fig. 2.5.	Diagrama de flujo del Método Taguchi.....	41
Fig. 3.1.	Proceso De Fabricación de Soleras en XD40.....	50
Fig. 3.2.	Modelado.....	52
Fig. 3.3.	Tratamiento de arena.....	53
Fig. 3.4.	Moldeo.....	55
Fig. 3.5.	Fusión y Colado.....	57
Fig. 3.6.	Desbarbado y Limpieza.....	58
Fig. 3.7.	Tratamiento Térmico.....	60
Fig. 4.1.	Curva Real de tratamiento térmico del acero XD40.....	66
Fig. 4.2.	Esquema del área de tratamiento térmico.....	69
Fig. 4.3.	Equipo y Dispositivos del área de tratamiento térmico.....	70
Fig. 4.4.	Capacidad térmica del horno 4009.....	72
Fig. 4.5.	Disposición de ventiladores tipo axial y centrífugo.....	75
Fig. 4.6.	Curva característica tipo del ventilador axial y centrífugo.....	76
Fig. 4.7.	Diferentes tipos de grilla y distintos arreglos de piezas.....	79
Fig. 5.1.	Función ideal del tipo lineal.....	86
Fig. 5.2.	Función ideal del tipo lineal con error.....	88
Fig. 5.3.	Aplicación de mínimos cuadrados.....	88
Fig. 5.4.	Descomposición de la variabilidad.....	89
Fig. 5.5.	Corrección estadística de la variación ( $S_{\beta}$ ).....	89
Fig. 5.6.	Relación S/R a partir de una ecuación lineal.....	90
Fig. 5.7.	Sensibilidad.....	90
Fig. 5.8.	Diagrama-P.....	91
Fig. 5.9.	Niveles del factor Calentamiento.....	94