

---

# CONTENIDO

---

PROLOGO .....	ix
AGRADECIMIENTOS .....	xi
1. INTRODUCCION .....	1
<b>1.1. Generalidades</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Descripción general de los hornos de arco</b> .....	<b>2</b>
1.2.1. Hornos de arco radiante .....	2
1.2.2. Hornos de arco sumergido .....	4
1.2.3. Hornos de arco para fusión de acero .....	5
<b>1.3. Desarrollo histórico. Situación actual</b> .....	<b>8</b>
2. PRINCIPIOS BASICOS DEL HORNO DE ARCO .....	11
<b>2.1. Introducción</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2. Análisis del arco eléctrico</b> .....	<b>12</b>
2.2.1. Arco entre dos electrodos idénticos .....	12
2.2.2. El arco en hornos de corriente continua (C.C.) .....	14
2.2.3. El arco en hornos de corriente alterna (C.A.) .....	15
<b>2.3. Estudio del circuito eléctrico básico de un horno de arco de C.A.</b> .....	<b>18</b>
2.3.1. Circuito simple $R, X_L$ .....	19
2.3.2. Circuito simple con corrección $X_c$ .....	20
2.3.3. Circuito simple con transformador .....	23
2.3.4. Circuito básico del horno de arco .....	25
A) Intensidad .....	28
B) Potencia en el arco .....	29

	C) Potencia consumida .....	30
	D) Rendimiento eléctrico .....	31
	E) Factor de potencia .....	32
2.3.5.	Expresiones para hornos de arco trifásicos .....	33
2.3.6.	Consideraciones sobre la reactancia del arco .....	34
<b>2.4.</b>	<b>Diagramas de funcionamiento en C.A.</b> .....	<b>36</b>
<b>2.5.</b>	<b>Circuito eléctrico básico y características de los hornos de C.C.</b> .....	<b>39</b>
2.5.1.	Introducción .....	39
2.5.2.	Circuito básico del horno de C.C. ....	40
2.5.3.	Agitación del baño .....	44
<b>3.</b>	<b>EQUIPOS ELECTRICOS EN CORRIENTE ALTERNA</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1.</b>	<b>Introducción. Componentes del equipo eléctrico</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.</b>	<b>Transformador principal</b> .....	<b>49</b>
<b>3.3.</b>	<b>Embarrado y cables secundarios</b> .....	<b>51</b>
<b>3.4.</b>	<b>Equipo de control</b> .....	<b>55</b>
3.4.1.	Generalidades .....	55
3.4.2.	Sistemas de control de impedancia .....	56
3.4.3.	Sistemas de control por ordenador .....	58
	A) Equipos .....	59
	B) Lógica del sistema .....	59
<b>3.5.</b>	<b>Efectos eléctricos sobre la línea de suministro</b> .....	<b>62</b>
3.5.1.	Generalidades .....	62
3.5.2.	Armónicos de la frecuencia fundamental .....	62
3.5.3.	Flicker .....	64
3.5.4.	Protección de puntas de tensión .....	66
<b>4.</b>	<b>EQUIPOS MECANICOS EN CORRIENTE ALTERNA</b> .....	<b>67</b>
<b>4.1.</b>	<b>Componentes del equipo mecánico</b> .....	<b>67</b>
4.1.1.	Conjunto de la parte mecánica .....	67
4.1.2.	Cuba y bóveda .....	70
4.1.3.	Plataforma y superestructura .....	74
4.1.4.	Brazos portaelectrodos y columnas .....	77
4.1.5.	Mecanismos de accionamiento .....	80
4.1.6.	Los electrodos .....	80
<b>4.2.</b>	<b>Componentes mecánicos adicionales</b> .....	<b>85</b>
4.2.1.	Generalidades .....	85
4.2.2.	Quemadores y lanzas de oxígeno .....	86
4.2.3.	Aspiración y depuración de humos .....	88
4.2.4.	Pre calentadores de chatarra .....	90
4.2.5.	Cestas de carga y cucharas de colada .....	91

<b>4.3. Refractarios para hornos de arco</b> .....	<b>91</b>
4.3.1. Introducción .....	91
4.3.2. Refractarios para la cuba .....	93
4.3.3. Refractarios para la cuchara y horno-cuchara de afino .....	96
<b>5. HORNOS DE ARCO DE CORRIENTE CONTINUA</b> .....	<b>99</b>
<b>5.1. Introducción</b> .....	<b>99</b>
<b>5.2. Equipo eléctrico</b> .....	<b>101</b>
5.2.1. Generalidades .....	101
5.2.2. Interruptor general .....	102
5.2.3. Transformador principal .....	102
5.2.4. Equipo rectificador .....	103
5.2.5. Bobina de autoinducción de C.C. ....	104
5.2.6. Equipo de control y regulación .....	105
<b>5.3. Equipo mecánico</b> .....	<b>106</b>
5.3.1. Generalidades. Capacidad de la cuba y potencia ...	106
5.3.2. Solera conductora .....	108
<b>5.4. Comparación entre hornos de C.A. y C.C.</b> .....	<b>112</b>
5.4.1. Consumo de electrodos .....	113
5.4.2. Consumo de energía eléctrica .....	115
5.4.3. Consumo de refractario .....	115
<b>6. FUNCIONAMIENTO DE LOS HORNOS DE ARCO. BALAN-   CANCES ENERGETICOS. COSTES OPERATIVOS</b> .....	<b>117</b>
<b>6.1. Funcionamiento de los hornos de arco</b> .....	<b>117</b>
6.1.1. Generalidades .....	117
6.1.2. Diagramas de funcionamiento .....	120
<b>6.2. Balances energéticos</b> .....	<b>124</b>
6.2.1. Introducción .....	124
6.2.2. Quemadores auxiliares .....	128
6.2.3. Lanzas de inyección de O <sub>2</sub> .....	129
A) Oxidación de la chatarra .....	130
B) Oxidación del carbón introducido .....	131
C) Oxidación de los electrodos .....	132
D) Oxidación del Si, Mn y C del acero .....	132
E) Calor de reacción entre los óxidos y la cal ...	133
6.2.4. Fusión y recalentamiento del acero .....	135
6.2.5. Fusión y recalentamiento de la escoria .....	135
6.2.6. Calor perdido por los humos .....	136
6.2.7. Pérdidas por el agua de refrigeración .....	138
6.2.8. Pérdidas térmicas y eléctricas .....	140

A)	Pérdidas por la solera .....	140
B)	Pérdidas por el refractario de bóveda .....	142
C)	Pérdidas por apertura de bóveda y puerta ...	142
D)	Pérdidas eléctricas .....	143
6.2.9.	Balance energético en régimen continuo .....	144
6.2.10.	Consumo adicional por régimen discontinuo .....	146
6.2.11.	Consideraciones finales .....	148
<b>6.3.</b>	<b>Costes operativos .....</b>	<b>150</b>
<b>7.</b>	<b>HORNOS DE ARCO ESPECIALES .....</b>	<b>155</b>
<b>7.1.</b>	<b>Generalidades .....</b>	<b>155</b>
<b>7.2.</b>	<b>Hornos de arco de C.A. no convencionales .....</b>	<b>155</b>
7.2.1.	Proceso CONSTEEL .....	156
7.2.2.	Horno FUJISAWA .....	157
7.2.3.	Horno SHEERNESS .....	159
7.2.4.	Proceso K-ES .....	160
<b>7.3.</b>	<b>Horno de arco de C.C. de dos cubas gemelas .....</b>	<b>161</b>
<b>7.4.</b>	<b>Horno-cuchara de afino .....</b>	<b>163</b>
<b>7.5.</b>	<b>Horno de arco al vacío .....</b>	<b>166</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>169</b>

## APENDICES

<b>1.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>171</b>
<b>2.</b>	<b>VOCABULARIO Y ACRONIMOS .....</b>	<b>179</b>
<b>INDICE .....</b>		<b>191</b>