

ÍNDICE

PARTE PRIMERA: LA CAL	
CAPÍTULO I: DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN, PRODUCTOS Y ALMACENAMIENTO	5
1.1 Definición y clasificación	5
1.2 Elección cal a utilizar	7
1.2.1 Tratamiento de aguas	7
1.2.2 Tratamiento de lodos	7
1.3 Productos y suministros	9
1.3.1 Cal viva	9
1.3.2 Cal hidratada	9
1.4 Especificaciones para la cal en el tratamiento de aguas y lodos	10
CAPÍTULO II: VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LA CAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE CONSUMO, AGUAS RESIDUALES Y LODOS RESIDUALES	14
2.1 Ventajas de la utilización de la cal en el tratamiento de aguas de consumo	14
2.2 Ventajas de la utilización de la cal en el tratamiento de aguas residuales industriales	15
2.3 Ventajas de la utilización de la cal en los tratamientos de aguas residuales: línea de lodos	16
2.4 Ventajas del tratamiento con cal como tratamiento avanzado de lodos de depuradora	18
2.4.1 Ventajas para la utilización agrícola de los lodos finales	18
2.4.2 Ventajas sobre el uso de otros aditivos	19
CAPÍTULO III: RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE LOS SISTEMAS CON CAL	20
3.1 Recepción de cales	20
3.2 Carga/descarga de la cal	21
3.3 Almacenamiento de la cal	22
3.4 Cálculo de un silo: Ejemplo	25
3.5 Apagado de la cal	26
3.6 La lechada de cal	26
3.7 Riesgos de los productos químicos	27
3.8 Equipos para líquidos y soluciones	27
3.9 Tuberías, bombas y molinos para lodos	28
3.10 Técnicas generales de diseño y operación	29
PARTE SEGUNDA: APLICACIÓN DE LA CAL A LOS TRATAMIENTOS QUÍMICOS DEL AGUA	
CAPÍTULO IV: AGUAS DE CONSUMO	31
4.1 Ajuste del pH	31
4.2 Alcalinidad	31
4.3 El equilibrio químico gas carbónico - agua	32
4.4 Ablandamiento del agua	35
4.4.1 La dureza y su tratamiento. Conceptos básicos	35
4.4.2 Tratamiento de ablandamiento: Proceso convencional de cal-sosa	37
4.4.3 Procedimientos para superar las limitaciones del proceso convencional y reducir los costos de operación del proceso	38
4.4.3.1 Tratamiento en exceso de cal	39
4.4.3.2 Tratamiento con exceso de cal seguido de recarbonatación	39
4.4.3.3 Tratamiento en etapas	39
4.4.4 El proceso de ablandamiento con lechada de cal y con agua de cal: ventajas e inconvenientes	41
4.4.4.1 Generalidades	41
4.4.4.2 El agua de cal	42
4.4.4.3 El saturador de cal: El equipo y el proceso	43
4.4.4.4 Cálculo del saturador de cal	44
4.5 Comparación del ablandamiento con cal hidratada y sosa	46
4.5.1 Conceptos básicos	46
4.5.2 Ejemplo de cálculo de ablandamiento para un agua dura con cal hidratada o sosa	47
4.6 Control de la Corrosión	48
4.7 Coagulación - Precipitación	49
4.8 Agua de alimentación de calderas	50
4.9 La cal en la desalinización de aguas	50

CAPÍTULO V: TRATAMIENTOS QUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES	52
5.1 Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.....	52
5.2 Neutralización.....	53
5.3 Precipitación química.....	56
5.3.1 Consideraciones generales.....	56
5.3.2 Agentes precipitantes con cal.....	56
5.3.3 Ajuste de pH.....	57
PARTE TERCERA: LA CAL EN EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS	
CAPÍTULO VI: TRATAMIENTOS DE AGUAS: LINEA DE LODOS	59
6.1 Tratamiento de aguas de consumo o potables: línea de lodos.....	59
6.1.1 Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP).....	59
6.1.2 Características de los lodos procedentes de una ETAP.....	60
6.1.2.1 Características físico-químicas.....	60
6.1.2.2 Grado de humedad del lodo.....	60
6.2 Tratamiento de aguas residuales: línea de lodos.....	62
6.2.1 Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (EDAR).....	62
6.2.2 Origen y características de los lodos.....	63
6.2.3 Cálculo de la producción de lodos diaria de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	64
CAPÍTULO VII: OPERACIONES UNITARIAS Y EQUIPOS	66
7.1 Proceso de tratamiento.....	66
7.2 Espesamiento.....	67
7.2.1 El espesado en el tratamiento de aguas potables.....	67
7.2.2 El espesado en el tratamiento de aguas residuales.....	68
7.3 Digestión.....	70
7.3.1 Digestión aerobia.....	70
7.3.2 Digestión anaerobia.....	70
7.4 Acondicionamiento de los lodos.....	71
7.4.1 Acondicionamiento químico.....	71
7.4.2 Acondicionamiento térmico.....	74
7.5 Secado o deshidratación.....	74
7.6 Secado natural: Lechos de secado de lodos.....	75
CAPÍTULO VIII: LA ESTABILIZACIÓN CON CAL	78
8.1 Criterios de Diseño.....	78
8.1.1 pH y tiempo de contacto.....	78
8.1.2 La dosis de cal.....	79
8.2 Prestaciones del Proceso.....	83
8.2.1 Control del olor.....	83
8.2.2 Reducción de Patógenos.....	84
8.2.3 Mejora de la capacidad de deshidratación y del secado. Variación de las características químicas.....	86
8.3 Alimentación de la cal al tanque de mezcla de lodos.....	89
8.3.1 La alimentación.....	89
8.3.1.1 Con cal hidratada o con cal viva.....	89
8.3.1.2 Con cal en soluciones.....	92
8.4 Diseño del tanque de mezcla.....	92
8.4.1 Consideraciones sobre el tamaño del tanque.....	93
8.4.2 Mezclado por difusión de aire o mecánico.....	94
8.5 Costos y Utilización de la Energía.....	96
8.5.1 Costos relativos de capital y de operación.....	96
8.5.2 Utilización de la Energía.....	97
8.6 La cal en la higienización, para uso agrícola, de lodos generados en de la depuración de aguas residuales.....	97
CAPÍTULO IX: DISEÑO DE INSTALACIONES DE ESTABILIZACIÓN CON CAL	100
9.1 Consideraciones generales de diseño en la estabilización con cal.....	100
9.2 Ejemplo de diseño.....	102
9.2.1 Carga de diseño.....	102
9.2.2 Descripción del sistema.....	102
9.2.3 Cálculos relativos al almacenamiento previo de la cal al tanque, y al sistema de mezcla de aire.....	104
9.3 Diseño del proceso de estabilización con cal en una EDAR.....	106
9.4 Operación y toma de muestras.....	108
9.5 Precipitación de Fosfatos.....	109
ANEXO I. LISTA DE LEGISLACIÓN EUROPEA, ESPAÑOLA Y DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS SOBRE CALIDAD DE AGUAS, TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES Y TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES Y DE LODOS (NO EXHAUSTIVA)	110
ANEXO II. NORMAS DE AGUAS Y LODOS QUE AFECTEN A LA CAL	116
ÍNDICE DE TABLAS / FIGURAS	117
BIBLIOGRAFÍA	119