

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	10
1.1 Introducción	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo General	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 Justificación	11
1.4 Hipótesis	12
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	13
2.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	13
2.1.1 Contexto histórico en Chile	13
2.1.2 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	13
2.1.3 Descripción	14
2.1.4 Aguas residuales.....	14
2.1.5 Componentes de las aguas residuales	14
2.1.6 Pretratamiento	14
2.1.7 Tratamiento primario.....	15
2.1.8 Tratamiento secundario	16
2.1.9 Tratamiento terciario	16
2.1.10 Objetivos de las plantas de tratamientos.....	16
2.1.11 Las plantas de tratamientos de aguas servidas más grandes del mundo	17
2.2 LODOS NEGROS	19
2.2.1 Lodos y su tratamiento	19
2.2.2 Composición de los Lodos	19
2.2.3 Tipos de lodos	19
2.2.3.1 Lodo primario.....	19
2.2.3.2 Lodo secundario	20

2.2.3.2.1 Lodo activado	20
2.2.4 Estabilización del lodo	20
2.2.4.1 Digestión anaeróbica	20
2.2.4.1.1 Tipos de digestores anaerobios	21
2.2.4.2 Digestión aeróbica	22
2.2.5 Espesado de lodos	22
2.2.5.1 Espesado por gravedad	22
2.2.5.2 Espesado por flotación.....	23
2.2.5.3 Espesado por centrifugación	23
2.2.6 Secado del lodo	24
2.2.6.1 Era del secado.....	24
2.2.6.2 Deshidratación mecánica	24
2.2.7 Normativa de lodos en Chile	25
2.2.8 Reutilización de lodos en el mundo	25
2.3 LADRILLOS	26
2.3.1 Definición.....	26
2.3.2 Orígenes del ladrillo	26
2.3.3 Materias primas para su fabricación	26
2.3.4 Normativa actual para ladrillos.....	26
2.3.5 Proceso de elaboración del ladrillo	27
2.3.5.1 Maduración.....	27
2.3.5.2 Preelaboración	28
2.3.5.3 Depósito de materia prima procesada	28
2.3.5.4 Humidificación	28
2.3.5.5 Moldeado.....	28
2.3.5.6 Secado	29
2.3.5.7 Cocción	29
2.3.5.8 Almacenaje.....	29
2.3.6 Clasificación de los hornos para cocción de ladrillos	29
2.3.6.1 Hornos intermitentes	30
2.3.6.1.1 Horno rural	30

2.3.6.1.2 Horno de llama rasante	30
2.3.6.1.3 Hornos redondos o de llama invertida.	30
2.3.6.2 Hornos continuos con zona móvil de cocción.....	30
2.3.6.2.1 Horno anular de Hoffmann	30
2.3.6.3 Hornos continuos con zona fija de cocción.....	31
2.3.6.3.1 Hornos de túnel.....	31
2.3.7 Clasificación de ladrillos	31
2.3.7.1 Clasificación por clases	31
2.3.7.1.1 Ladrillos macizos hechos a máquina (MqM)	31
2.3.7.1.2 Ladrillos perforados hechos a máquina (MqP)	32
2.3.7.1.3 Ladrillos huecos hechos a máquina (MqH).....	32
2.3.7.1.4 Ladrillos cerámicos hechos a mano (MnM).....	32
2.3.7.2 Clasificación por grados	32
2.3.7.2.1 Grado 1	32
2.3.7.2.2 Grado 2	33
2.3.7.2.3 Grado 3	33
2.3.8 Requisitos mecánicos	33
2.3.8.1 Resistencia a la compresión.....	33
2.3.8.1.1 Aparatos utilizados	33
2.3.8.1.2 Procedimiento de ensayo a compresión	34
2.3.8.1.4 Resultados	34
2.3.8.2 Absorción de agua	34
2.3.8.2.1 Aparatos utilizados	34
2.3.8.2.2 Procedimiento de ensayo de absorción de agua	34
2.3.8.2.3 Resultados	34
2.3.8.3 Adherencia a Cizalle.....	35
2.3.8.3.1 Aparatos utilizados	35
2.3.8.3.2 Procedimiento de preparación de probetas.....	35
2.3.8.3.3 Procedimiento de ensayo de adherencia a cizalle	36
2.3.8.3.4 Resultados	36
2.3.9 Economía del ladrillo	36
2.3.9.1 Estadísticas de producción.....	37
CAPÍTULO 3: DESARROLLO.....	38
3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	38

3.1.1 Variables de Análisis.....	38
3.1.2 Hipótesis.....	38
3.1.3 Metodología (Diagrama y explicaciones).....	39
3.2 TRABAJO DESARROLLADO	40
3.2.1 Plan de trabajo.....	40
3.2.2 Desarrollo de actividades	41
3.2.2.1 Retiro de lodo desde planta.....	41
3.2.2.2 Análisis de muestra antes de su uso.....	41
3.3.3 Resultados primarios, iniciales	43
3.3.3.1 Estudio de la materia prima	43
3.3.3.1.1 Densidad del lodo	43
3.3.3.1.2 Porcentaje (%) de humedad del lodo	44
3.3.3.1.3 Granulometría del lodo.....	45
3.3.3.2 Confección de ladrillos.....	46
3.3.3.3 Cocción de ladrillos.....	50
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS	52
4.1 DESGLOSE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	52
4.1.1 Programación	52
4.1.2 Análisis de estructuras.....	52
4.1.3 Levantamiento de datos.....	53
4.1.3.1 Absorción de agua.....	53
4.1.3.2 Resistencia a la compresión.....	57
4.1.4 Análisis económico del ladrillo	63
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
BIBLOGRAFÍA	65
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. PTAS Nuevosur.....	13
Imagen 2. Tanque de tratamiento primario.....	16
Imagen 3. Espesador por gravedad.....	23
Imagen 4. Espesador por flotación.....	23
Imagen 5. Filtro prensa de banda.....	24
Imagen 6. Proceso de elaboración del ladrillo.....	27
Imagen 7. Tipos de ladrillos.....	31
Imagen 8. Depuradora más grande del mundo.....	37
Imagen 9. Moldaje 30x15x5.5 cm.....	39
Imagen 10. Carta Gantt.....	40
Imagen 11. Lodo con un porcentaje de humedad del 83%.....	41
Imagen 12. Secado del lodo en horno - Lodo seco.....	42
Imagen 13. Densidad del lodo.....	43
Imagen 14. Peso húmedo y seco del lodo.....	44
Imagen 15. Granulometría del lodo.....	45
Imagen 16. Mezcla cal hidráulica, tierra de color, arena y 10% de lodo.....	46
Imagen 17. Mezcla arcilla roja, 5% y 10% de lodo.....	48
Imagen 18. Ladrillos de cal y 10% de lodo.....	48
Imagen 19. Ladrillos de 5% y 10% de lodo.....	49
Imagen 20. Ladrillos de 5% y 10% de lodo, dosificación 2 y 3.....	50
Imagen 21. Cocción de ladrillos dosificación 1 a 200°C.....	50
Imagen 22. Cocción de ladrillos dosificación 2 y 3 a 200°C.....	51
Imagen 23. Cocción de ladrillos pasados 6 días.....	51
Imagen 24. Ladrillos dosificación 2 y 3 al ser sacados del horno.....	52
Imagen 25. Masa de ladrillos secos.....	53
Imagen 26. Absorción de agua.....	54
Imagen 27. Masa de ladrillos saturados.....	54
Imagen 28. Muestra 6 probetas de ladrillos.....	57
Imagen 29. Alto, ancho y largo de ladrillos.....	57
Imagen 30. Peso y ensayo de ladrillos.....	58
Imagen 31. Valores entregados por la prensa de ensayo.....	61
Imagen 32. Pieza después del ensayo.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes químicos	14
Tabla 2. Composición de lodos.	19
Tabla 3. Ventajas y desventajas digestión anaeróbica.	21
Tabla 4. Ventajas y desventajas digestión aeróbica.	22
Tabla 5. Características de los ladrillos cerámicos.	33
Tabla 6. Variables de Análisis - Indicadores – Métodos.	38
Tabla 7. Hipótesis	39
Tabla 8. Resultados muestra 1.	41
Tabla 9. Resultados muestra 2.	42
Tabla 10. Material que pasa.	45
Tabla 11. Dosificación 1	46
Tabla 12. Dosificaciones 2 y 3.	47
Tabla 13. Dosificación 1 en kilogramos.	47
Tabla 14. Dosificaciones 2 y 3 en kilogramos.	47
Tabla 15. Absorción de agua.	55
Tabla 16. Medidas y peso de las probetas.	58
Tabla 17. Resultados de ensayos.	58
Tabla 18. Precios materias prima ladrillos	63
Tabla 19. Precios materias prima ladrillos con lodo negro.	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. % de absorción.	56
Gráfico 2. Área MM2.	59
Gráfico 3. Carga KN.	59
Gráfico 4. Resistencia a compresión.	60