

## II.-ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Página</b>
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	9
RESUMEN .....	10
1.1. Introducción .....	12
1.2.- Objetivos generales y específicos.....	14
Objetivo general .....	14
Objetivos específicos.....	14
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	 15
MARCO TEÓRICO BIOSÓLIDOS .....	16
2.1.-Reseña histórica del tratamiento de aguas y los biosólidos .....	16
2.2.- Definiciones de aguas servidas y biosólidos .....	18
2.3.- Componentes de las aguas servidas.....	20
2.4.- Utilización de estos biosólidos.....	22
2.5.- Proceso de tratamientos de aguas servidas .....	24
2.5.1.- Proceso de tratado de aguas servidas en la PTAS Nuevosur Talca.....	28
2.6.- Disposición final de los lodos producidos por la PTAS Nuevosur Talca .....	32
2.6.1.- ¿Cómo se construye este relleno sanitario?.....	33
2.6.2.- Funcionamiento del Relleno Sanitario Ecomaule S.A.....	33
2.7.- Reglamento para el manejo sanitario de los lodos.....	35
 MARCO TEÓRICO PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS .....	 36
2.8.- Definición de ladrillo .....	36
2.9.- Historia del ladrillo .....	36
2.10.- Situación normativa del ladrillo en Chile.....	38

2.11.- Materias primas empleadas en la fabricación del ladrillo .....	39
2.11.1.- Arcilla .....	39
2.11.1.1.- Propiedades de la arcilla.....	39
2.11.2.- Los desengrasantes .....	42
2.14.- Tipos de ladrillos cerámicos.....	52
2.14.1.- Tipo I “ladrillos cerámicos a máquina” .....	52
2.15.1.- Ladrillos macizos hechos a máquina (MqM) .....	52
2.15.2.- Ladrillos perforados hechos a máquina (MqP).....	53
2.15.3.- Ladrillos huecos hechos a máquina (MqH) .....	53
2.13.4.- Ladrillos hechos a mano (MNM) .....	54
2.14.- Grados de ladrillos cerámicos .....	54
2.14.1- Grado 1 .....	54
2.14.2.- Grado 2 .....	54
2.14.3.- Grado 3 .....	55
2.14.4.- Grado 4 .....	55
CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	56
3.1.- Características de los biosólidos analizados .....	57
3.1.1.- Análisis de los lodos.....	58
3.1.1.1.- Determinación del porcentaje de humedad del biosólido .....	59
3.1.1.2.- Contenido materia orgánica.....	61
3.1.1.3.- Concentración de agentes patógenos .....	63
3.1.1.4.- Concentración de metales pesados .....	64
3.1.1.5.- Concentración de químicos orgánicos tóxicos.....	65
3.2.- Análisis de áridos a utilizar .....	65
3.3.- Análisis de la arcilla a utilizar .....	70
3.3.1.- Parámetros a evaluar .....	70

CAPÍTULO IV: CONFECCIÓN DEL LADRILLO .....	73
4.1.-Opción de fabricación de ladrillos cerámicos a base de biosólidos .....	74
4.2.-Proceso constructivo de los ladrillos a base de biosólidos.....	76
4.2.1.- Acondicionamiento de la materia prima.....	76
4.2.2.- Fabricación de los ladrillo .....	78
4.2.3.-Dosificaciones.....	80
4.2.3.1.-Dosificación ladrillo artesanal .....	80
4.2.3.2.-Dosificaciones utilizadas en ladrillos a base de biosólidos.....	81
4.3.-Ensayos y evaluaciones.....	86
4.3.1.- Densidad .....	88
4.3.2.-Absorción.....	89
4.3.3.- Resistencia mecánica (compresión) .....	90
4.4.-Análisis de resultados de los ladrillos construidos .....	92
4.5.-Ventajas que ofrece la reutilización de biosólidos como parte de la materia prima del ladrillo.....	93
4.6.-Consideraciones del producto final .....	94
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	96
5.1.-Análisis de precio unitario en la producción de ladrillos artesanales .....	97
5.1.2.- Evaluación de beneficio-costo.....	100
5.2.- Costos por consumo de agua potable en Talca .....	102
5.2.1.-Costo servicio de alcantarillado .....	102
5.2.2.-Costo tratamiento de aguas servidas.....	102
5.3.-Análisis del costo de Tratamiento de Aguas Servidas .....	103
5.3.1.-Costo de disposición final del lodo producido.....	104
5.4.-Alternativa de reutilización del lodo en la fabricación de ladrillos artesanales .....	104
5.4.1.-Costos de transporte de lodos a las fábricas de ladrillos de la zona.....	105
5.5.-Análisis de resultados .....	106

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....	108
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....	111
CAPÍTULO VIII: ANEXOS .....	114
Anexo N° 1. ....	115
Anexo N°2 .....	117
Anexo N°3. ....	118
Anexo N° 4 .....	119
Anexo N° 5 .....	121

### III.-ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1- Composición típica de las aguas residuales. ....	20
Figura 2- Distribución de los sólidos contenidos en el agua residual típica. ....	21
Figura 3- Esquema de Tratamiento mediante Lodos Activados. ....	25
Figura 4- Plano ubicación de PTAS Talca (escala 1:2000). ....	28
Figura 5- Proceso de tratamiento de aguas servidas en Talca. ....	29
Figura 6-Vista panorámica de PTAS Nuevosur Talca. ....	30
Figura 7- Llenado de contenedores con biosólido, PTAS Talca. ....	32
Figura 8- Recorrido del traslado del lodo a Ecomaule. ....	32
Figura 9- Celda de Residuos. ....	33
Figura 10- Extensión y compactación de los residuos. ....	34
Figura 11- Proceso Constructivo Ladrillo Princesa. ....	48
Figura 12- Proceso de preparación del fango. ....	48
Figura 13- Proceso de moldeado de los adobes. ....	49
Figura 14- Secado de los adobes en fábrica de ladrillos Trapiche. ....	49
Figura 15- Armado del horno con los adobes para su cocción. ....	50
Figura 16- Ladrillo perforado hecho a máquina. ....	53
Figura 17- Ladrillos huecos hechos a máquina. ....	53
Figura 18- Ladrillo macizo hecho a mano. ....	54
Figura 19- Representación esquemática del contenido agua en el lodo. ....	57
Figura 20- Biosólido generado por PTAS Talca. ....	58
Figura 21- Pesaje de las muestras de biosólidos. ....	59
Figura 22- Cápsulas introducidas en la estufa a 103°C – 105°C. ....	60
Figura 23- Pesaje de las cápsulas con respectivas muestras secas. ....	60
Figura 24- Muestras en la mufla a 550 ± 2 °C. ....	62
Figura 25- Pesaje de las muestras calcinadas. ....	62
Figura 26- Acopio de arcilla en estado húmeda. ....	77
Figura 27- Arena asneada. ....	77
Figura 28- Paja a utilizada. ....	78
Figura 29- Aspecto visual del adobe utilizado. ....	79
Figura 30- Moldeado del adobe por capas. ....	79

Figura 31- Ladrillo recién cortado.....	79
Figura 32- Armado del horno.....	80
Figura 33- Falla presentada por los ladrillos. ....	83
Figura 34- Ladrillo con un 20% de biosólido fracturado. ....	84
Figura 35- Ladrillo con un 5% de lodo.....	85
Figura 36- Método de absorción del agua. ....	89
Figura 37- Ladrillo ensayado a compresión. ....	91
Figura 38-Camión tipo a utilizar. ....	105

## IV.-ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla N° 1 - Características de los ladrillos cerámicos. ....	55
Tabla N° 2 - Humedad de lodos, Nuevosur Talca. ....	61
Tabla N° 3 - Contenido de materia orgánica, lodos de Nuevosur Talca. ....	63
Tabla N° 4 - Niveles de concentración de agentes patógenos.....	64
Tabla N° 5 - Niveles de concentración de metales pesados en biosólidos. ....	65
Tabla N° 6 - Tamizado “arena 1”. ....	67
Tabla N° 7 - Tamizado “arena 2”. ....	68
Tabla N° 8 - Tamizado arcilla. ....	71
Tabla N° 9 - Límites de Atterberg. ....	72
Tabla N° 10 - Dosificación ladrillo artesanal. ....	80
Tabla N° 11 - Dosificación N°1 ladrillos a base de biosólido. ....	82
Tabla N° 12 - Dosificación N°2 de ladrillos a base de biosólidos. ....	83
Tabla N° 13 - Dosificación N° 3 de ladrillos a base de biosólidos. ....	84
Tabla N° 14 - Contracción lineal ladrillo dosificación N°2. ....	86
Tabla N° 15 - Contracción lineal ladrillo dosificación N°3. ....	87
Tabla N° 16 - Pérdida de peso ladrillo dosificación N°2. ....	87
Tabla N° 17- Pérdida de peso ladrillo dosificación N°3. ....	87
Tabla N° 18 - Densidad de cada ladrillos creado.....	88
Tabla N° 19 - Valores de absorción según dosificaciones N°2.....	90
Tabla N° 20 - Valores de absorción según dosificaciones N°3.....	90
Tabla N° 21 - Valores de resistencia a la compresión dosificación N°2.....	91
Tabla N° 22 - Valores de resistencia a la compresión dosificación N°3.....	91
Tabla N° 23 – Costos fijos materia prima de los ladrillos artesanales. ....	97
Tabla N° 24 – Costos fijos materia prima de los ladrillos artesanales. ....	98
Tabla N° 25 – Costos variables de producción de los ladrillos artesanales.....	98
Tabla N° 26 – Resumen financiero de producción. ....	99
Tabla N° 27 – Costo unitario de la producción de un ladrillo artesanal.....	99
Tabla N° 28 – Ahorro por unidad producida. ....	101