

Tabla de Contenido

| | |
|--|----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Motivación | 1 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.2.1. General | 2 |
| 1.2.2. Específicos | 2 |
| 2. Antecedentes | 3 |
| 2.1. Residuos sólidos urbanos | 3 |
| 2.2. Relleno sanitario | 4 |
| 2.3. Biogás | 4 |
| 2.3.1. Fases de la producción de biogás | 4 |
| 2.3.2. Factores que afectan la producción de biogás | 6 |
| 2.3.2.1. Composición de los residuos | 6 |
| 2.3.2.2. Temperatura | 6 |
| 2.3.2.3. Humedad | 6 |
| 2.3.2.4. pH | 7 |
| 2.3.2.5. Cobertura | 7 |
| 2.3.3. Propiedades del biogás | 7 |
| 2.3.4. Sistemas de extracción de biogás | 7 |
| 2.3.5. Modelos de estimación de producción de biogás | 8 |
| 2.3.5.1. Modelo LandGEM | 9 |
| 2.3.5.2. Modelo Mexicano de biogás | 9 |
| 2.3.5.3. Modelo IPPC | 10 |
| 2.3.5.4. Parámetros | 10 |
| 2.3.6. Aplicaciones del biogás | 13 |
| 2.3.7. Sistemas de tratamiento del biogás | 14 |
| 2.3.8. Generación de electricidad | 14 |
| 2.4. Hidrógeno en Chile | 15 |
| 2.5. Estado del Arte | 17 |
| 2.5.1. Producción de hidrógeno termoquímico basado en metano | 17 |
| 2.5.1.1. Reformado de metano con vapor | 17 |
| 2.5.1.2. Oxidación parcial | 18 |
| 2.5.1.3. Reformado auto-térmico | 18 |
| 2.5.1.4. Pirólisis de metano | 18 |
| 2.5.2. Proyectos de pirólisis de metano | 20 |
| 2.5.2.1. Descomposición térmica: Empresa BASF | 21 |
| 2.5.2.2. Descomposición térmica: Columna de burbujas de galio fundido | 21 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.5.2.3. | Descomposición catalítica: Empresa Hazer Group | 22 |
| 2.5.2.4. | Descomposición de plasma: Monolith | 23 |
| 3. | Metodología | 24 |
| 3.1. | Estimación de producción de biogás | 24 |
| 3.2. | Estimación de la generación de electricidad a partir de biogás | 24 |
| 3.3. | Diseño del proceso de pirólisis de metano | 25 |
| 3.4. | Dimensionamiento de los equipos del proceso de producción de hidrógeno . . | 25 |
| 3.5. | Evaluación ambiental | 25 |
| 3.6. | Evaluación económica | 25 |
| 4. | Potencial de generación de biogás | 26 |
| 4.1. | Caracterización de los rellenos sanitarios en la Región Metropolitana | 26 |
| 4.1.1. | Condiciones meteorológicas | 28 |
| 4.1.2. | Proyectos de tratamiento de los residuos en los rellenos sanitarios . . | 29 |
| 4.2. | Estimación de producción de biogás | 29 |
| 4.2.1. | Determinación de parámetros | 30 |
| 4.2.1.1. | Tasa de generación de metano | 30 |
| 4.2.1.2. | Potencial de generación de metano | 30 |
| 4.2.1.3. | Residuos | 31 |
| 4.2.2. | Captura de biogás | 34 |
| 4.2.3. | Resultados | 35 |
| 4.2.3.1. | Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 35 |
| 4.2.3.2. | Relleno Sanitario Santa Marta | 37 |
| 4.2.3.3. | Relleno Sanitario Santiago Poniente | 38 |
| 4.2.3.4. | Características generales | 40 |
| 4.3. | Discusiones | 40 |
| 5. | Potencial de generación eléctrico | 42 |
| 5.1. | Estimación potencial eléctrico disponible | 42 |
| 5.1.1. | Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 42 |
| 5.1.2. | Relleno Sanitario Santa Marta | 43 |
| 5.1.3. | Relleno Sanitario Santiago Poniente | 43 |
| 5.2. | Tecnologías disponibles | 44 |
| 5.3. | Estimación potencial eléctrico a instalar | 45 |
| 5.3.1. | Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 45 |
| 5.3.2. | Relleno Sanitario Santa Marta | 47 |
| 5.3.3. | Relleno Sanitario Santiago Poniente | 48 |
| 5.4. | Discusiones | 50 |
| 6. | Producción de hidrógeno | 51 |
| 6.1. | Descripción del proceso | 51 |
| 6.2. | Balance de masa | 54 |
| 6.2.1. | Adsorción I: Dióxido de carbono | 54 |
| 6.2.1.1. | Descripción de corrientes | 54 |
| 6.2.1.2. | Supuestos y cálculos | 55 |
| 6.2.1.3. | Resultados | 55 |
| 6.2.2. | Pirólisis de metano | 56 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.2.2.1. | Descripción de corrientes | 56 |
| 6.2.2.2. | Supuestos y cálculos | 56 |
| 6.2.2.3. | Resultados | 57 |
| 6.2.3. | Adsorción II: Metano | 57 |
| 6.2.3.1. | Descripción de corrientes | 57 |
| 6.2.3.2. | Supuestos y cálculos | 58 |
| 6.2.3.3. | Resultados | 59 |
| 6.2.4. | Resultados por relleno sanitario | 60 |
| 6.2.4.1. | Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 60 |
| 6.2.4.2. | Relleno Sanitario Santa Marta | 60 |
| 6.2.4.3. | Relleno Sanitario Santiago Poniente | 61 |
| 6.3. | Producción de electricidad | 62 |
| 6.3.1. | Resultados | 62 |
| 6.3.1.1. | Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 62 |
| 6.3.1.2. | Relleno Sanitario Santa Marta | 63 |
| 6.3.1.3. | Relleno Sanitario Santiago Poniente | 63 |
| 6.4. | Discusiones | 64 |
| 7. | Dimensionamiento de equipos | 66 |
| 7.1. | Adsorción I: Dióxido de carbono | 66 |
| 7.1.1. | Cálculos y resultados | 66 |
| 7.2. | Pirólisis de metano | 68 |
| 7.2.1. | Cálculos y resultados | 68 |
| 7.3. | Adsorción II: Metano | 69 |
| 7.3.1. | Cálculos y resultados | 69 |
| 7.4. | Resultados por relleno sanitario | 72 |
| 7.4.1. | Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 72 |
| 7.4.2. | Relleno Sanitario Santa Marta | 73 |
| 7.4.3. | Relleno Sanitario Santiago Poniente | 73 |
| 7.5. | Discusiones | 73 |
| 8. | Evaluación ambiental | 75 |
| 8.1. | Aspectos generales | 75 |
| 8.2. | Potencial de calentamiento global | 76 |
| 8.3. | Potencial de toxicidad humana | 78 |
| 8.4. | Discusiones | 81 |
| 9. | Evaluación económica | 82 |
| 9.1. | Estimación de costos de inversión (CAPEX) | 82 |
| 9.1.1. | Caso Base | 82 |
| 9.1.2. | Alternativa 1 | 83 |
| 9.2. | Estimación de costos de operación (OPEX) | 84 |
| 9.2.1. | Caso Base | 84 |
| 9.2.2. | Alternativa 1 | 85 |
| 9.3. | Discusiones | 86 |
| 10. | Conclusiones | 87 |

| | |
|---|------------|
| Bibliografía | 92 |
| Anexos | 93 |
| A. Proyección de residuos | 94 |
| A.1. Tasa de crecimiento de la población | 94 |
| A.2. Resultados proyección de residuos y población atendida | 96 |
| B. Resultados Balance de masa | 98 |
| B.1. Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 99 |
| B.2. Relleno Sanitario Santa Marta | 100 |
| B.3. Relleno Sanitario Santiago Poniente | 101 |
| C. Evaluación Ambiental | 102 |
| C.1. Potencial de Calentamiento Global | 102 |
| C.1.1. Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 102 |
| C.1.2. Relleno Sanitario Santa Marta | 103 |
| C.1.3. Relleno Sanitario Santiago Poniente | 105 |
| C.2. Potencial de Toxicidad Humana | 107 |
| C.2.1. Relleno Sanitario Loma Los Colorados | 107 |
| C.2.2. Relleno Sanitario Santa Marta | 109 |
| C.2.3. Relleno Sanitario Santiago Poniente | 111 |
| D. Evaluación Económica | 114 |
| D.1. CAPEX | 114 |
| D.1.1. Caso base | 114 |
| D.1.2. Alternativa 1 | 114 |
| D.2. OPEX | 115 |
| D.2.1. Caso base | 115 |
| D.2.2. Alternativa 1 | 116 |