



ECOLOGÍA INDUSTRIAL: CERRANDO EL CICLO DE MATERIALES (Serie Eficiencia energética)

Alicia Valero Delgado y Sergio Usón Gil (coordinadores)

Prensas Universitarias de Zaragoza

Textos Docentes, 199

2011, 188 pp., 17 x 23, Rústica

978-84-15274-86-5

20 euros



La ecología industrial es un área multidisciplinar cuyo objetivo es organizar los sistemas industriales de una forma similar a los ecosistemas naturales, e implica una interacción entre industrias (flujos de materia, energía e información) y una relación sostenible con el medio ambiente y la sociedad. Un objetivo fundamental de esta relación entre industrias es el cierre de ciclos de materia. Esto implica la utilización de los residuos de una industria como materias primas para otras, tal y como ocurre en los ecosistemas naturales. Esto permite reducir tanto el consumo de recursos como la producción de residuos.

Índice

PRÓLOGO	7
1. FUNDAMENTOS DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL	9
1.1. ¿Qué es la ecología industrial?	9
1.2. Evolución de la relación entre industria y medio ambiente	10
1.3. Beneficios de la ecología industrial	11
1.4. Nombres diferentes para experiencias similares	13
1.5. Nacimiento de la ecología industrial	13
1.6. Simbiosis industrial	14
1.7. Elementos y herramientas de la simbiosis industrial	15
1.7.1. Energía y materiales incorporados	15
1.7.2. Perspectiva de ciclo de vida	15
1.7.3. Uso en cascada	16
1.7.4. Cierre de ciclos	16
1.7.5. Seguimiento del flujo de materiales	16
1.8. Escala espacial de la simbiosis industrial	17
1.8.1. Tipo 1: Mediante el intercambio de residuos	17
1.8.2. Tipo 2: Dentro de una instalación, empresa u organización	17
1.8.3. Tipo 3: Entre empresas localizadas en un determinado ecoparque industrial	17
1.8.4. Tipo 4: Empresas locales pero no adyacentes	17
1.8.5. Tipo 5: Entre firmas organizadas virtualmente a lo largo de una región más amplia	18
1.9. Aspectos técnicos, regulatorios, empresariales y sociales de la simbiosis industrial	18
1.9.1. Aspectos técnicos	18
1.9.2. Aspectos legales	19
1.9.3. Aspectos empresariales	19
1.9.4. Aspectos sociales	20
1.10. Futuro de la simbiosis industrial	20
2. IMPLEMENTACIÓN DE LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL: ECOPARQUES INDUSTRIALES	23
2.1. Introducción	23
2.2. Simbiosis industrial en Kalundborg	24
2.2.1. Evolución de Kalundborg	27
2.2.2. Las cifras en Kalundborg	31

2.3. Simbiosis industrial en Styria	32
2.4. Perspectivas y otros ejemplos	35
3. ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES	37
3.1. Introducción	37
3.2. Contabilización de entradas y salidas en un AFM	37
3.2.1. Entradas en un AFM	39
3.2.2. Salidas en un AFM	42
3.3. ¿Cómo realizar un AFM?	44
3.4. Ejemplo de cálculo. Análisis de flujo de materiales de una cafetera automática	46
3.5. Indicadores para el análisis de flujo de materiales	50
3.5.1. Absolutos frente a relativos	51
3.5.2. Tipos de indicadores ambientales	51
4. METODOLOGÍA <i>INPUT-OUTPUT</i>	55
4.1. Introducción	55
4.2. Características del análisis <i>input-output</i>	56
4.3. Las tablas <i>input-output</i>	57
4.4. Análisis cuantitativo	59
4.5. Modelo de costes	61
4.5.1. Propiedades de los costes	62
4.6. Extensiones del análisis <i>input-output</i>	64
4.7. Ejemplo de análisis <i>input-output</i> realizado con Excel	65
5. ANÁLISIS EXERGÉTICO E IDENTIFICACIÓN DE IRREVERSIBILIDADES	71
5.1. Introducción	71
5.2. Las leyes de la termodinámica	72
5.2.1. La primera ley de la termodinámica	72
5.2.2. La segunda ley de la termodinámica	73
5.3. La exergía	75
5.4. Eficiencias energéticas y exergéticas	77
5.5. El ambiente de referencia y la exergía química	79
5.6. Identificación de irreversibilidades	82
5.6.1. Caso I. Estrangulación	84
5.6.2. Caso II. Intercambio de calor	85
5.6.3. Caso III. Mezclado	87

6. FUNDAMENTOS DE TERMoeCONOMÍA.	
ANÁLISIS TERMoeCONÓMICO <i>INPUT-OUTPUT</i>	91
6.1. ¿Qué es la termoeconomía?	91
6.2. Propósito y eficiencia	92
6.3. El proceso de formación de los costes	93
6.4. La teoría del coste exergético	96
6.5. El análisis termoeconómico <i>input-output</i>	99
6.6. Ejemplo: sistema de cogeneración	101
6.7. Ejemplo: ecoparque industrial	105
7. POSIBILIDADES DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL	
ENTRE SECTORES INDUSTRIALES	109
7.1. Introducción	109
7.2. Posibilidades de la ecología industrial en el sector del cemento	110
7.2.1. Proceso de fabricación del cemento	110
7.2.2. Valorización energética y material de residuos en el sector del cemento	112
7.3. Posibilidades de la ecología industrial entre sectores industriales	119
7.3.1. Industrias extractivas no energéticas (CNAE 7 y 8)	119
7.3.2. Industria de la alimentación y bebidas (CNAE 10 y 11)	122
7.3.3. Industria del papel (CNAE 17)	127
7.3.4. La industria química y farmacéutica (CNAE 20 y 21)	130
7.3.5. Industria de la fabricación de productos minerales no metálicos (CNAE 23)	133
7.3.6. Metalurgia y fabricación de productos metálicos (CNAE 24 y 25)	136
8. POSIBILIDADES DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL	
EN ECOVERTEDEROS Y DEPURADORAS	
DE AGUAS RESIDUALES	141
8.1. Introducción	141
8.2. Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos	142
8.2.1. Tratamiento mecánico-biológico de los RSU	144
8.3. La «fracción resto»	146
8.3.1. Métodos térmicos de aprovechamiento de la «fracción resto»	146
8.4. Combustibles alternativos: CDR/CSR	147
8.4.1. Definición, clasificación y origen	147
8.4.2. Obtención de CDR/CSR a partir de los RSU	150
8.4.3. Estándares europeos	151
8.4.4. Valorización energética en hornos de clínker de cemento	152

8.5. Caso de estudio: el ecovertedero de Zaragoza	155
8.6. Estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas	156
8.6.1. Situación de los lodos de depuradora en España	160
8.6.2. Valorización energética con lodos de depuradora	161
ANEXO	169
Experiencias reales de valorización. El caso de CEMEX	171
BIBLIOGRAFÍA	179