

BIODIGESTORES

**DIMENSIONAMIENTO, DISEÑO
Y CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTORES Y
PLANTAS DE BIOGÁS**



**MANUAL PRÁCTICO
DE DISEÑO**

PROLOGO

Hace más de 100 años, la biomasa de origen animal o vegetal era la fuente de energía más importante para la humanidad y en ella se basaba la producción industrial. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía. Mientras que en los países desarrollados ubicados en América del Norte y en Europa, la energía renovable y el aprovechamiento de los desechos agropecuarios esta en boga, en muchos países en vías de desarrollo esta fuente de energía provoca, en muchos casos, problemas medioambientales como la contaminación y deforestación.

Una de las maneras de contrarrestar el calentamiento global y transformar este residuo contaminante en un recurso valioso, es su aprovechamiento controlado en biodigestores para la producción y captación de biogás, su aprovechamiento energético y la producción de fertilizante orgánico. El aprovechamiento de la biomasa es de importancia para sustituir las tradicionales fuentes energéticas no renovables, escasas y costosas, convirtiendo la explotación agropecuaria en una actividad económica más rentable y menos contaminante.

En este libro se tratan todos los fundamentos técnicos de la digestión anaeróbica, el aprovechamiento de desechos agroindustriales, también considerando los desechos que se producen en Latino América, como las vinazas, efluentes de extractoras de aceite de palma africana, gallinaza, estiércol de cerdo y ganado, forrajes, etc.

Se exponen ampliamente las bases del dimensionamiento de biodigestores y plantas de biogás y se presentan los criterios de diseño, esquemas, diagramas y ejemplos reales para el diseño de biodigestores y sus estructuras auxiliares como tanques de mezcla y entrada, sistemas de bombeo, tuberías de captación de biogás, sistemas de purificación de H₂S, válvulas de seguridad, sistemas de generación de energía eléctrica y calor, análisis financiero, rentabilidad, etc.

Este libro se basa en mas de 20 años de experiencia en el dimensionamiento y diseño de plantas de biogás para la producción de energía eléctrica y calorífica y fertilizante orgánico. Se ha escrito mayormente para el diseño de digestores semi industriales e industriales, pero debido a la amplitud y detalles de los conceptos técnicos expuestos, se lo puede utilizar también para el dimensionamiento de digestores domésticos.

El libro trata también la construcción de biodigestores utilizando materiales de construcción muy utilizados en Latino América, como geomembrana, hormigón, ladrillo, etc.

CONTENIDO

Capitulo 1

APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA

Capitulo 2

LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA

Capitulo 3

BIOMASA Y PRODUCCION DE BIOGÁS

Capitulo 4

CLASIFICACIÓN DE LOS BIODIGESTORES

Capitulo 5

ACONDICIONAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS

Capitulo 6

DIMENSIONAMIENTO DE BIODIGESTORES

Capitulo 7

DISEÑO DE BIODIGESTORES Y ESTRUCTURAS AUXILIARES

Capitulo 8

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BIODIGESTORES

Capitulo 9

APROVECHAMIENTO DE BIOABONO

Capitulo 10

ANALISIS FINANCIERO Y RENTABILIDAD

Capitulo 11

DIGESTORES Y EL PROTOCOLO DE KYOTO

Capitulo 12

APLICACIÓN DEL SOFTWARE BIODIGESTOR



EDICIÓN: Aqualimpia Beratende Ingenieure
AUTOR: Dipl. Ing. Sanitario Ambiental – Ing. Civil Gabriel Moncayo Romero
DISEÑO GRÁFICO: Ing. Gunther Zimmerman
ILUSTRACIONES: GeoCad - Diseño gráfico
ISBN: 978-9942-01-719-2



Version 1: 06/2008

Dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de
biogás – Dipl. Ing. Gabriel Moncayo Romero

3

INDICE

CAPITULO 1: APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Historia de la aplicación del biogás..... | 39 |
| 1.2 | Los biodigestores en el siglo 21 | 42 |
| 1.3 | Beneficios que aportan los biodigestores | 45 |

CAPITULO 2: LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1 | Características del proceso..... | 53 |
| 2.2 | Principales factores que influyen la producción del biogás..... | 61 |
| 2.2.1 | Ausencia de oxígeno | 62 |
| 2.2.2 | Tipo y calidad de biomasa | 63 |
| 2.2.3 | Almacenamiento | 67 |
| 2.2.4 | Preparación de la biomasa | 67 |
| 2.2.5 | Clasificación, eliminación de materia extraña | 68 |
| 2.2.6 | Higienización..... | 68 |
| 2.2.7 | Troceado, trillado de la biomasa | 69 |
| 2.2.8 | Mezcla y homogenización..... | 70 |
| 2.2.9 | Alimentación del digestor | 71 |
| 2.2.10 | Masa seca (MS) | 71 |
| 2.2.11 | Masa volátil (MV)..... | 73 |
| 2.2.12 | Carga orgánica volumétrica (COV) | 74 |
| 2.2.13 | Temperatura del proceso | 76 |
| 2.2.14 | Tiempos de retención hidráulica (TRH) | 83 |
| 2.2.15 | Acidez | 88 |
| 2.2.16 | Alcalinidad..... | 90 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 2.2.17 | Porcentaje de de degradación..... | 91 |
| 2.2.18 | Nutrientes | 93 |
| 2.2.19 | Agitación - mezclado | 93 |
| 2.3 | Factores que inhiben la producción de biogás | 95 |
| 2.3.1 | Nitrógeno amoniacal..... | 98 |
| 2.3.2 | Ácidos grasos volátiles..... | 101 |
| 2.3.3 | Ácidos grasos de cadena larga | 102 |
| 2.3.4 | Compuestos azufrados en los sistemas anaerobios | 102 |
| 2.3.5 | Cationes y metales pesados..... | 104 |
| 2.3.6 | Desinfectantes y antibióticos | 107 |
| 2.3.7 | Sulfatos..... | 110 |

CAPITULO 3: BIOMASA Y PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

| | | |
|--------|---|------------|
| 3.1 | Desechos agropecuarios..... | 130 |
| 3.1.1 | Estiércol de cerdo | 141 |
| 3.1.2 | Estiércol de ganado | 154 |
| 3.1.3 | Gallinaza o pollinaza | 160 |
| 3.2 | Desechos agroindustriales..... | 170 |
| 3.2.1 | Desechos de agroindustria de proceso de hortalizas | 173 |
| 3.2.2 | Desechos de procesadoras de lácteos | 175 |
| 3.2.3 | Desechos de industria aceitera y grasas, proceso de..... semillas..... | 181 181 |
| 3.2.4 | Desechos de beneficios de café | 182 |
| 3.2.5 | Desechos de industria pesquera | 182 |
| 3.2.6 | Aprovechamiento de efluentes y desechos producidos en..... procesadoras de carnes y mataderos..... | 183 183 |
| 3.2.7 | Aprovechamiento de vinazas en biodigestores..... | 192 |
| 3.2.8 | Aprovechamiento de efluentes producidos en extractoras..... de aceite de palma africana | 202 202 |
| 3.2.9 | Aprovechamiento de desechos de ingenios azucareros | 204 |
| 3.2.10 | Desechos de procesadoras de pollos | 206 |

| | | |
|--------|---|------------|
| 3.2.11 | Desechos de procesadoras de frutas..... | 206 |
| 3.3 | Cultivos energéticos | 209 |
| 3.3.1 | Maíz y forrajes..... | 213 |
| 3.3.2 | Topinambur | 216 |
| 3.3.3 | Pasto sudan | 218 |
| 3.3.4 | Planta piloto para cultivos energéticos..... | 220 |
| 3.4 | Importancia de la co-digestión..... | 223 |
| 3.4.1 | Producción de biogás y co-digestión..... | 232 |
| 3.5 | Características que definen a la biomasa | 235 |
| 3.5.1 | Contenido de masa seca (MS)..... | 235 |
| 3.5.2 | Contenido de masa volátil (MV) | 236 |
| 3.5.3 | Demanda química de oxígeno DQO..... | 237 |
| 3.5.4 | Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ | 237 |
| 3.5.5 | Relación carbono – nitrógeno (C:N) | 238 |
| 3.5.6 | Biodegradabilidad de desechos orgánicos | 241 |
| 3.6 | Producción de biogás | 242 |
| 3.6.1 | Cálculo de la producción de biogás en base a la..... concentración de DQO | 250 250 |
| 3.6.2 | Ejemplo de cálculo de la producción de biogás para el..... aprovechamiento de aguas residuales en un biodigestor | 254 254 |
| 3.7 | Calidad del biogás | 264 |
| 3.8 | Producción de lodos | 264 |

CAPITULO 4: CLASIFICACIÓN DE LOS BIODIGESTORES

| | | |
|-----|--|-----|
| 4.1 | Digestores carga en batch..... | 268 |
| 4.2 | Digestores de regimen semicontinuo | 269 |
| 4.3 | De regimen continuo | 269 |
| 4.4 | Completamente mezclados | 271 |
| 4.5 | Digestores de dos etapas | 272 |
| 4.6 | Digestión seca | 274 |

CAPITULO 5: ACONDICIONAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.1 | Características del biogás | 276 |
| 5.2 | Propiedades de los gases | 281 |
| 5.3 | Acondicionamiento del biogás | 285 |
| 5.4 | Purificación de biogás | 286 |
| 5.4.1 | Agresividad del H ₂ S..... | 288 |
| 5.4.2 | Reducción de CO ₂ | 291 |
| 5.4.3 | Problemas que causa el alto contenido de H ₂ S..... | 292 |
| 5.5 | Sistemas de purificación H ₂ S | 296 |
| 5.5.1 | Selección del proceso más adecuado..... | 297 |
| 5.5.2 | Purificación biológica del biogás – remoción de H ₂ S..... | 299 |
| 5.5.3 | Filtros biológicos..... | 308 |
| 5.5.4 | Filtros biolavadores | 318 |
| 5.5.5 | Filtros de carbón activado | 321 |
| 5.5.6 | Filtro de limallas o esponjas de hierro | 329 |
| 5.6 | Reducción de humedad | 338 |
| 5.7 | Aprovechamiento energético del biogás | 342 |
| 5.7.1 | Generación de energía eléctrica | 349 |
| 5.7.2 | Producción de energía eléctrica en generadores..... | 352 |
| 5.7.3 | Aprovechamiento de biogás en calderas..... | 353 |
| 5.8 | Recuperación de calor de los generadores..... | 356 |
| 5.9 | Aprovechamiento de biogás en transporte publico..... | 358 |

CAPITULO 6: DIMENSIONAMIENTO DE BIODIGESTORES

| | | |
|-----|--|-----|
| 6.1 | Tipo y disponibilidad de biomasa..... | 363 |
| 6.2 | Características físico-químicas..... | 366 |
| 6.3 | Temperatura de la biomasa y del medio ambiente | 367 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 6.4 | Selección del tiempo de retención hidráulica (TRH)..... | 369 |
| 6.5 | Ubicación geográfica - Latitud, longitud y altitud | 375 |
| 6.6 | Energía requerida | 376 |
| 6.7 | Carga orgánica volumétrica (COV)..... | 377 |
| 6.8 | Dimensionamiento planta de biogás | 380 |
| 6.8.1 | Tanques de alimentación..... | 380 |
| 6.8.2 | Sistema de alimentación..... | 382 |
| 6.8.3 | Dimensionamiento del digestor | 382 |
| 6.8.4 | Tanques de descarga | 385 |
| 6.8.5 | Lecho de secado de lodos..... | 386 |
| 6.8.6 | Tuberías de captación de biogás | 387 |
| 6.8.7 | Sistemas de purificación de biogás | 388 |
| 6.8.8 | Tanques de almacenamiento de biogás..... | 388 |
| 6.8.9 | Generación de energía eléctrica y/o calorífica | 393 |
| 6.8.10 | Dimensionamiento de antorchas | 398 |
| 6.9 | Preparación de estudios de factibilidad y diseños | 399 |
| 6.10 | Selección de materiales de construcción | 400 |
| 6.11 | Ejemplos de plantas de biogas | 402 |

CAPITULO 7: DISEÑO DE BIODIGESTORES Y ESTRUCTURAS AUXILIARES

| | | |
|-------|---|-----|
| 7.1 | Biodigestores..... | 422 |
| 7.1.1 | Ubicación de los digestores..... | 428 |
| 7.1.2 | Digestores de hormigón | 432 |
| 7.1.2 | Digestores de hormigón | 433 |
| 7.1.3 | Recomendaciones para las construcciones de hormigón | 439 |
| 7.1.4 | Digestores de geomebrana HDPE | 442 |
| 7.1.5 | Digestores de acero | 469 |
| 7.2 | Cubiertas de EPDM | 470 |
| 7.3 | Aislamiento de los digestores..... | 480 |
| 7.4 | Calefacción de los digestores..... | 484 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 7.5 | Descarte de lodos y bioabono | 489 |
| 7.6 | Tanques de alimentación..... | 494 |
| 7.7 | Equipamiento para la alimentación de biomasa | 498 |
| 7.8 | Sistemas de bombeo..... | 506 |
| 7.9 | Tuberías de captación y conducción de biogás..... | 508 |
| 7.10 | Agitadores..... | 513 |
| 7.10.1 | Agitadores verticales | 516 |
| 7.10.2 | Agitadores verticales con motor sumergido | 519 |
| 7.10.3 | Agitadores horizontales..... | 522 |
| 7.10.4 | Agitadores inclinados | 526 |
| 7.11 | Tanque de descarga | 527 |
| 7.12 | Lecho de secado de lodos..... | 529 |
| 7.13 | Tuberías de conducción | 539 |
| 7.14 | Sistema de control del proceso | 543 |
| 7.15 | Antorchas para quema del biogás..... | 553 |
| 7.15 | Antorchas para quema del biogás..... | 553 |
| 7.16 | Sistema corta llamas..... | 556 |
| 7.17 | Almacenamiento de biogás | 559 |
| 7.18 | Tramo de calibración de biogás..... | 565 |
| 7.19 | Eliminación de condensados y válvulas de control de | 568 |
| | sobre presión..... | 568 |
| 7.20 | Sopladores | 571 |
| 7.21 | Sistemas de generación de energía eléctrica..... | 573 |
| 7.21.1 | Aprovechamiento en motores y generadores | 574 |
| 7.21.2 | Eficiencia de motores y unidades de cogeneración | 577 |
| 7.21.3 | Aprovechamiento en motores diesel | 580 |
| 7.21.4 | Adecuación de motores de gasolina para que | 581 |
| | funcionen con biogás | 581 |
| 7.21.5 | Aprovechamiento en microturbinas | 582 |
| 7.21.6 | Sistemas de cogeneración | 582 |
| 7.21.7 | Casa de máquinas | 584 |
| 7.21.8 | Circuito de salida de los gases de escape..... | 589 |
| 7.21.9 | Sistemas de seguridad para los generadores | 590 |
| 7.22 | alimentación a la red pública de energía eléctrica..... | 591 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 7.22.1 | Tarifas de conexión y costos de generación..... | 591 |
| 7.22.2 | La interconexión a la red pública..... | 595 |
| 7.23 | Sistemas de seguridad | 596 |
| 7.24 | Zonas de seguridad..... | 602 |

CAPITULO 8: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BIODIGESTORES

| | | |
|-----|--|-----|
| 8.1 | Puesta en marcha..... | 610 |
| 8.2 | Operación..... | 614 |
| 8.3 | Mantenimiento | 617 |
| 8.4 | Higiene y salud en la operación de digestores..... | 622 |
| 8.5 | Reglas de seguridad | 623 |
| 8.6 | Remediación de problemas..... | 626 |

CAPITULO 9: APROVECHAMIENTO DE BIOABONO

CAPITULO 10: ANALISIS FINANCIERO Y RENTABILIDAD

| | | |
|-------|---|-----|
| 10.1 | Costos de inversión para la planta de biogás | 646 |
| 10.2 | Depreciación de las instalaciones | 649 |
| 10.3 | Costos de Operación y Mantenimiento (CO&M)..... | 650 |
| 10.4 | Ingresos por la generación de energía eléctrica | 653 |
| 10.5 | Ingresos por MDL | 654 |
| 10.6 | Ingresos por venta de bioabono | 656 |
| 10.7 | Costos de producción de energía eléctrica | 657 |
| 10.8 | Costos Capitales (aKK)..... | 657 |
| 10.9 | Gastos de Producción (aB) | 658 |
| 10.10 | Costos Mano de Obra | 659 |

| | | |
|-------|--------------------------------|-----|
| 10.11 | Costos Biomasa (aKB)..... | 660 |
| 10.12 | Análisis costo beneficio | 660 |
| 10.13 | Costos de construcción | 661 |

CAPITULO 11: LOS BIODIGESTORES Y EL PROTOCOLO DE KYOTO

| | | |
|------|---|-----|
| 11.1 | Proyectos MDL | 666 |
| 11.2 | ¿Cómo funciona el MDL? | 669 |
| 11.3 | Porque califican los biodigestores como proyectos MDL? | 669 |
| 11.4 | Mercado de emisiones | 670 |
| 11.5 | Negociación de los CERs | 672 |
| 11.6 | El trámite de los proyectos MDL..... | 672 |
| 11.7 | Cómo es el ciclo de un proyecto en el marco de las Medidas para el (MDL)..... | 675 |
| 11.8 | Los costos de transacción de un proyecto MDL..... | 676 |

CAPITULO 12: UTILIZACIÓN DE SOFTWARE: PROGRAMA BIODIGESTOR

LISTADOS DE TABLAS, FOTOS Y FIGURAS

Dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de
biogás – Dipl. Ing. Gabriel Moncayo Romero

12

| Listado de tablas | | |
|-------------------|---|--------|
| Nº | Descripción | Página |
| 1 | Ventajas de la digestión anaeróbica | 59 |
| 2 | Valores mínimos de parámetros físicos y químicos necesarios para la digestión anaeróbica | 62 |
| 3 | Análisis masa seca proyecto en Chile | 72 |
| 4 | Contenido de agua diferentes sustratos | 73 |
| 5 | Temperatura óptima máxima, parámetros cinéticos de crecimiento de diferentes cultivos metano genéticos acetoclásticos (Van Lier 1993) | 78 |
| 6 | Degradación de la biomasa en relación de temperatura de procesos de TRH | 92 |
| 7 | Rangos de concentración de nutrientes, necesarios para el correcto crecimiento de bacterias anaerobias. | 93 |
| 8 | Concentración mínima de elementos, necesaria para la metanogénesis y factores ambientales. | 98 |
| 9 | Concentración inhibidora de amonios como N (mg/l) | 100 |
| 10 | Efecto de la concentración de algunos cationes (14) | 101 |
| 11 | Concentración límite de cationes en sistemas anaerobios | 105 |
| 12 | Concentración de inhibición y toxicidad de metales pesados | 106 |
| 13 | Concentración inhibidora de metales pesados en procesos anaeróbicos | 106 |
| 14 | Toxicidad de antibióticos en la producción de biogás | 108 |
| 15 | Producción de biogás estiércoles, cerdo ganado y gallinaza | 131 |
| 16 | Resultados de análisis FQ en estiércol de animales | 132 |
| 17 | Características físico químicas promedio de estiércol de animales | 132 |
| 18 | Contenido de metales pesados | 133 |
| 19 | Producción de biogás y nutrientes – valores referenciales | 133 |
| 20 | Producción de biogás – excrementos de animales | 134 |
| 21 | Producción anual de estiércol (Kg./PVA.a) y % de MS-MV y N | 135 |
| 22 | Producción anual (Kg./PVA/a) y porcentajes | 136 |
| 23 | Estiércol y heces por animal y por día y producción de biogás | 136 |
| 24 | Características físico químicas de excrementos animales | 137 |
| 25 | Producción de estiércol – biogás para diferentes tipo de animal - base peso de animal | 137 |

| | | |
|----|--|-----|
| 26 | Producción de nitrógeno y estiércol de varios tipos de animales por plaza de animal | 139 |
| 27 | Producción de heces y orinas de cerdos | 140 |
| 28 | Composición típica de los purines porcinos frescos y digeridos anaeróbicamente | 143 |
| 29 | Cerdos – producción de excretas según el estado del animal | 143 |
| 30 | Ejemplo de producción húmeda total (heces y orina)/día para varios tipos de cerdos | 145 |
| 31 | Composición de totales | 145 |
| 32 | Rendimientos de purines de cerdo aprovechados en biodigestores, temperatura en el digestor 35°C TRH 20 días | 146 |
| 33 | Contenidos de nutrientes estiércol de cerdo | 147 |
| 34 | Porcentajes de MS, MV y producción de biogás de purín de cerdo | 148 |
| 35 | Análisis físico químico de afluentes a las lagunas de oxidación y cargas contaminantes | 150 |
| 36 | Producción de biogás y energía eléctrica | 151 |
| 37 | Producción de estiércol y nutrientes ganado vacuno | 157 |
| 38 | Producción de biogás – excrementos de animales | 159 |
| 39 | Porcentajes de MS, MV y producción de biogás, vacuno | 159 |
| 40 | Composición promedio de la gallinaza | 162 |
| 41 | Relación C/N gallinaza y % de degradación | 163 |
| 42 | Gallinaza - Contenido de metales pesados | 164 |
| 43 | Porcentajes de MS, MV y producción de biogás, gallinaza | 164 |
| 44 | Producción de biogás – pollos y gallinas | 165 |
| 45 | Consumo balanceado (año 2005 – 2006) | 167 |
| 46 | Análisis físico químico gallinaza | 168 |
| 47 | Contenido de MS, MV, nutrientes y biogás de varios sustratos | 171 |
| 48 | Carga de los residuos líquidos de diversos procesos de la industria de hortalizas | 174 |
| 49 | Pérdidas de producto generadas en industriales lácteas modernas | 177 |
| 50 | Pérdidas de productos generados en industrias lácteas bajo condiciones estándares, expresadas como porcentaje del volumen de leche grasa o suero procesado | 178 |
| 51 | Resultados de un análisis físico químico a desechos lecheros | 179 |
| 52 | Rendimiento digestor a flujo de 3/d | 180 |

| | | |
|----|--|-----|
| 53 | Contenido de contaminantes aguas de industria aceitera | 181 |
| 54 | Caracterización de los RILES de la industria pesquera | 183 |
| 55 | Concentraciones de contaminantes en residuos líquidos de fábricas de cecinas | 184 |
| 56 | Concentración de contaminantes en las aguas residuales en procesadora | 184 |
| 57 | Análisis físico químico de desechos en matadero A | 184 |
| 58 | Resultados de análisis físico químico de desechos en matadero B | 185 |
| 59 | Resultados medidos en análisis físico químicos de mataderos y fábricas de cenizas | 186 |
| 60 | Parámetros característicos de aguas de mataderos | 187 |
| 61 | Características físico químicas de los desechos | 188 |
| 62 | Producción de biogás | 189 |
| 63 | Características del rúmen y producción de biogás | 191 |
| 64 | Generación mensual de residuos el matadero | 192 |
| 65 | Características físico - químicas de los lotes de vinazas obtenidos a partir de azúcar mascabado y melazas | 192 |
| 66 | Análisis físico químico de afluentes y efluentes de un biodigestor | 199 |
| 67 | Caracterización de efluentes de la producción de alcohol | 200 |
| 68 | Características de aguas residuales de producción de azúcar y alcohol | 204 |
| 69 | Características físico químicas diferentes sustratos industria azucarera | 205 |
| 70 | Calidad de agua residual en la producción de levadura | 205 |
| 71 | Demanda de agua y DBO procesadoras de pollos | 206 |
| 72 | Carga de los residuos líquidos de diversos procesos de la industria de frutas | 207 |
| 73 | Desechos de mercados, frutas | 208 |
| 74 | Producción de biogás de cultivos energéticos | 209 |
| 75 | Contenido de proteínas y nitrógeno de cultivos energéticos | 210 |
| 76 | Producción de biogás de varios cultivos energéticos | 211 |
| 77 | Contenido de MS, MV producción de biogás | 214 |
| 78 | Contenido de metales forrajes | 215 |
| 79 | Maíz, contenido de masa seca y volátil dependiendo de la época de cosecha | 216 |
| 80 | Producción de biogás | 235 |
| 81 | Relación C/N varios tipos de desechos agroindustriales | 240 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 82 | Relación C/N varios tipos de estiércol | 241 |
| 83 | Producción de biogás de varios tipos de biomasa | 243 |
| 84 | Componentes del biogás y producción de diferentes tipos de biomasa | 244 |
| 85 | Producción de biogás diferentes tipos de biomasa | 246 |
| 86 | Producción de biogás y metano de varios sustratos a un TRH de 20 días y una temperatura de 30°C | 247 |
| 87 | Producción de biogás y gas metano de diferentes co-sustratos | 248 |
| 88 | Estimación de la producción de metano aprovechando aguas residuales | 254 |
| 89 | Coeficiente de distribución de varios componentes de biogás | 256 |
| 90 | Estimación de la composición del biogás | 263 |
| 91 | Composición del biogás | 277 |
| 92 | Equivalencias energéticas 1m ³ de biogás | 277 |
| 93 | Características del biogás y comparación con otros gases | 278 |
| 94 | Contenido de CH ₄ y CO ₂ | 279 |
| 95 | Características de los componentes del biogás | 280 |
| 96 | Requerimientos mínimos del biogás para su aprovechamiento energético | 286 |
| 97 | Componentes contaminantes del biogás | 288 |
| 98 | Otras versiones | 293 |
| 99 | Concentraciones de H ₂ S y daños a la salud | 295 |
| 100 | Características de los carbones activados | 324 |
| 101 | Parámetros de diseño de un absorbedor de carbón activado | 328 |
| 102 | Parámetros necesarios para análisis físico químico | 344 |
| 103 | Contaminantes contenidos en el biogás | 348 |
| 104 | Ejemplo de requerimientos de energía eléctrica digestores | 353 |
| 105 | Características calderas de biogás | 354 |
| 106 | Parámetros para conversión | 354 |
| 107 | Equivalencias energéticas | 355 |
| 108 | TRH en relación de temperatura del digestor | 371 |
| 109 | Producción de biogás para diferentes tipos de biomasa en relación a TRH | 373 |
| 110 | Degradación de biomasa en relación de temperatura de proceso TRH | 374 |
| 111 | Cálculo de la cov para una mezcla de sustrato para digestor v=2000m ³ | 378 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 112 | Ejemplo de dimensionamiento de volumen requerido para almacenamiento de biogás | 389 |
| 113 | Ejemplo de cálculo producción de energía eléctrica biodigestor | 395 |
| 114 | Ejemplo de dimensionamiento como se efectúa en Alemania en base a VAE | 397 |
| 115 | Criterios de selección – tipo de biodigestor | 400 |
| 116 | Especificaciones mínimas geomembrana de HDPE | 453 |
| 117 | Especificaciones técnicas membrana EPDM de cubierta biodigestores | 475 |
| 118 | Especificaciones de aislantes térmicos | 483 |
| 119 | Tanques de mezcla y homogenización - alimentación | 494 |
| 120 | Especificaciones técnicas del sistema de antorchas | 555 |
| 121 | Especificaciones para la construcción de tanques de almacenamiento de biogás de EPDM | 563 |
| 122 | Especificaciones para tanques de almacenamiento de biogás | 564 |
| 123 | Características de motores | 574 |
| 124 | Precio pagado por energías renovables | 594 |
| 125 | Zonas de seguridad | 603 |
| 126 | Letreros de seguridad | 606 |
| 127 | Remediación de problema | 627 |
| 128 | Mal funcionamiento y remediación | 629 |
| 129 | Fertilizante orgánico – contenidos de nutrientes | 635 |
| 130 | Producción de N, P, K en varios tipos de excrementos animales | 635 |
| 131 | Efecto del uso de efluentes de biodigestores sobre el rendimiento en las cosechas de varios cultivos | 639 |
| 132 | Contenido de fertilizantes de bioabono | 642 |
| 133 | Porcentajes de depreciación de instalaciones | 649 |
| 134 | Porcentajes por mantenimiento y reparaciones | 651 |
| 135 | Costos de obras civiles y equipo electromecánico | 662 |
| 136 | Gases con efecto invernadero | 665 |
| 137 | Fases del proyecto | 672 |
| 138 | Costos de transacción proyectos MDL | 676 |

| Listado de fotos | | |
|------------------|---|--------|
| Nº | Descripción | Página |
| 1 | Aprovechamiento de desechos de restaurantes en Hamburgo - Alemania | 36 |
| 2 | Calentamiento Global | 38 |
| 3 | Planta de biogás "Nawaro BioEnergie AG" | 42 |
| 4 | Planta de biogás en Nicaragua | 44 |
| 5 | Tewe (Alemania) Tanques de higienización de desechos de restaurantes | 69 |
| 6 | Trilladoras Strautmann (Alemania) | 70 |
| 7 | Restos de verduras para ser aprovechados en un biodigestor en Chile | 119 |
| 8 | Aprovechamiento de verduras en digestor en Alemania | 119 |
| 9 | Forraje de pasto aprovechado en digestores en Alemania | 120 |
| 10 | Estiércol de ganado en república Dominicana | 122 |
| 11 | Gallinaza se vierte al medio ambiente - Ecuador | 123 |
| 12 | Desechos domiciliarios urbanos y producción de Biogás en Ambato/Ecuador | 124 |
| 13 | Contaminación | 128 |
| 14 | Separador de sólidos en granja porcina | 152 |
| 15 | Separador de sólidos industriales | 153 |
| 16 | Feedlot y establos. | 156 |
| 17 | Criadero de pollos en piso y en jaulas | 168 |
| 18 | Pollos de engorde en piso | 169 |
| 19 | Desechos orgánicos en fábrica de conservas en el Perú | 173 |
| 20 | Desechos de industria lechera | 176 |
| 21 | Biodigestor en Dinamarca para producción de biogás | 180 |
| 22 | Producción de desechos | 187 |
| 23 | Composición y recolección artesanal del rúmen | 191 |
| 24 | Producción de vinazas en ingenio azucarero Cartavio – Perú | 194 |
| 25 | Descarga de vinazas en laguna de oxidación | 192 |
| 26 | Maíz forrajero | 135 |
| 27 | Topinambur | 217 |
| 28 | pasto sudan | 219 |
| 29 | Planta Piloto Chile | 222 |
| 30 | Planta Piloto construcción de agitador - Ecuador | 223 |

| | | |
|----|---|-----|
| 31 | Entre piso de maderas para depósito de azufre elemental | 299 |
| 32 | Compresores para suministro de oxígeno | 300 |
| 33 | vigas para depósito de azufre elemental | 300 |
| 34 | Filtros biológicos remoción H ₂ S | 309 |
| 35 | Filtros biolavadores | 319 |
| 36 | Filtros de carbón activado | 321 |
| 37 | Filtros de carbón activado, Q biogás = 2x500m ³ /h | 322 |
| 38 | Filtros de limallas de hierro | 330 |
| 39 | Fotos biofiltros | 337 |
| 40 | Reductores de humedad y condensados | 338 |
| 41 | Generadores Guascor para Biogás | 350 |
| 42 | Gasolinera de biogás en Alemania | 358 |
| 43 | Confinamiento de cerdos sobre piso | 364 |
| 44 | Sicos para almacenamiento de forrajes de maíz | 365 |
| 45 | Vinazas producidas en el ingenio azucarero Cartavio - Perú | 368 |
| 46 | Lecho de secado de lodos | 387 |
| 47 | Tanques de almacenamiento biogás | 393 |
| 48 | Planta de biogás Senftenberg - Alemania | 407 |
| 49 | Planta de biogás Juneda | 408 |
| 50 | Planta de biogás Kogel - Alemania | 410 |
| 51 | Interior de un digestor | 413 |
| 52 | Planta de biogás Grundorf - Alemania | 414 |
| 53 | Recolección de diferentes tipos de biomasa | 416 |
| 54 | Planta de biogás en zona rural | 417 |
| 55 | Construcción de drenajes para biodigestor | 418 |
| 56 | Planta de biogás Seftenberg/Alemania | 422 |
| 57 | Ojo de buey o ventanilla de inspección | 424 |
| 58 | Planta de biogás | 425 |
| 59 | Lagunas de oxidación vinazas. Ingenio azucarero Cartavio - Perú | 426 |
| 60 | Planta de biogás diseñada y construida por ENTEC GMBH | 427 |
| 61 | Canal de recolección de estiércol de ganado y de cerdo | 429 |

| | | |
|----|---|-----|
| 62 | Construcción de taludes digestor Latacunga/Ecuador | 432 |
| 63 | Digestores de hormigón armado construidos en Alemania | 434 |
| 64 | Construcción de digestores en Alemania | 437 |
| 65 | Construcción de cimentación de digestores de hormigón | 438 |
| 66 | Construcción de digestores de hormigón | 438 |
| 67 | Tanques de hormigón armado en Alemania | 439 |
| 68 | Planta de biogás en Finlandia – Estructuras de hormigón armado | 441 |
| 69 | Digestor de geomembrana EPDM | 442 |
| 70 | Lagunas para almacenamiento de agua construidas en el Ecuador | 444 |
| 71 | Colocación de geomembrana y tuberías de alimentación | 445 |
| 72 | Tuberías de alimentación captación de biogás | 445 |
| 73 | Colocación de la geomembrana | 446 |
| 74 | Sellado de geomembrana. Emin Perú | 447 |
| 75 | Colocación de la geomembrana | 448 |
| 76 | Colocación de la cubierta | 449 |
| 77 | Colocación de la geomembrana y cubierta en digestores de gran tamaño | 451 |
| 78 | Cubierta no inflada por presión de biogás-succión de lodos | 452 |
| 79 | Canal sello hidráulico para amarre de la membrana de cubierta | 459 |
| 80 | Tuberías de captación de biogás | 460 |
| 81 | Captación de biogás | 460 |
| 82 | Colocación de geomembrana | 464 |
| 83 | Digestor de geomembrana construido en Brasil, cubierta EPDM | 469 |
| 84 | Digestores de acero inoxidable. Luetke - Alemania | 470 |
| 85 | Digestores con cubierta de EPDM | 471 |
| 86 | Base de madera para depósito de azufre elemental y soporte de la membrana | 474 |
| 87 | Colocación de la membrana de EPDM | 477 |
| 88 | Biodigestores con cúpula de EPDM | 479 |
| 89 | Aislamiento de digestor de acero | 481 |
| 90 | Instalación de sistemas de calefacción | 485 |
| 91 | Sistemas de calefacción | 486 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 92 | Descarte de biol | 490 |
| 93 | Descarga de fondo en biodigestores de acero | 490 |
| 94 | Tanques de alimentación | 495 |
| 95 | Sistema de agitación para tanque de homogenización | 496 |
| 96 | Sistema de mezcla | 497 |
| 97 | Alimentación por gravedad. Plataforma para llegada de tractores o tolvas | 500 |
| 98 | Sistemas de alimentación con bombas de tornillo sin fin | 501 |
| 99 | Alternativa para alimentación | 502 |
| 100 | Ejemplos de alimentación | 502 |
| 101 | Alimentación por medio de tornillo sin fin | 503 |
| 102 | Tanque de alimentación digestor alemán | 504 |
| 103 | Sistemas de alimentación - tornillo sin fin | 505 |
| 104 | Bombas alimentación digestores | 506 |
| 105 | Valvulería, bombas y accesorios | 507 |
| 106 | Bomba de acero. Tewe, Alemania | 508 |
| 107 | Accesorios, válvulas de cierre neumáticas y manuales. Tewe, Alemania | 508 |
| 108 | Instalación de tuberías biogás | 509 |
| 109 | Válvulas de sobre presión | 511 |
| 110 | Tuberías de captación de biogás | 512 |
| 111 | Agitadores verticales | 516 |
| 112 | Sistema vertical de agitación digestores cubierta hormigón | 517 |
| 113 | Sistema vertical de agitación digestores cubierta EPDM | 518 |
| 114 | Agitadores | 520 |
| 115 | Motores externos agitadores | 521 |
| 116 | Motor Externo Agitador | 522 |
| 117 | Agitador horizontal | 523 |
| 118 | Agitadores verticales construidos en Alemania | 524 |
| 119 | Agitadores inclinados | 527 |
| 120 | Lechos de secado de lodos | 531 |
| 121 | Lecho de secado de lodos para digestor pequeño (500m3) | 532 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 122 | Lecho de secado de lodos para planta de biogás de 5000m3 | 533 |
| 123 | Lecho de secados de lodos en países tropicales | 537 |
| 124 | Lodos granulados en lecho de secado | 537 |
| 125 | Tuberías y válvulas | 540 |
| 126 | Llave para toma de muestras de sustrato - pararrayos | 546 |
| 127 | Medidor de temperatura ubicado en la pared exterior de digestor | 549 |
| 128 | Sistemas de control | 551 |
| 129 | Antorchas para quema de biogás | 553 |
| 130 | Foto de antorcha | 554 |
| 131 | Válvula corta llama para ser instalada en línea | 558 |
| 132 | Tanques de almacenamiento de biogás | 559 |
| 133 | Tanques de EPDM para almacenamiento de biogás, bajo cobertura sencilla para protección climática | 559 |
| 134 | Tanques de almacenamiento de biogás de doble membrana | 560 |
| 135 | Alternativa de almacenamiento de biogás en bolsa de EPDM ubicada junto a digestor | 560 |
| 136 | Almacenamiento de biogás membrana EPDM de doble capa | 562 |
| 137 | Construcción de tanque de biogás | 563 |
| 138 | Tramo de calibración | 565 |
| 139 | Filtro de condensados, grava y cerámica | 567 |
| 140 | Tramo de calibración Mefisto - Alemania | 568 |
| 141 | Sopladores planta de biogás | 572 |
| 142 | Unidades de generación de 170 y 330 Kw. | 576 |
| 143 | Sala de máquinas planta de biogás Alemania | 585 |
| 144 | Casa de máquinas | 587 |
| 145 | Antes y después de la fertilización de bioabono | 638 |
| 146 | vehículos para aplicación de bioabono líquido en Alemania | 639 |

| Listado de figuras | | |
|--------------------|---|--------|
| Nº | Descripción | Página |
| 1 | Aprovechamiento de desechos orgánicos | 49 |
| 2 | Esquema de degradación anaeróbica de desechos orgánicos | 53 |
| 3 | Diagrama descomposición anaeróbica | 54 |
| 4 | Ciclo anaeróbico | 55 |
| 5 | Esquema simplificado proceso anaeróbico | 57 |
| 6 | Variación del pH con cambio de biomasa | 66 |
| 7 | Influencia de la COV en la producción de biogás | 75 |
| 8 | Producción de metano en relación al TRH | 77 |
| 9 | Rango óptimo tiempo de retención | 81 |
| 10 | Relación producción de biogás - MV | 82 |
| 11 | Tiempo de retención - temperatura | 84 |
| 12 | Producción de biogás – tipos de biomasa | 85 |
| 13 | Producción de biogás - TRH | 86 |
| 14 | Degradación materia orgánica | 97 |
| 15 | Formación de sulfatos | 110 |
| 16 | Influencia del pH en la producción de H ₂ S | 112 |
| 17 | Ciclo de biomas | 117 |
| 18 | División de la biomasa | 118 |
| 19 | Constitución de la biomasa | 130 |
| 20 | Tipos de explotación porcina | 142 |
| 21 | Esquema de planta de biogás y planta depuradora para efluentes granja porcina | 149 |
| 22 | Porcentajes de desechos por tipo de animal | 189 |
| 23 | Producción de biogás en relación al pH - vinazas | 197 |
| 24 | Velocidad de producción de biogás en relación al pH vinazas | 198 |
| 25 | Producción de biogás de naranjas | 208 |
| 26 | Producción de metano en relación a la MV de diferentes cultivos energéticos | 211 |
| 27 | Producción de metano diferentes cultivos energéticos en relación a una hectárea | 212 |

| | | |
|----|--|-----|
| 28 | Producción de biogás de Cebada, Centeno y Triticale | 212 |
| 29 | Producción de metano diferentes cultivos energéticos | 215 |
| 30 | Plano de planta piloto para cultivos energéticos | 221 |
| 31 | Componentes de la biomasa | 226 |
| 32 | Alternativas de co-digestión | 227 |
| 33 | Co-digestión naranjas -estiércol | 230 |
| 34 | Producción de biogás de proteínas, grasas e hidratos de carbono | 233 |
| 35 | Producción de biogás de diferentes tipos de biomasa | 234 |
| 36 | Estiércol de ganado, gallinaza, paja – producción de biogás | 245 |
| 37 | Representación esquemática del equilibrio de los diferentes componentes de biogás entre las fases gaseosa y líquida | 257 |
| 38 | Ejemplo esquemático de la producción de lodos | 265 |
| 39 | Proceso de producción de biogás | 267 |
| 40 | Digestor carga en batch | 269 |
| 41 | Esquema de los digestores más utilizados para la generación energía eléctrica | 271 |
| 42 | Digestores sistema CSTR | 272 |
| 43 | Sistema dos etapas hidrólisis - digestor | 273 |
| 44 | Diagrama de degradación de la materia orgánica | 287 |
| 45 | Diagrama de proceso de biofiltración exterior | 302 |
| 46 | Inyección mínima de oxígeno en dependencia del contenido de H ² S | 304 |
| 47 | Inyección mínima de oxígeno en dependencia del volumen de biogás para 2000ppm de H ₂ S | 305 |
| 48 | Inyección de aire % en dependencia del volumen de biogás 150m ₃ /h y en dependencia del contenido ppm de H ² S | 306 |
| 49 | Diagrama de biofiltración con alimentación externa de nutrientes y humedad | 310 |
| 50 | Diagrama de proceso biológico de reducción de H ² S | 312 |
| 51 | Superficies para depósito de azufre elemental | 314 |
| 52 | Filtro biológico con prehumidificador | 316 |
| 53 | Esquema constructivo de filtro biológico | 317 |
| 54 | Filtro biolavador | 319 |

| | | |
|----|---|-----|
| 55 | Alternativa de filtros lavadores | 320 |
| 56 | Filtros en serie o paralelo | 325 |
| 57 | Filtro de remoción de H ² S | 331 |
| 58 | Alternativa de filtro de limallas de hierro | 336 |
| 59 | Eliminación de condensados | 341 |
| 60 | Sistema de aprovechamiento de color | 356 |
| 61 | Diagrama aprovechamiento biomasa | 360 |
| 62 | Dimensionamiento digestor | 362 |
| 63 | Producción de biogás de estiércol fresco de ganado vacuno dependiendo del TRH | 370 |
| 64 | Relación COV, MV, TRH | 371 |
| 65 | Influencia del TRH en la producción de Biogás | 372 |
| 66 | Mapa ubicación zonas climáticas | 375 |
| 67 | Relación COV, MS, TRH | 379 |
| 68 | Flujograma para dimensionamiento de digestores | 383 |
| 69 | Curva producción de biogás - consumo | 391 |
| 70 | Aspectos mínimos analizar en los estudios de factibilidad | 392 |
| 71 | Planta de biogás, diseño en hormigón armado para aprovechar desechos orgánicos de mercados (60 t/d) | 399 |
| 72 | Esquema de planta de biogás | 415 |
| 73 | Esquema etapas para el diseño de plantas de biogás | 419 |
| 74 | Esquema de planta de biogás | 425 |
| 75 | Implantación de planta de biogás integrada a laguna de oxidación existente | 426 |
| 76 | Esquema idealizado de una topografía de terreno para construcción de digestor | 428 |
| 77 | Planta de biogás Latacunga/Ecuador | 431 |
| 78 | Propuesta para digestor sobre tierra en hormigón armado | 435 |
| 79 | Diagrama de flujo de esta instalación | 435 |
| 80 | Diseño de digestor de hormigón, zona rural | 436 |
| 81 | Tanque de alimentación | 437 |
| 82 | Diagrama de implantación de digestor tipo geomembrana | 443 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 83 | Esquema de digestor de geomembrana sobre plataforma | 455 |
| 84 | Corte transversal digestor plataforma sobre nivel suelo 2m de alto | 455 |
| 85 | Tanque de alimentación | 456 |
| 86 | Estructura de descarga | 457 |
| 87 | Tubería de rebose. | 458 |
| 88 | Detalle amarre de cubierta en sello hidráulico | 461 |
| 89 | Canal de amarre membrana | 462 |
| 90 | Otra alternativa para muro de retención digestor de geomembrana | 465 |
| 91 | Esquemas para instalación de agitador | 466 |
| 92 | Soportes para tuberías de calefacción | 468 |
| 93 | Esquema de ubicación de columnas que sujetan las tuberías de calefacción | 468 |
| 94 | Diagrama para cálculo de los rompimientos de energía para sistema de calefacción | 488 |
| 95 | Alternativas para descarga de biol-biocarbono | 491 |
| 96-97 | Esquema del pozo de bombas ubicado exteriormente a un costado del digestor | 493 |
| 98 | Tanque de mezcla | 497 |
| 99 | Esquema de ubicación tanques de alimentación | 499 |
| 100 | Ejemplos de alimentación | 499 |
| 101 | Esquemas de sistemas de agitación | 514 |
| 102 | Principio de agitador utilizado con mucha frecuencia en Europa | 515 |
| 103 | Ubicación de agitador en digestor de geomembrana | 526 |
| 104 | Esquema ubicación tanque de descarga | 528 |
| 105 | Diagrama de ubicación de lecho de secado de lodos | 530 |
| 106-109 | Planta y cortes de lecho de secado de lodos | 534 |
| 110 | Lecho de secado de lodos con fondo geomembrana | 538 |
| 111 | T para limpieza de tuberías | 539 |
| 112 | Diagrama para control de procesos de planta de biogás | 547 |
| 113 | Esquema para control de proceso en digestor | 550 |
| 114 | Tres unidades corta llama en proyecto planta de biogás | 557 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 115 | Esquema corta llamas que puede construirse en acero inoxidable | 558 |
| 116 | Esquemas de tanques de almacenamiento de biogás | 561 |
| 117 | Muestra de unidades corta llamas | 569 |
| 118 | Pozo de eliminación de condensados | 570 |
| 119 | Válvula para control de presión | 571 |
| 120 | Esquema CHP | 583 |
| 121 | Sistema de seguridad y control planta de biogás | 597 |
| 122 | Sistema de seguridad planta de biogás | 598 |
| 123 | Diagrama sencillo de sistema de seguridad biodigestor | 599 |
| 124 | Válvulas de presión | 600 |
| 125 | Zonas de seguridad | 603 |
| 126 | Zonas de seguridad digestores de geomembrana | 604 |
| 127 | Factores clave para la validación | 675 |
| 128-136 | Pantallas programas biodigestor | 683 |

| Lista abreviaturas | |
|---------------------|--|
| Abreviatura | Descripción |
| aB | Gastos de Producción |
| AGCL | Aácidos Grasos de Cadena Larga |
| AGV | Ácidos Grasos Volátiles |
| aKB | Costos Biomasa |
| aKK | Costos Capitales |
| ANSI | American National Standard Institute |
| ASME | |
| ASTM | American Society for testing and materials |
| AT | |
| AWWA | American Water Works Association |
| AyG | Ácidos Grasos |
| B Gesp | Tasa específica de producción de biogás |
| BG | Producción de Biogás |
| BHP | British Horse Power |
| BPM | Bacterias Productoras de Metano |
| BRS | Bacterias Reductoras de Sulfato |
| BSR | Bacterias Sulfato Reductoras |
| BTU/d | British Thermal Units por día |
| C | Carbono |
| C:N | Relacion Carbono - Nitrógeno |
| Ca(OH) ₂ | Cal hidratada |
| CaO | Cal virgen |
| Cd | Cadmio |
| CDM | Clean Development Mechanism |
| CE (mS/cm) | Conductividad eléctrica |
| CERs | Certificados emisiones reducidas |
| CH ₄ | Gas Metano |
| CHP | Combined Heat and Power |
| CHV | Carga Hidráulica volumétrica |
| CI | Carga de Lodos |

| | |
|----------|--|
| cm | Centímetros |
| CO&M | Costos de Operación y Mantenimiento |
| CO2 | Dióxido de carbón |
| COT | Carbono Orgánico Total |
| COV | Carga Orgánica Volumétrica |
| Cr(III) | Cromo trivalente |
| Cr(VI) | Cromo Sexavalente |
| DQO | |
| CSTR | Continuously stirred tank reactor |
| Cu | Cobre |
| d | día |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| DBO | |
| DBO kg/t | Demanda bioquímica de oxígeno kilogramos por toneladas |
| DBOs | Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| DN | |
| DQO/SO4 | Demanda Química de Oxígeno / Sulfatos |
| EPDM | Etileno, Propileno, Dieno, Monómero |
| FeO | Minóxido de hierro |
| g/kg | Gramos por kilogramo |
| g/kg SSV | gramos por kilogramos solidos volátil |
| g/l | Gramos por litro |
| g/l DQO | Gramos por litro de DQO |
| GAC | Granular Activated Carbon |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| GER | Generadores de Energía Renovables |
| GHG | Green House Gas |
| GLP | Gas Licuado Petróleo |
| H | Hidrógeno |
| H2O | Agua |

| | |
|-----------------------------------|--|
| H ₂ S | Sulfuro de Hidrógeno |
| HCL | Ácido hidrocloreídico |
| HDPE | Geomembrana de alta densidad |
| HFC | Hidrofluorcarbonos |
| HIC | Hidrogen Induced Cracking |
| IPCC | Panel Intergubernamental de Cambio Climático |
| ISO | International Standard Organization |
| K | Potasio |
| K ₂ O | Oxido de Potasio |
| kg | Kilogramos |
| kg N/plaza | Kilogramos de nitrógeno por plaza |
| kg/m ³ .d | Kilogramo por metro cúbico por día |
| kgMv/m ³ | Kilogramo de masa volátil por metro cúbico |
| kw | Kilowatio |
| kWh | Kilowatios por hora |
| l/kg.d | Litros por kilogramo por día |
| m ³ | Metros Cúbicos |
| m ³ /d | Metro cúbico por día |
| m ³ /kg | Metro cúbico por kilogramo |
| m ³ /m ³ *d | Metro cúbico por metro cúbico por día |
| m ³ /t | Metros cúbicos por toneladas |
| m ³ /t MH | Metros Cúbicos por Toneladas Masa Húmeda |
| m ³ /t* | Metros cúbicos por toneladas |
| MDL | Mecanismo de Desrrollo Limpio |
| metano/kg DQO | metano por kilogramo de demanda química de oxígeno |
| mg | Miligramos |
| Mg | Mangnesio |
| mg/kg | Miligramos por kilogramos |
| mg/l | miligramos por litro |

| | |
|---------|--|
| MJ | Mega Joule |
| Mn | Manganeso |
| MS | Masa Seca |
| MV | Masa Volátil |
| Mw | Megawatios |
| N | Nitrógeno |
| N2O | Óxido Nitroso |
| Na | Sodio |
| Na2CO3 | carbonato de sodio |
| NaHCO3 | Bicarbonato de sodio |
| NaOH | Hidróxido de sodio |
| NDPE | High Density Polietileno |
| NH3 | Amoniacó |
| NH4 | Amonio |
| NH4Hco3 | Bicarbonato de amonio |
| Ni | Níquel |
| Nm3/kg | Volumen normado de biogás por kilogramos |
| NMOC | Concentraciones mínimas de compuestos orgánicos no metánicos |
| N-NH4 | Nitrógeno - Amonio |
| O2 | Oxígeno |
| ONU | Organización de Naciones Unidas |
| OTS | Organik Trocken Substanz |
| P | Fósforo |
| P2O5 | Fosfatos |
| Pa | Pascal |
| Pb | Plomo |
| PC | Personal Computer |
| PCI | Poder calorífico Inferior |
| PE | Polietileno |
| PFC | Perfluorcarbonos |

| | |
|-----------|--|
| pH | Potencial Hidrógeno (Acidez) |
| POME | Palm Oil Mill Effluent |
| ppm | Pasta por millón |
| RPM | Revoluciones por minuto |
| S | Azufre |
| SFG | Hexafluoruro de azufre |
| SO4 | Sulfatos |
| SOHIC | Stress Oriented Hydrogen Induced Cracking |
| SS | Sólidos Suspendidos |
| SSC | sulfide Stress Cracking |
| SST kg/t | Sólidos Suspendidos totales por kilogramos y por toneladas |
| ST | Sólidos Totales |
| STV(mg/l) | Saldo Totales Volátiles por miligramos por litros |
| t/m3 | Tonelada por metro cúbico |
| TBG | Tasa de Producción de Biogás |
| T°C | Temperatura en grados centígrados |
| TPN | Temperatura y presión normal |
| TPN | Temperatura y presión normal |
| TRD | Tiempo de Retención Días |
| TRH | Tiempo de Retención Promedio |
| TRH | Tiempo de Retención Hidráulica |
| TTZ | Centro de Transferencia Tecnológica |
| UAE | Unidad Animal Equivalente |
| UASB | Upflow Anaerobic Sludge Blanket |
| UE | Unión europea |
| UGM | Unidad de Ganado Mayor |
| UNFCCC | Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU |
| V-H | Vacuno Hembras |
| V-M | Vacuno Macho |
| V-P | Vacas Paridas |



Biodigestores construidos en Brasil
Membrana de cubierta EPDM.
Fabricada por Firestone.
Distribuidor autorizado AquaLimpia B.I.
aqua@aqualimpia.com

Copyright:

2007-2008 AquaLimpia Beratende Ingenieure. El contenido de este libro tiene derechos reservados. Ninguna parte puede ser copiado, o transferido a medios magnéticos o impresos. Tampoco puede se traducido a otros idiomas o lenguaje de programación sin el consentimiento expreso y por escrito por parte de AquaLimpia Beratende Ingenieure.

Aspecto legal

Aqualimpia ha desarrollado este libro basándose en extensas investigaciones y conocimientos técnicos sobre el dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores. Aqualimpia no se hace responsable por el uso que se de a este libro para el dimensionamiento de plantas de biogás y biodigestores.

Soporte técnico

Aqualimpia provee de soporte técnico a usuarios registrados y sin costo alguno. Para mas información dirigirse a:

AquaLimpia
Email aqua@aqualimpia.com
www.aqualimpia.com

CAPITULO 1

APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA

Dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de
biogás – Dipl. Ing. Gabriel Moncayo Romero

35

Aprovechamiento de la biomasa

Los altos costos de generación de energía eléctrica utilizando combustibles convencionales derivados de materiales fósiles, los costos crecientes del abastecimiento de petróleo, la contaminación ambiental por su uso, sumado al costo que involucra su obtención y su carácter finito, cuya extinción está prevista para este siglo, generan la necesidad de desarrollar proyectos que utilicen energías renovables, para la generación de energía eléctrica y de calor.

Foto 1: Aprovechamiento de desechos de restaurantes en Hamburgo-Alemania



Diseño y construcción ENTEC GMBH, Austria – Grupo Aqualimpia