



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA®**

*Acreditados*  
en **ALTA CALIDAD**  
RESOLUCIÓN 013165 DE 2020

GC-FR-010  
Fecha Publicación: 24-Octubre-2012



# BIODIGESTORES:

## Diseño

JUAN DAVID CORREA ESTRADA

Ingeniero Ambiental - M.Sc Ingeniería Urbana

E-mail: [juan.correa@colmayor.edu.co](mailto:juan.correa@colmayor.edu.co)

Canal en youtube: EDUCACION LIBRE

[https://www.youtube.com/channel/UCxfrjd4\\_-2CC82aZTx63BRQ](https://www.youtube.com/channel/UCxfrjd4_-2CC82aZTx63BRQ)



# BIODIGESTORES ANAEROBIOS

Explicación rápida de un tanque séptico – FAFA.

<https://www.youtube.com/watch?v=89HGSIDOIWc&list=PLewwYUegVT0mETQLc17eWN7PZDhtHGP3L&index=3>

Funcionamiento tanque séptico FAFA rural.

<https://www.youtube.com/watch?v=qEKGHmyvm14&list=PLewwYUegVT0mETQLc17eWN7PZDhtHGP3L&index=12>

Biodigestores de Bajo Costo – TvAgro.

<https://www.youtube.com/watch?v=1gmNnYbVLVs&feature=youtu.be>

Implementación de Digestores anaerobios en fincas TV AGRO. <https://youtu.be/8daURXyJOb4>

Construcción y características de biodigestores TV AGRO.

<https://www.youtube.com/watch?v=2LgyAwbLXIs>

Fabrica tu propio biodigestor tipo taiwanés - TV AGRO. <https://www.youtube.com/watch?v=FIilvEwMDOw>

Complemento: Construcción de biodigestor para familias rurales.

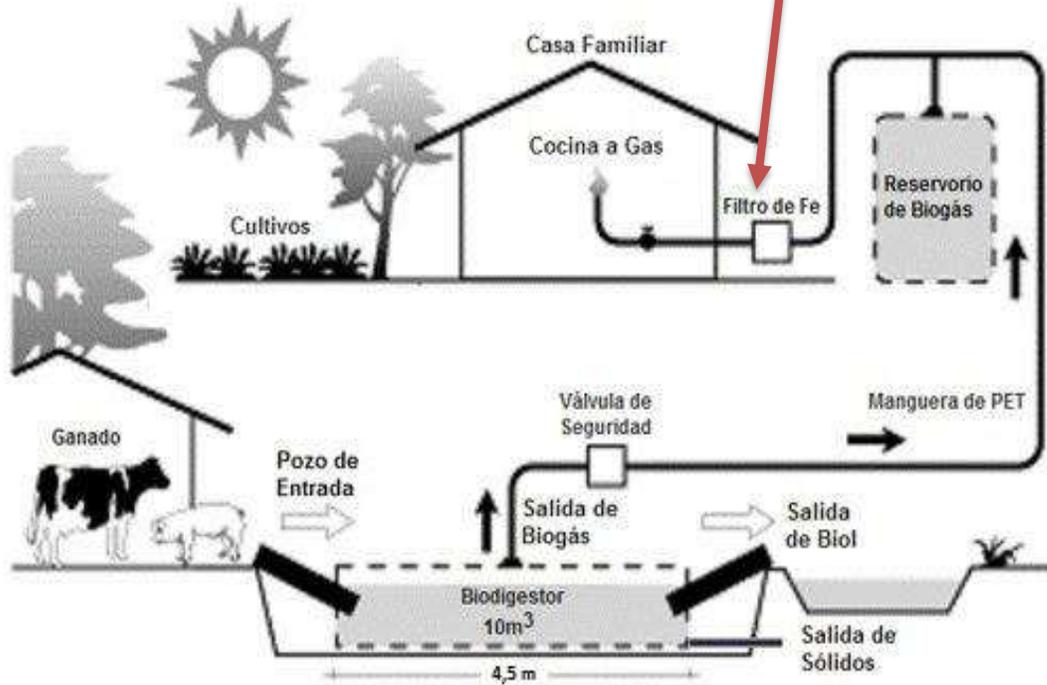
<https://www.youtube.com/watch?v=QbQlc-csNvw>



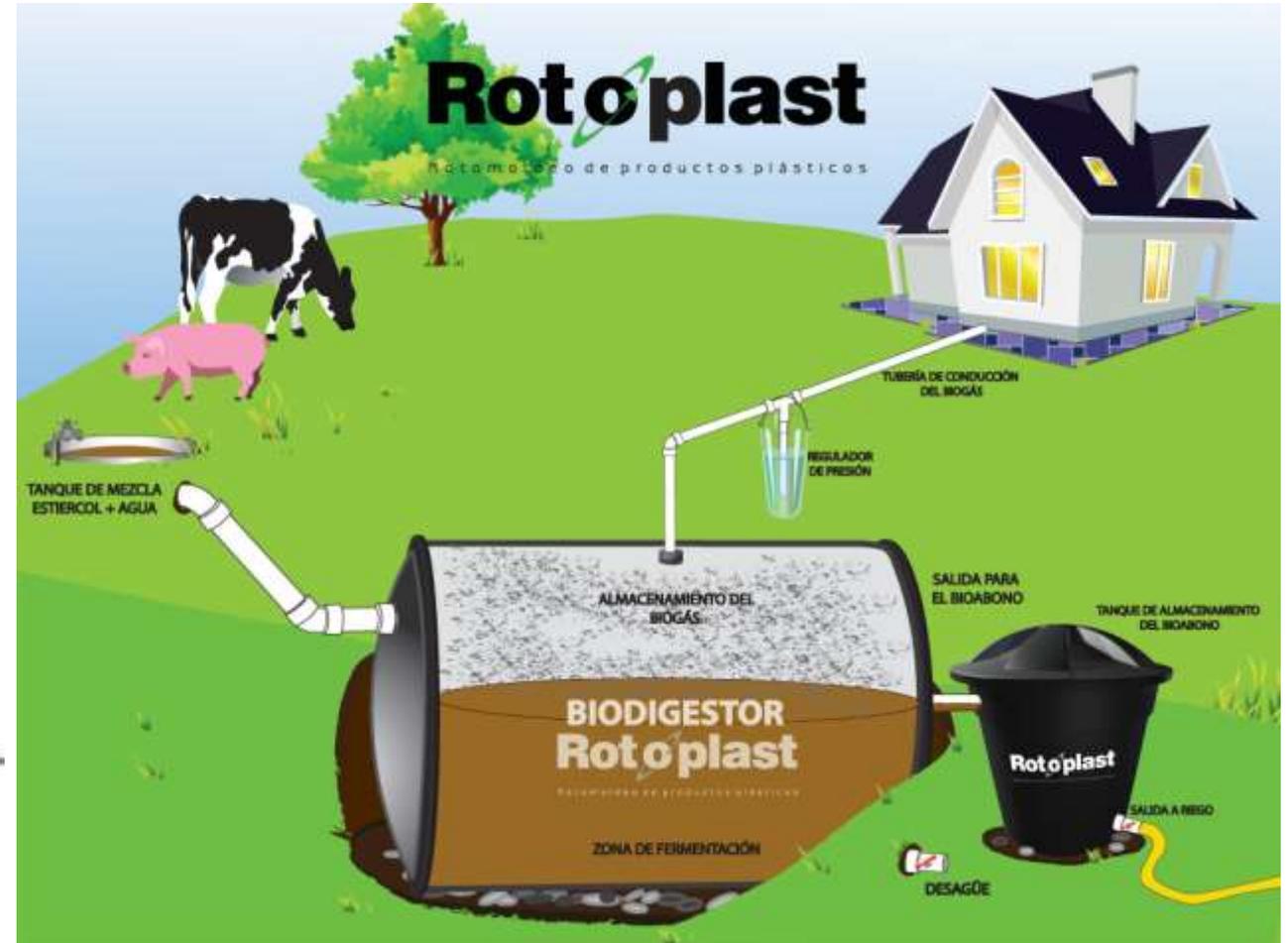
# BIODIGESTORES ANAEROBIOS



# BIODIGESTORES ANAEROBIOS



Fuente: <http://altertec.com/que-es-un-biodigestor/>



Fuente: [rotoplast.com.co/biodigestor/](http://rotoplast.com.co/biodigestor/)

# BIODIGESTORES ANAEROBIOS

## Tipo tubular

Figura 7. Esquema biodigestor chino



Fuente:  
<http://fcyt.uader.edu.ar/web/system/files/Gu%C3%ADa%20para%20proyectos%20de%20biodigesti%C3%B3n%20en%20Establecimientos%20Agropecuarios.pdf>

Fuente: WORDPRESS. Energía casera. 2009. [Blog]. [Consulta: el 7 de octubre de 2018]. Disponible en:  
<https://energíacasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/>

# BIODIGESTORES ANAEROBIOS

## FACTORES

Factores que influyen en la digestión anaerobia:

- Tipo de Sustrato
- Tipo de inóculo
- Temperatura
- pH
- Sólidos totales
- Relación C/N
- Tiempo
- DBO/DQO

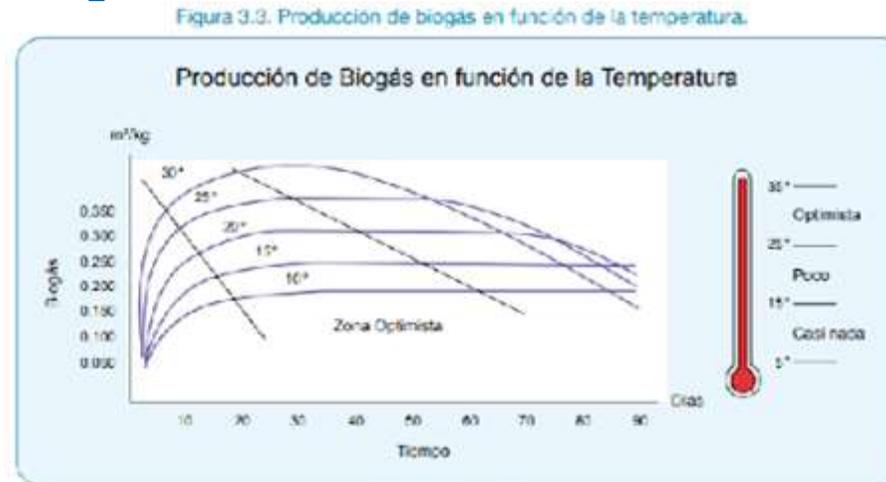


Figura 3. Datos promedio sobre el contenido de sólidos totales de diversos residuos

Materias primas	% Sólidos totales
<b>Residuos animales</b>	
Bovinos	13,4 – 58,2
Porcinos	15,0 – 49,0
Aves	26,0 – 92,0
Caprinos	83,0 – 92,0
Ovejas	32,0 – 45,0
Conejos	34,7 – 90,8
Equinos	19,0 – 42,9
Excretas humanas	17,0
<b>Residuos vegetales</b>	
Hojas secas	50,0
Rastrojo maíz	77,0
Paja trigo	88,0 – 90,0
Paja arroz	88,8 – 92,6
Leguminosas (paja)	60,0 – 80,0
Tubérculos (hojas)	10,0 – 20,0
Hortalizas (hojas)	10,0 – 15,0
Asemin	74,0 – 80,0

Ej: excretas bovinas con un 20% ST, se desean llevar a un 7% en concentración. O sea, debo agregar **3 litros agua/ excreta fresca**

Fuente: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

# BIODIGESTORES ANAEROBIOS

## Características de sustratos (alimento)

Tabla 3.6. Producción de biogás por tipo de residuo animal.

Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m <sup>3</sup> /kg húmedo	m <sup>3</sup> /día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.16	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

\* El dato se refiere a la cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto.

Tabla 3.7. Producción de biogás a partir de residuos vegetales.

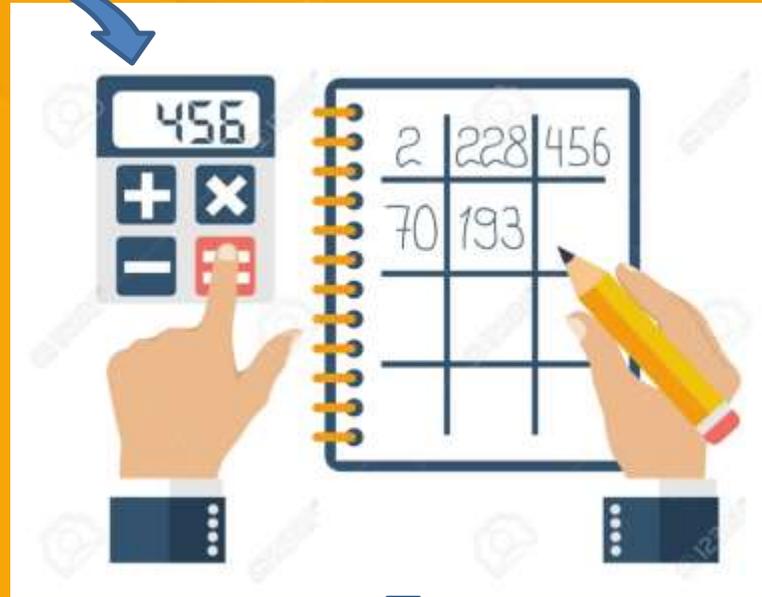
Residuos	Cantidad residuo Ton/ha	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m <sup>3</sup> /Ton	m <sup>3</sup> /ha
<b>Cereales (paja)</b>				
Trigo	3.3	123:1	367	1200
Maíz	6.4	45:1	514	3300
Cebada	3.6	95:1	388	1400
Aroz	4.0	50:1	352	1400
<b>Tubérculo (hojas)</b>				
Papas	10.0	20:1	606	6000
Betarragas	12.0	23:1	501	6000
<b>Leguminosas (paja)</b>				
Porotos	3.2	38:1	518	1650
Habas	4.0	29:1	608	1400
<b>Hortalizas (hojas)</b>				
Tomate	5.5	12:1	603	3300
Cebolla	7.0	15:1	514	3600

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

 Fuente: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

# BIODIGESTORES ANAEROBIOS

## ¿CÓMO DISEÑARLOS?



# 1. ¿Qué cantidad de animales o personas atiende el sistema?

Origen del estiércol	kg de estiércol fresco diario producido por cada 100 kg de peso del animal	Características cualitativas
<b>Cerdo</b>	4	Produce mucho biogás Biol muy ácido Digestión demora más que para el estiércol de vaca (9)
<b>Vacuno</b>	8	Estiércol equilibrado Cada animal produce mucho estiércol: más fácil recogerlo Proporción de CH <sub>4</sub> en el biogás: 45-55% (10)
<b>Caprino, ovino</b>	4	
<b>Conejo, cuy</b>	3	Produce biogás con gran proporción de CH <sub>4</sub> (60-70%) (10) Se recomienda preparar compost con el estiércol para que sea más fácil a utilizar
<b>Equino</b>	7	
<b>Humano adulto</b>	0.4 kg por adulto	Produce mucho biogás Biol muy ácido y con coliformes
<b>Humano niño</b>	0.2 kg por niño	Produce mucho biogás Biol muy ácido y con coliformes

## 2. Calcular la cantidad de estiércol diaria a producir

Tipo de estiércol	Catidad	Peso vivo (kg)	Producción / 100 kg de peso	Peso estiércol (kg)
Cerdo	15	70	4	42,0
Cerda gestante	1	120	4	4,8
			<b>TOTAL ESTIERCOL (kg/d)</b>	<b>46,8</b>

Para cada tipo de estiércol:

$$Peso\ estiércol\ (kg) = \frac{Cantidad * peso * prodcción\ de\ estiércol\ cada\ 100kg}{100}$$

Después, sumo las cantidades y obtengo un total de estiércol

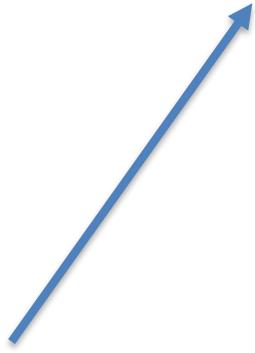


## 2. Calcular la cantidad de estiércol diaria a producir


Para cada tipo de estiércol:

$$\text{Peso estiercol (kg)} = \frac{\text{Cantidad} * \text{peso} * \text{prodcción de estiercol cada 100kg}}{100}$$

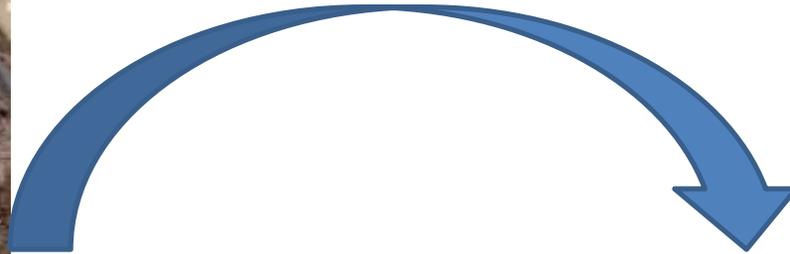
Después, sumo las cantidades y obtengo un total de estiércol



### 3. Mezcla del estiércol con agua

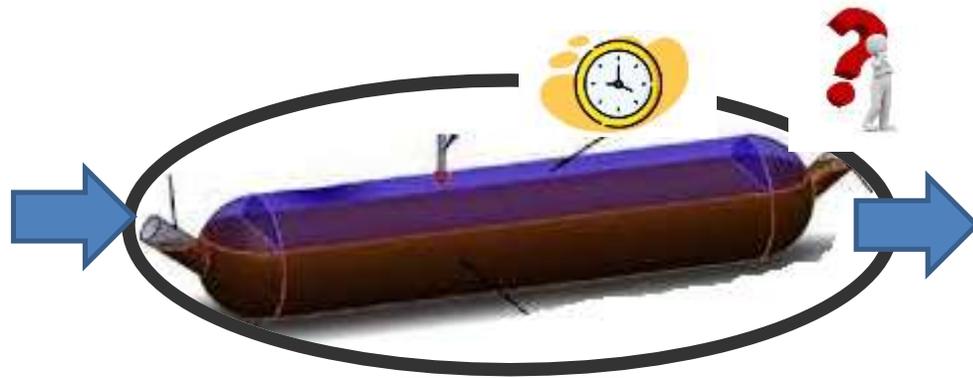


Ideal: Por cada 1 parte de ESTIÉRCOL (kg)  
 3 partes de AGUA (L)



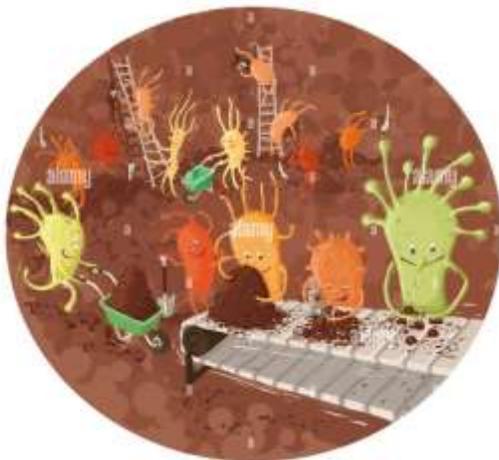

Para efectos de practicidad, se suman los kg de estiércol (62,4) con los litros de agua (187)

## 4. Características de la temperatura donde se realizará el biodigestor y tiempo de retención en el tanque



$$\text{Volumen de estiércol diario} \left( \frac{L}{d} \right) = 187 \frac{kg}{d} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Volumen de estiércol diario} \left( \frac{L}{d} \right) = 7500 L$$



Ellas trabajan mejor a temperaturas altas (20 – 35°C)

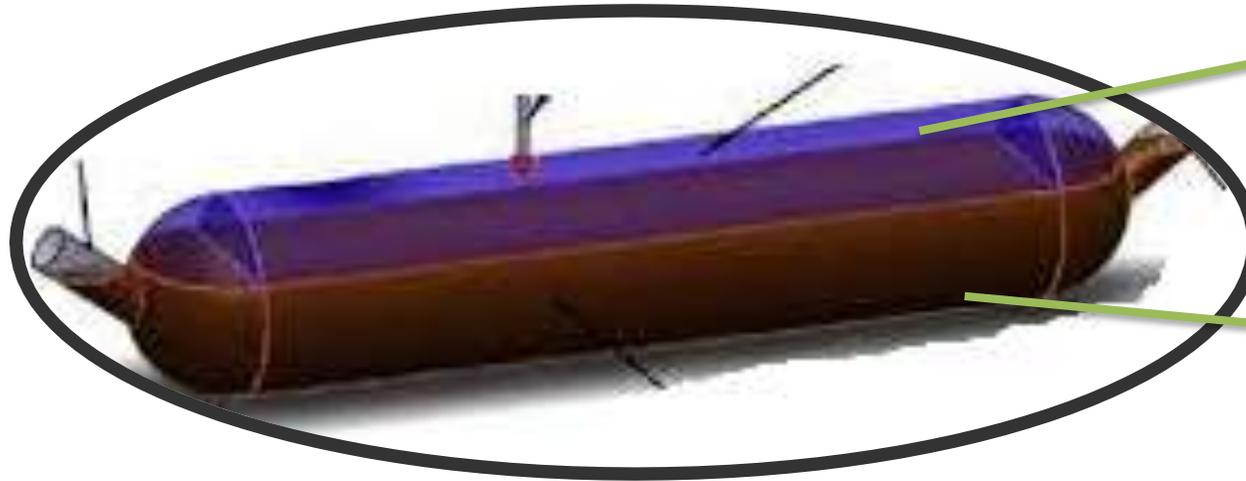
**SE DEMORAN MENOS**

Tabla 3.11. Tiempo de retención hidráulica de estiércol de ganado en distintas regiones.

Tiempo de retención hidráulica	Características
30 – 40 días	Clima tropical con regiones planas. Ej. Indonesia, Venezuela, América Central.
40 – 60 días	Regiones cálidas con inviernos fríos cortos. Ej. India, Filipinas, Etiopía.
60 – 90 días	Clima templado con inviernos fríos. Ej. China, Corea, Turquía.

Fuente: Varnero, 1991

## 5. Volumen del biodigestor



Almacenamiento  
biogás (20%)

Estiércol  
(80%)

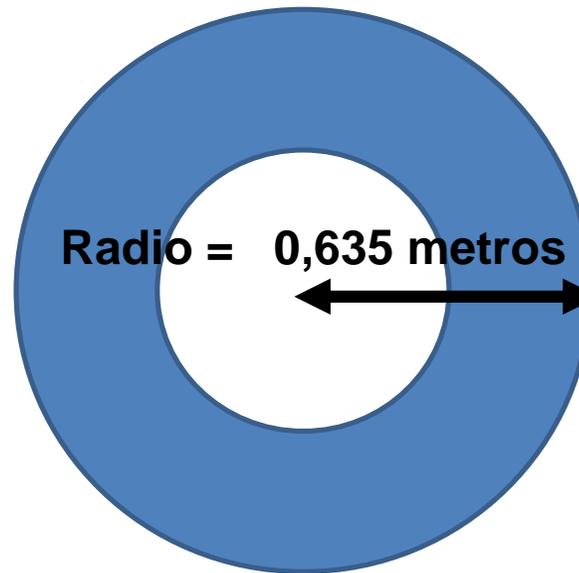
	30

$$\text{Volumen (L)} = \text{Volumen del estiércol} * 1,2$$

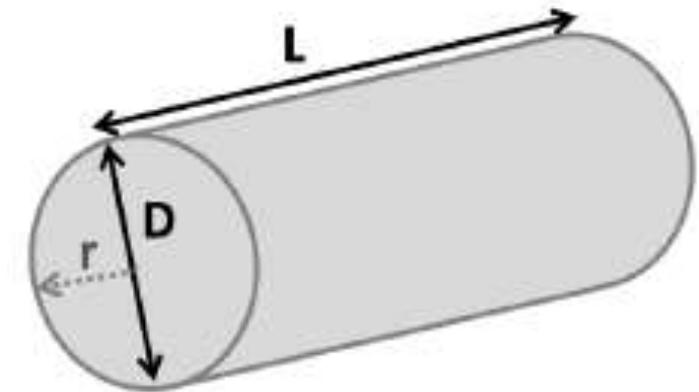
$$\text{Volumen biodigestor} \left( \frac{L}{d} \right) = 7500 L * 1,2 = 9000 L (\text{aprox})$$

## 6. Largo del biodigestor

Plástico tubular de 2 metros de ancho cal 8 (comercial)



Perímetro = 4 metros



$$Largo = \frac{Volumen}{\pi * radio^2}$$

Añadir de entrada y salida 2 metros  
Total = 9 m

$$Largo = \frac{9000 L}{3,14 * 0,635^2} = 7 \text{ metros}$$



Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				mínima (m)	máxima (m)	óptima (m)
2	1	0.32	0.64	3.2	6.4	4.8
3	1.5	0.48	0.95	4.8	9.5	7.2
4	2	0.64	1.27	6.4	12.7	9.5
5	2.5	0.80	1.59	8.0	15.9	11.9
6	3	0.95	1.91	9.5	19.1	14.3
7	3.5	1.11	2.23	11.1	22.3	16.7
8	4	1.27	2.55	12.7	25.5	19.1
9	4.5	1.43	2.86	14.3	28.6	21.5
10	5	1.59	3.18	15.9	31.8	23.9
14	7	2.23	4.46	22.3	44.6	33.4

## 7. Zanjas

Las medidas de la zanja para plástico de 2 metros de ancho y 4 metros de circunferencia con un diámetro de 1,27 metros serían:

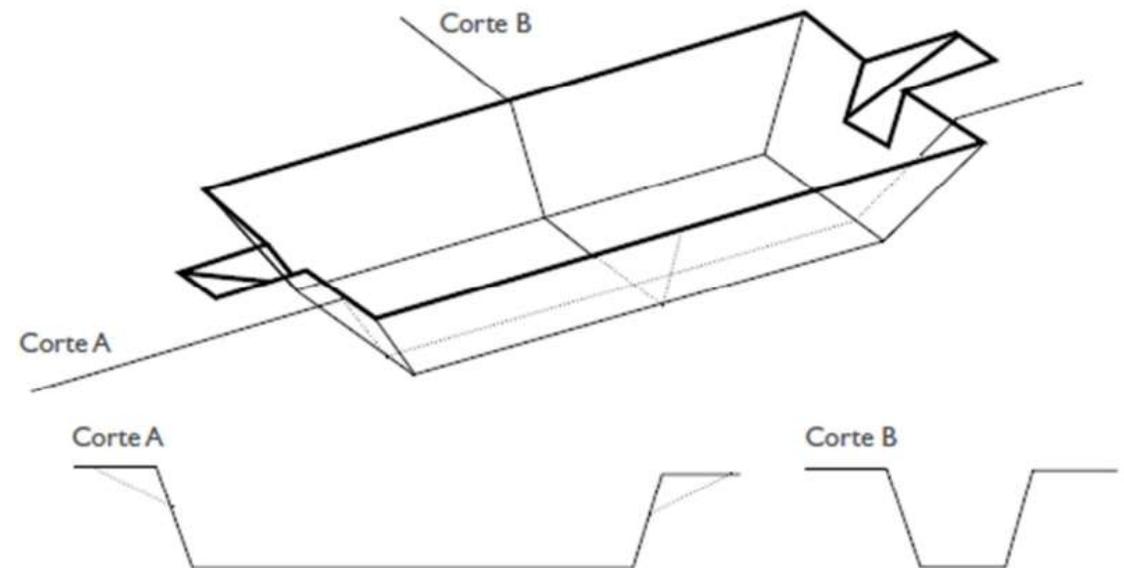
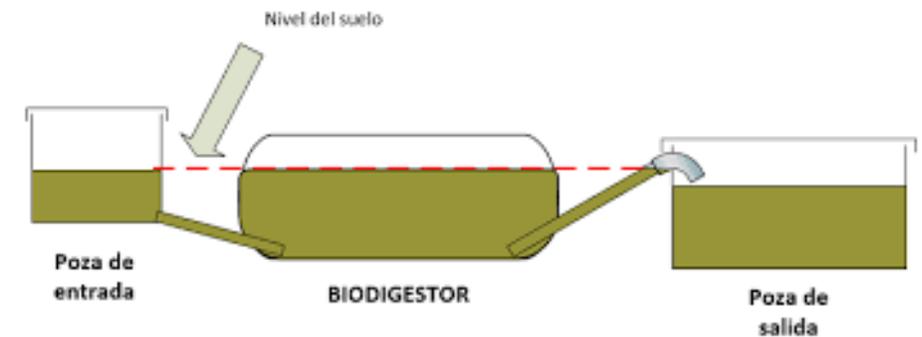
**Ancho arriba:**  $1,27 \times 90\% = 1,10 \text{ m}$

**Ancho abajo y profundidad:**  $1,27 \times 80\% = 1 \text{ m}$

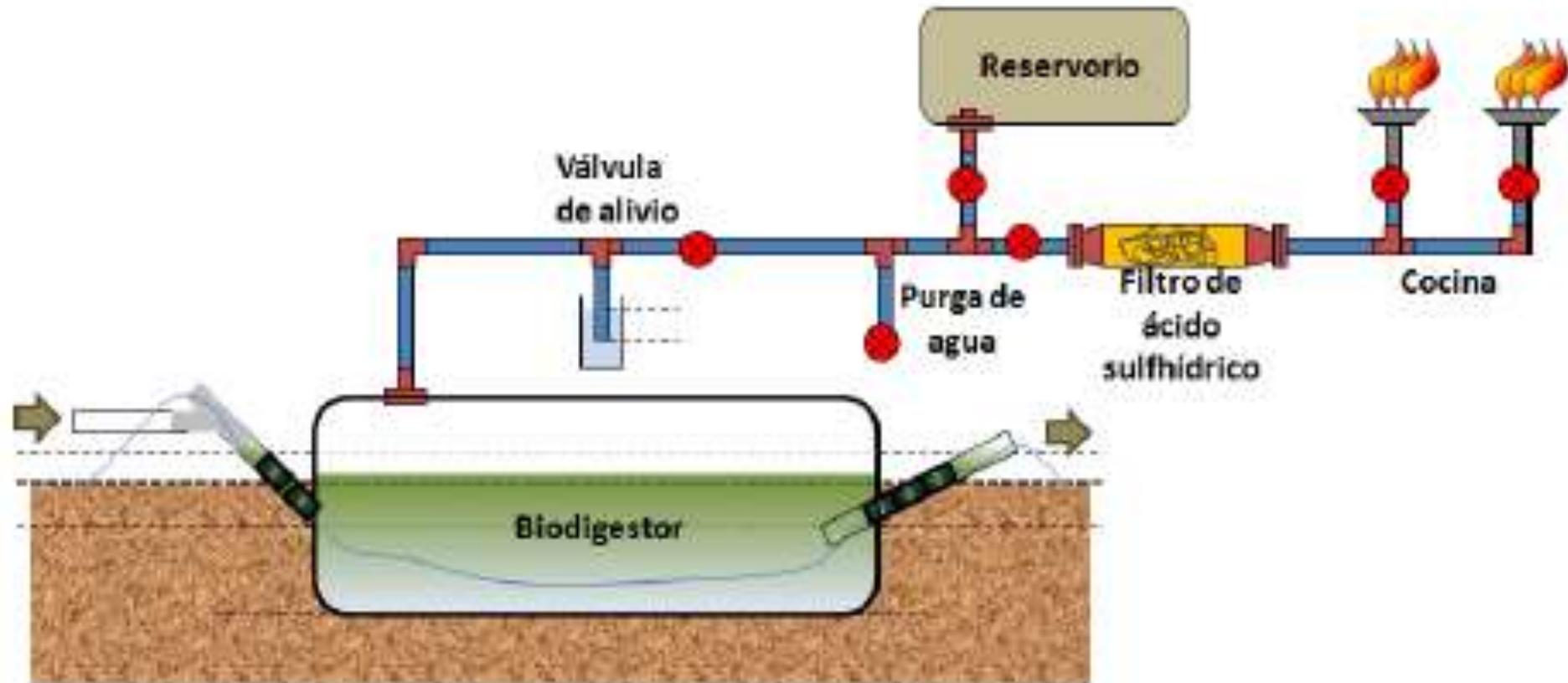
NOTA: La profundidad depende del nivel de la salida del biodigestor y las condiciones del suelo

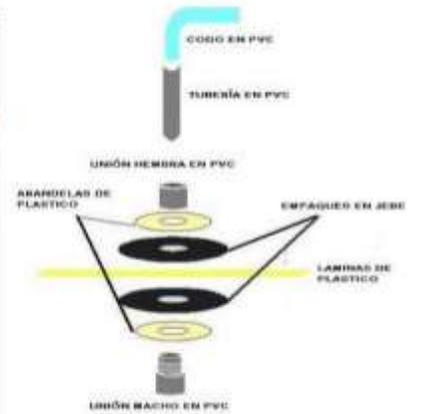
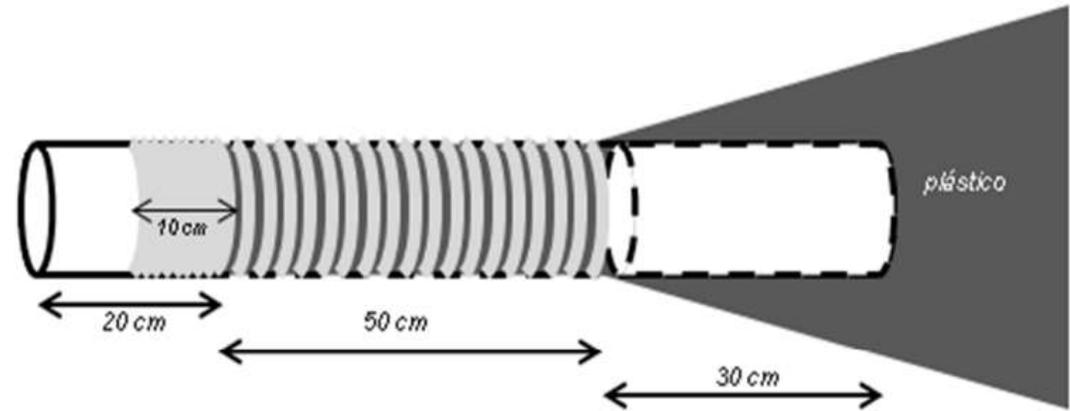
El fondo debe tener un desnivel del 1% hacia la salida del efluente

Paredes y fondo no deben tener ningún filo y/o raíces corto punzantes



## 8. Accesorios y partes





## 1. Para la entrada de la mezcla estiércol – agua y la salida del biol:

Tira de neumático de ring 13 o 15 y cortarlo aproximadamente de 3 cm de ancho, lo suficientemente largo para cubrir por 75 cm el plástico alrededor del tubo de 4" en juntos extremos.



## 2. Tubo de PVC de 4" y aproximadamente 3 – 4 m de largo.

- 1 adaptador/acople hembra de ½ pulgada
- 1 adaptador/acople macho de ½ pulgada
- 1 codo de ½ pulgada
- 2 arandelas de plástico rígido de 10 cm de diámetro, el círculo central debe ser un poco menor a ½ pulgada para ajustar con los acoples y sellar correctamente
- 2 arandelas de neumático de 12 cm de diámetro, el círculo central menos a ½ pulgada
- 1 m de tubo PVC de ½ pulgada
- Un niple galvanizado de media pulgada por 20 cm. Se afila en uno de sus extremos con esmeril o lima para usarlo en perforar exactamente a la medida el plástico del biodigestor o las arandelas rígidas de pimpinas plásticas.

### 3. Para la válvula de seguridad

- 1 te de ½"
- 1 llave de paso lisa de PVC de ½"
- 3 m de tubo de PVC de ½" o más, (esto depende de la distancia a instalar el reservorio y la estufa)
- 1 botella de 2 litros de gaseosa vacía
- 2 estacas delgadas de buena calidad con punta de 1.5 y una caña brava
- Alambre o fibra para amarrar

## 4. Para el mezclador/agitador

- Manila/lazo Nro. 8 plástica (el doble del lazo del biodigestor +2 metros) para el mezclador
- 2 tapas de cuñete de pintura de 20 litros para el mezclador

## 5. Para la estufa hecha en casa

La estufa a utilizar es con tubo de galvanizado de ½" para cada fogón requiere:

- Niple de 20 cm (el largo depende de la estufa a intervenir) de tubo galvanizado de media
- Codo de tubo galvanizado de media
- Niple de 3 – 4 cm de galvanizado de media
- 1 llave de paso de galvanizado de media o de pvc lisa (y dependiendo de esto los adaptadores correspondientes)

## 6. Para el reservorio de biogás

- 1 te de ½"
- 50 cm de tubo PVC ½"
- 4 metros de plástico calibre 8
- Tira de neumático de 2.5 cm de ancho
- El metraje necesario de tubería que conducirá el biogás desde el biodigestor al reservorio y desde el reservorio hasta la estufa
- Llave de paso de media pulgada que se pondrá justo antes (1 m) de entrar a la estufa de biogás, esto para poder solucionar cualquier problema en la estufa sin que se escape el gas

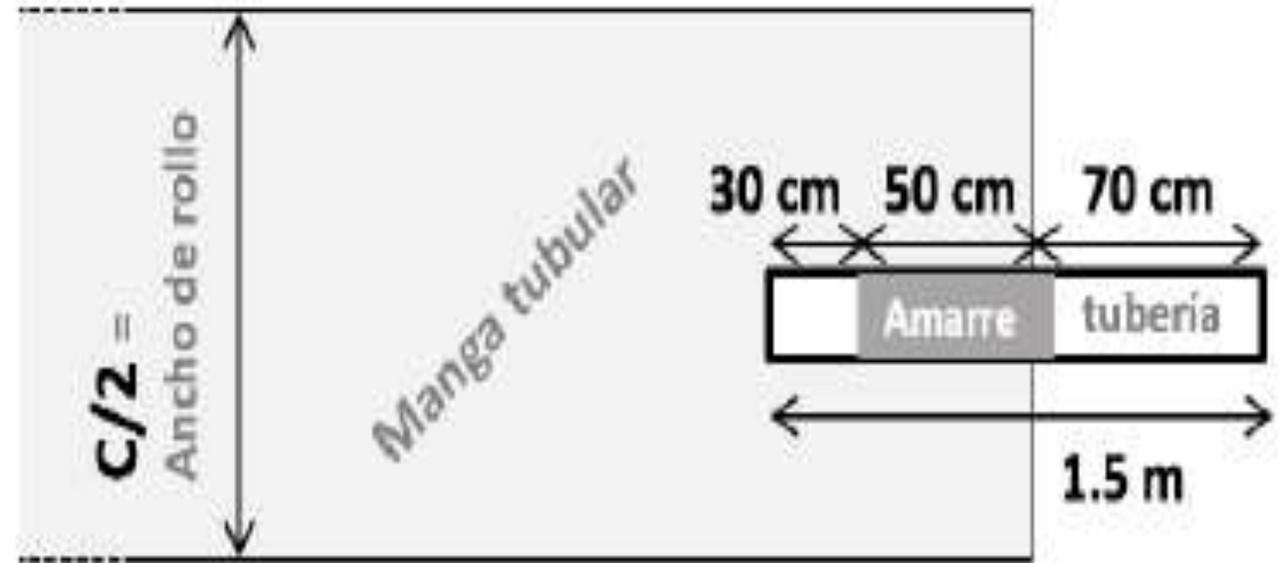


## 7. Varios (necesarios para los puntos anteriores y otros)

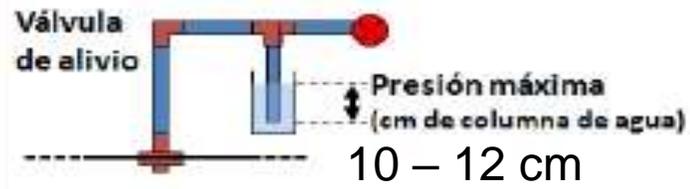
- Neumático de moto o bicicleta usado (3 – 4) o dos nuevos de carro pequeño
- Tarro de aceite de 2 T
- 4 estacas de 80 cm con punta
- 2 estacas de 35 cm pulidas, con estas se construirá el mezclador
- Alambre o fibra para amarrar
- Pegante de PVC
- Limpiador de PVC
- Pincel para aplicar pegante
- Trapo/tela para limpiar
- 4 bolsas plásticas negras de 10 kg aproximadamente para tapar tubos y una bolsa pequeña para tapar salidas del gas
- Pedazo de lija
- LONA para estirar el plástico en el momento de la instalación, sitio barrido y limpio
- Navaja/tijeras
- Pala cuadrada, azadón, palas, barras, alicates



# Entradas y salidas

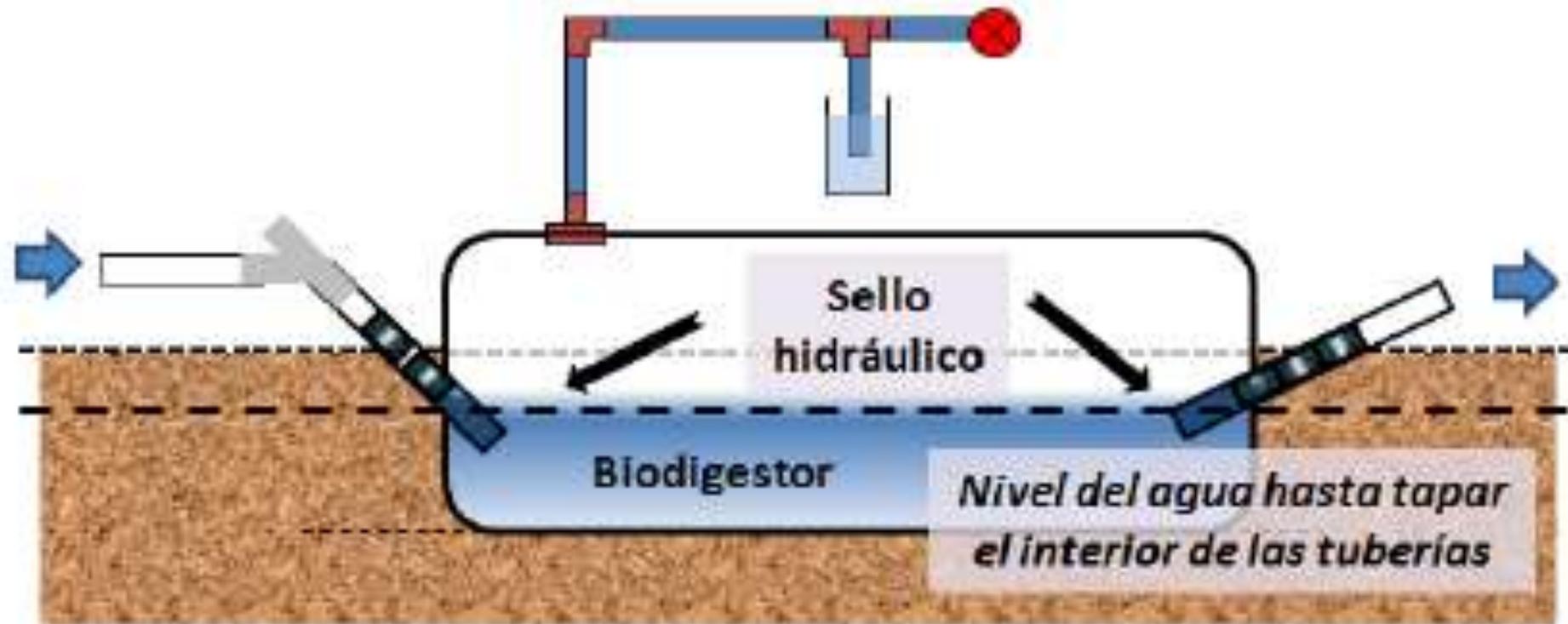


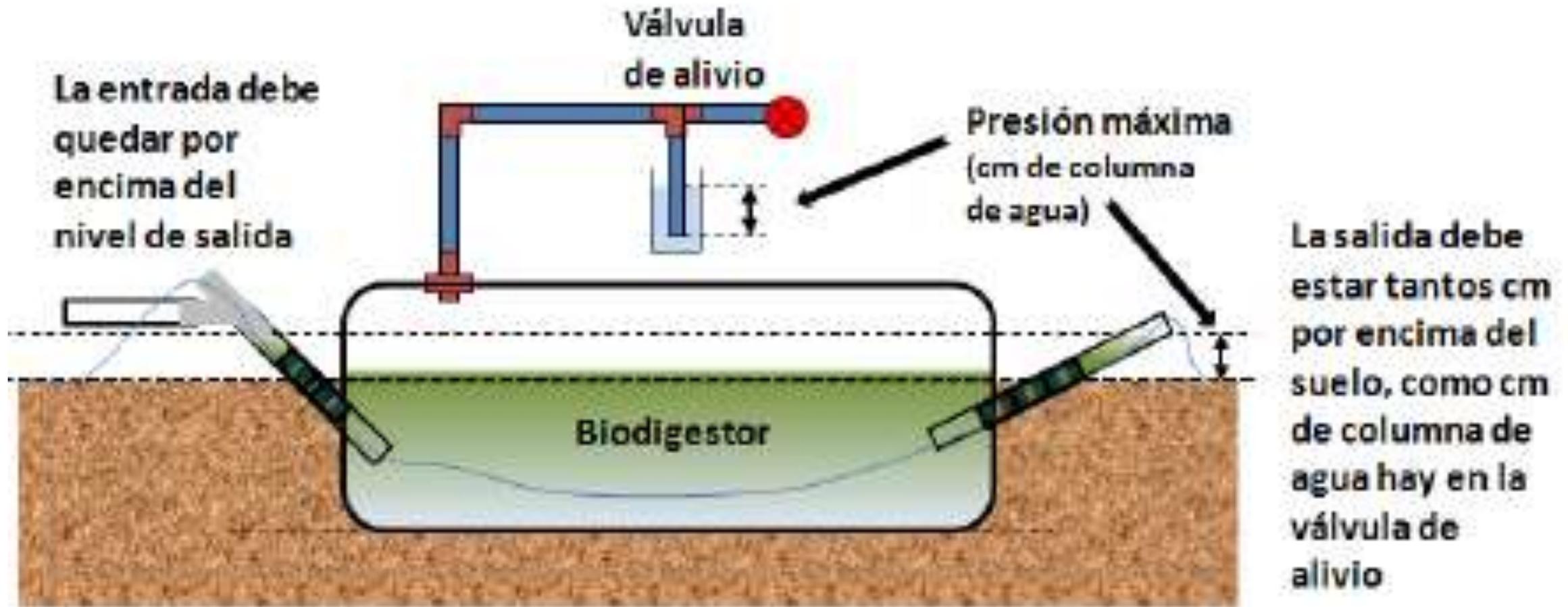
# Válvula alivio de gas



# Instalación







# Cálculos biogás



Tabla 3.6. Producción de biogás por tipo de residuo animal.

Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m <sup>3</sup> /kg húmedo	m <sup>3</sup> /día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Fuente: Vamero y Arellano, 1991.

\* El dato se refiere a la cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto.

$$\text{Generación de energía} = \eta_{\text{biogas}} \times \%CH_4 \times PC_{\text{metano}}$$

$\eta_{\text{biogas}}$  = Rendimiento del biogás a partir de un sustrato

$\%CH_4$  = Porcentaje del metano en el biogás

$PC_{\text{metano}}$  = Poder calorífico del metano

A partir de bovinaza:

$$\text{Generación de energía} = 0,04 \frac{\text{m}^3 \text{ biogas}}{\text{kg bovinaza fresca}} \times 0,65 \frac{\text{m}^3 CH_4}{\text{m}^3 \text{ biogas}} \times 9,97 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 CH_4} = 0,26 \frac{\text{kWh}}{\text{kg Bovinaza}}$$

$$\text{Cantidad de energía generada: } 500 \frac{\text{kg bovinaza}}{\text{d}} * 0,26 \frac{\text{kWh}}{\text{kg Bovinaza}} = 129,6 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}$$

1 vaca = 0,25 m<sup>3</sup> biogás



Figura 1: Usos del biogás

Fuente: Bueso, Samayoa y Viquez, 2012

Fuente: <https://www.revistaei.cl/reportajes/autoridad-prepara-normativa-tecnica-de-seguridad-para-plantas-de-biogas/#>

**MUCHAS GRACIAS**