



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

EAP. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Producción de abono orgánico a partir de residuos sólidos  
urbanos en Lima Metropolitana**

**TESINA**

Para optar el Título de Ingeniero Industrial

**AUTOR**

**Luís Alberto Cuadrado Suasnabar**

LIMA – PERÚ  
2015

## ÍNDICE

### **PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LIMA METROPOLITANA**

1. Diagnóstico situacional de los residuos orgánicos en Lima Metropolitana	02
2. Planteamiento del problema	17
3. Objetivo	21
4. Antecedentes	22
5. Marco teórico para la producción de abono	25
6. Hipótesis	40
7. Biogás como una fuente de energía sostenible para países en desarrollo	41
8. Diseño metodológico	55
9. Ingeniería del proceso	59
10. Costo teórico del biofertilizante	63
11. Evaluación económica	66
12. Conclusiones	71
13. Recomendaciones	72
14. Bibliografía	73
15. Anexos	

## **ÍNDICE DE CUADROS**

1. Cuadro N° 01 Área geográfica del estudio	03
2. Cuadro N° 02 Producción per cápita de residuos sólidos en ciudades importantes	05
3. Cuadro N° 3 Generación per cápita estimada	09
4. Cuadro N° 4 Generación de residuos sólidos en lima, año 1999	11
5. Cuadro N° 4 Generación de residuos sólidos en lima, año 2000	12
6. Cuadro N° 4 Generación de residuos sólidos en lima, año 2004	13
7. Cuadro N° 4 Generación de residuos sólidos en lima, año 2007	14
8. Cuadro N° 4 Generación de residuos sólidos en lima, año 2011	15
9. Cuadro N° 4 Generación de residuos sólidos en lima, año 2015	16
10. Cuadro N° 10 Producción de estiércol en corral de 20 animales	35
11. Cuadro N° 11 Cantidad de insumos necesarios para alimentar el Digestor	36
12. Cuadro N° 12 Volumen de producción de biol en un ciclo	37
13. Cuadro N° 13 Concentración de nitrógeno, potasio y fósforo	38
14. Cuadro N° 14 Requerimiento de biol por hectárea de cultivo	39
15. Cuadro N° 15 Composición química de biogás y propiedades de los componentes	46
16. Cuadro N° 16 Litros de biol obtenidos por digestor	60
17. Cuadro N° 17 Resultados de muestra N° 01	60
18. Cuadro N° 18 Resultados de muestra N° 02	60
19. Cuadro N° 19 Flujo económico	68

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

1. Figura N° 01 Plano del estudio	04
2. Figura N° 02 Producción de biogás	44
3. Figura N° 03 Diagrama de flujo de los residuos sólidos para la obtención de biofertilizantes y biogás	59

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio trata de la evaluación socio económico y técnica de residuos sólidos de Lima Metropolitana, donde se analiza la producción per cápita de los diferentes estratos sociales, para determinar la cantidad y calidad de los residuos orgánicos para la producción de abonos orgánicos mediante la técnica de los biodigestores que servirá para bajar los costos en los mantenimientos de los parques y jardines y posteriormente esta metodología ampliará sus fronteras en el sector agricultura.

La importancia de la gestión de residuos sólidos no es una preocupación aislada o anacrónica. Acuerdos internacionales como el Programa21, programa de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible, contienen un capítulo específico sobre las acciones relativas a la “gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales”. Asimismo, existen asociaciones internacionales de carácter privado como la International Solid Waste Association, que reúne a profesionales y entidades privadas relacionadas con la investigación de los temas relacionados a los residuos sólidos.

Por lo cual en esta investigación utilizaremos los residuos sólidos de desechos urbanos para la obtención de abono orgánico que es útil para la fertilización de tierras de cultivos, en este caso puede ser utilizado para el desarrollo de los parques de la ciudad de Lima Metropolitana.

# **1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LIMA METROPOLITANA**

## **1.1. DEFINICIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO**

Para el presente proyecto, con el propósito de establecer un marco de referencia, se ha limitado un área geográfica de estudio que comprende 30 distritos de Lima Metropolitana (de un total de 49), tal como se muestra en la tabla N° 1.

El área de estudio tiene una población actual de 7 559 320 habitantes, que representa el 87.9% de la población total de la provincia de Lima, según los datos provisionales del censo realizado en el mes de Agosto del año 2008.

En el estudio se han excluido los distritos de Ancón, Chaclacayo, Cieneguilla, Lurín, Pachacamac, Pucusana, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa María del Mar, Santa Rosa, etc., debido a que presentan las siguientes características:

- Están a distancias considerables del casco urbano.
- Tienen poblaciones no significativas.
- Su generación de residuos sólidos es poco significativo con respecto al total.

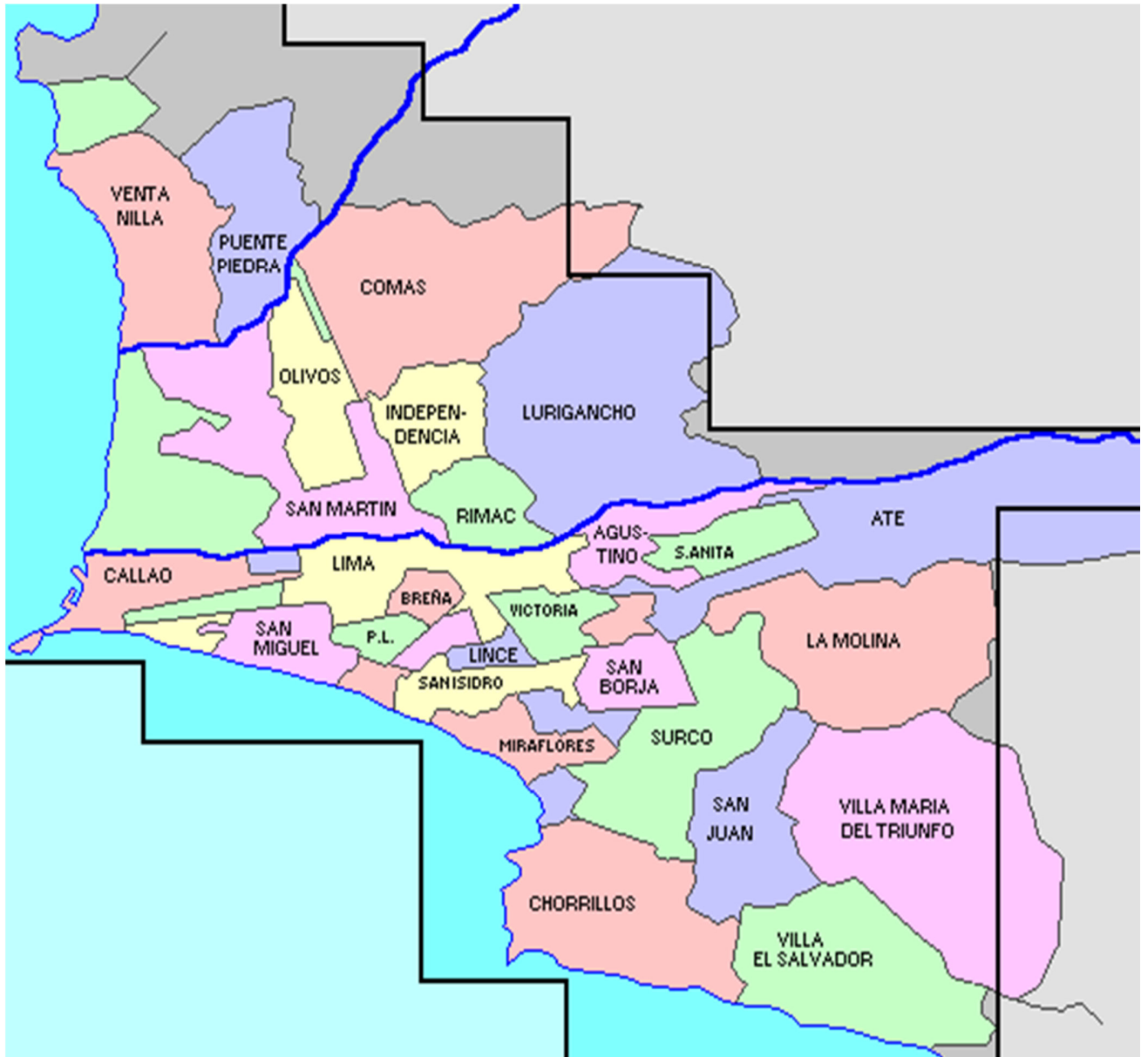
- Su servicio de limpieza constituye un sistema que, por sus características, no es integrable al del sistema metropolitano.

**Cuadro N° 1: ÁREA GEOGRÁFICA DE ESTUDIO**

Lima	Magdalena del Mar
Ate	Pueblo Libre
Barranco	Miraflores
Breña	Rímac
Carabaylo	San Isidro
Chorrillos	S. J. de Lurigancho
Comas	S. J. de Miraflores
El Agustino	San Luis
Independencia	San Martín de Porres
Jesús María	San Miguel
La Molina	Santiago de Surco
La Victoria	Surquillo
Lince	Villa María del Triunfo
Puente Piedra	Los Olivos
Villa el Salvador	Lurigancho - Chosica
	Santa Anita

**Fuente:** Municipalidad de Lima Metropolitana

**Figura Nº 1: PLANO DE LIMA METROPOLITANA 2015**



Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima



## 1.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

La demanda del servicio de recolección está expresada por la generación diaria de residuos sólidos de todos los distritos considerados dentro del área geográfica de estudio.

### a. GENERACIÓN PER CAPITA (GPC) DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

La generación per cápita o GPC, se define como la producción diaria de residuos sólidos orgánicos por persona (Kg. /ha. /día). Este parámetro es usado por la mayoría de los países del mundo como un indicador de la cobertura de producción y su magnitud tiene relación con el grado de desarrollo alcanzado por los países. En el cuadro siguiente se muestra la producción per cápita de algunas ciudades importantes.

**Cuadro N° 2: PRODUCCION PERCAPITA DE RESIDUOS SOLIDOS (KG/HA/DIA) – CIUDADES IMPORTANTES**

<b>Año</b>	<b>Quito</b>	<b>N.York</b>	<b>Managua</b>	<b>S.Paulo</b>	<b>B.Aires</b>	<b>Caracas</b>	<b>México</b>
2006	0.72	12.5	0.71	1.99	1.16	1.10	0.25
2007	0.75	9	0.79	2	1.16	1.15	0.31
2008	0.89	3	0.83	2.5	1.27	1.25	0.30
2009	0.98	1	1	2.5	1.58	1.4	1.35

Fuente: Organización Mundial de la Salud

## **b. METODOLOGÍA EMPLEADA**

Para efectos de analizar la generación de residuos sólidos orgánicos por distritos se han definido los siguientes sectores.

- i. Sector Residencial
- ii. Sector Medio
- iii. Sector Popular.
- iv. Sector Pueblos Jóvenes y tugurios.

Los sectores han sido clasificados en función de las características que lo identifican.

- i. Sector Residencial (A).

Este sector está caracterizado por que sus moradores tienen ingresos económicos elevados, cuentan con todos los servicios existentes, viviendas amplias de material noble y acabados de lujo, con jardines exteriores e interiores, infraestructura vial y educativa adecuada, etc. Por ejemplo, San Borja, San Isidro, La Molina, Surco entre otros.

- ii. Sector Medio (B).

Este sector está caracterizado porque sus habitantes tienen ingresos económicos entre medios y altos, cuentan con los servicios básicos de agua, desagüe, luz, teléfono, limpieza pública aceptable, vivienda de material noble, unifamiliares de 1 0 2 pisos con acabados de

primera, jardines exteriores, infraestructura vial y educativa aceptable, etc. Ejemplo. Magdalena del Mar, Jesús María, Pueblo Libre, entre otros.

iii. Sector Popular (C).

Este sector está caracterizado por tener habitantes con ingresos económicos entre medios y bajos, cuentan en su mayoría con los servicios básicos (agua, desagüe, luz), limitadas áreas verdes, servicio de transporte deficitario, viviendas de material noble, construcciones antiguas, vías de comunicación en mal estado, etc. Ejemplo, La Victoria, El Rímac, entre otros.

iv. Sector Pueblos Jóvenes.

Este sector está caracterizado por estar habitado por familias de ingresos económicos bajos, servicios básicos de agua y desagüe, limpieza pública deficitaria, escasas áreas verdes, servicio de transporte deficitario, viviendas de material noble, seminoble y rústico, vías de comunicación sin asfaltar (afirmada), infraestructura educativa deficitaria, etc. Ejemplo, Ventanilla, Villa María del Triunfo, Comas, Puente Piedra, San Martín de Porres, San Juan de Lurigancho, etc.

Se incluye en este sector los tugurios que se caracterizan por presentar una fuerte concentración en áreas pequeñas, con viviendas precarias y sin los servicios básicos.

### **c. GENERACIÓN ACTUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS POR DISTRITOS**

La generación de residuos sólidos orgánicos, está dada principalmente por la producida en las viviendas familiares, a la que se denomina comúnmente residuos domésticos, que tiene características y composición que varía según los sectores antes definidos.

Otro agente generador de residuos sólidos, son los mercados que abastecen diariamente de productos de consumo directo. Del mismo modo, para estimar la generación total de residuos se considera como agentes productores de residuos a las grandes tiendas comerciales (Plaza vea, Metro, Wong, etc.) e instituciones públicas y privadas (Ministerios, Hospitales, etc.), finalmente también se incluye a la generación de residuos de las industrias.

Para estimar la generación actual de residuos sólidos se ha utilizado la sectorización realizada por los distritos de Lima Metropolitana, a continuación se ha recabado información directa de los municipios, vía las respectivas inspecciones de limpieza pública, quienes en algunos casos han efectuado un muestreo de la generación de residuos, realizando pesajes de sus camiones.

Para tener un conocimiento real de todo el proceso de recolección, las zonas y las características de generación, se seleccionaron zonas en sectores residenciales, otras en sectores medios y otras en sectores populares y pueblos jóvenes, en las cuales se realizaron verificaciones directas, acompañándose a los vehículos en su recorrido de acopio y luego en su transporte hasta la zona de disposición final.

Se ha estimado para propósitos de estudio, las producciones per cápita unitarias de residuos domésticos asignados a los sectores considerados, tal como se muestra en la tabla 3.

**Cuadro N° 3: GENERACIÓN PER CAPITA ESTIMADA (GPC).**

<b>SECTOR</b>	<b>GENERACIÓN PER CAPITA (kg/hab/día)</b>
Residencial (A)	1,20
Medio (B)	0,95
Popular (C)	0,75
PP.JJ y Tugurios	0,65

Elaboración: propia

En la citada tabla, para el estimado de la GPC se ha considerado que la generación de residuos sólidos orgánicos está en función directa de la estructura de consumo del sector socio- económico y por tanto de su nivel de ingreso.

Para el cálculo de la generación total de residuos sólidos de Lima Metropolitana, se ha determinado la GPC promedio de cada distrito y se ha considerado la distribución poblacional estimada para cada una de los sectores socio – económicos considerados.

Las generaciones per cápita se han obtenido del producto de la distribución poblacional propuesta y la producción per cápita asignada a los sectores. Los resultados se muestran en la tabla N° 4. Se ha estimado que la producción de mercados, hospitales, etc., alcanzan un 10% de la producción total.

Si se relaciona la generación total y la población cubierta, se tiene que la generación per cápita promedio de Lima Metropolitana alcanza a 0,89 kg/día.

**Ecuación para la proyección de la población:**

La proyección de la población se determina aplicando el método de los mínimos cuadrados.

$$y = m \cdot x + b$$

x = Año    y= Población    m = Pendiente de la recta    b constante

$$m = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{N}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}$$

$$b = \frac{\sum y - m \cdot \sum x}{N}$$

**Cuadro N° 4: GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LIMA, AÑO 1999**

<b>Distritos</b>	<b>Población</b>	<b>Generación Per Cápita</b>	<b>Total (TM)</b>
Lima	287,257	0.82	235.55
Ate	380,480	0.78	296.77
Barranco	37,298	0.83	30.96
Breña	87,622	0.80	70.10
Carabaylo	143,114	0.71	101.61
Chorrillos	253,284	0.77	195.03
Comas	452,444	0.71	321.24
El Agustino	162,136	0.68	110.25
Independencia	194,558	0.70	136.19
Jesús María	59,788	0.87	52.02
La Molina	115,484	0.92	106.25
La Victoria	203,356	0.84	170.82
Lince	56,728	0.84	47.65
Puente Piedra	167,310	0.65	108.75
Villa El Salvador	340,928	0.65	221.19
Magdalena del Mar	45,604	0.83	37.85
Pueblo Libre	65,892	0.83	41.51
Miraflores	85,574	0.90	77.02
Rímac	188,348	0.86	122.43
San Isidro	59,482	0.88	52.34
S.J. Lurigancho	713,018	0.79	563.28
S.J. Miraflores	364,748	0.75	273.56
San Luis	44,609	0.84	37.47
San Martín de Porres	430,507	0.76	327.19
San Miguel	130,254	0.76	98.99
Santiago de Surco	239,977	0.89	213.58
Surquillo	83,304	0.69	57.48
Santa Anita	141,631	0.65	92.06
Villa María Triunfo	324,107	0.67	217.15
Los Olivos	271,925	0.70	190.35
Lurigancho - Chosica	117,629	0.65	76.46

Fuente: Inei – Perú, estimaciones de población  
Propia, cálculo de per cápita

**Cuadro N° 5: GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LIMA, AÑO 2000**

Distritos	Población	Generación Per Cápita	Total (TM)
Lima	278,804	0.82	228.62
Ate	400,117	0.78	312.09
Barranco	39,803	0.83	33.04
Breña	87,474	0.80	69.98
Carabaylo	149,154	0.71	105.90
Chorrillos	257,804	0.77	198.51
Comas	457,605	0.71	324.90
El Agustino	162,588	0.68	110.56
Independencia	195,186	0.70	136.63
Jesús María	58,692	0.87	51.06
La Molina	121,802	0.92	112.06
La Victoria	200,241	0.84	168.20
Lince	55,805	0.84	46.88
Puente Piedra	179,109	0.65	116.42
Villa El Salvador	355,055	0.65	230.79
Magdalena del Mar	45,003	0.83	37.35
Pueblo Libre	84,283	0.83	69.95
Miraflores	85,284	0.90	76.76
Rímac	187,475	0.86	161.23
San Isidro	58,585	0.88	51.55
S.J. Lurigancho	731,739	0.79	578.07
S.J. Miraflores	377,621	0.75	283.22
San Luis	43,297	0.84	36.37
San Martín de Porres	436,756	0.76	331.93
San Miguel	131,421	0.76	99.88
Santiago de Surco	245,065	0.89	218.11
Santa Anita	144,907	0.65	94.19
Surquillo	81,959	0.69	89.84
Villa María el Triunfo	333,132	0.67	223.20
Los Olivos	287,063	0.70	200.94
Lurigancho - Chosica	119,959	0.65	77.97

Fuente: Inei – Perú, estimaciones de población

Propia, cálculo de per cápita



**Cuadro Nº 6: GNERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LIMA, AÑO 2004**

<b>Distritos</b>	<b>Población</b>	<b>Generación Per Cápita</b>	<b>Total (TM)</b>
Lima	327,110	0.82	5342.2
Ate	442,048	0.78	317.62
Barranco	37,466	0.83	33.00
Breña	88,699	0.80	71.11
Carabaylo	192,526	0.71	129.25
Chorrillos	284,948	0.77	199.47
Comas	494,203	0.71	318.14
El Agustino	184,148	0.68	111.97
Independencia	213,911	0.70	124.01
Jesús María	70,764	0.87	57.91
La Molina	124,243	0.92	111.05
La Victoria	212,167	0.84	163.54
Lince	60,324	0.84	49.38
Puente Piedra	204,745	0.65	107.36
Villa El Salvador	368,273	0.65	229.34
Magdalena del Mar	53,666	0.83	46.07
Pueblo Libre	79,085	0.83	80.82
Miraflores	90,623	0.90	79.62
Rímac	189,940	0.86	153.026
San Isidro	62,685	0.88	60.23
S.J. Lurigancho	860,107	0.79	627.42
S.J. Miraflores	362,852	0.75	231.87
San Luis	56,416	0.84	39.09
San Martín de Porres	556,237	0.76	415.76
San Miguel	133,828	0.76	113.23
Santiago de Surco	281,817	0.89	237.57
Surquillo	94,671	0.69	77.89
Santa Anita	176,554	0.65	138.601
Villa María el Triunfo	368,723	0.67	233.42
Los Olivos	312,051	0.70	218.44
Lurigancho - Chosica	158,909	0.65	30.22

Fuente: Inei – Perú, estimaciones de población

Propia, cálculo de per cápita

**Cuadro N° 7: GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LIMA, AÑO, 2007**

<b>Distritos</b>	<b>Población</b>	<b>Generación Per Cápita</b>	<b>Total (TM)</b>
Lima	312,618	0.82	256.35
Ate	489,669	0.78	381.94
Barranco	35,430	0.83	29.41
Breña	85,433	0.80	68.35
Carabaylo	218,780	0.71	155.33
Chorrillos	296,882	0.77	228.60
Comas	504,816	0.71	358.42
El Agustino	186,977	0.68	127.14
Independencia	215,556	0.70	150.89
Jesús María	70,989	0.87	61.76
La Molina	136,350	0.92	125.44
La Victoria	201,316	0.84	169.11
Lince	57,665	0.84	48.44
Puente Piedra	238,856	0.65	155.26
Villa El Salvador	393,893	0.65	256.03
Magdalena del Mar	53,936	0.83	44.77
Pueblo Libre	78,469	0.83	65.13
Miraflores	88,596	0.90	79.74
Rímac	183,663	0.86	157.95
San Isidro	60,544	0.88	53.28
S.J. Lurigancho	922,833	0.79	729.04
S.J. Miraflores	375,430	0.75	281.57
San Luis	56,885	0.84	47.78
San Martín de Porres	595,471	0.76	452.56
San Miguel	134,386	0.76	102.13
Santiago de Surco	299,054	0.89	266.16
Surquillo	93,926	0.69	64.81
Santa Anita	190,314	0.65	123.7
Villa María el Triunfo	390,835	0.67	261.86
Los Olivos	328,752	0.70	230.13
Lurigancho - Chosica	174,274	0.65	113.28

Fuente: Inei – Perú, estimaciones de población

Propia, cálculo de per cápita

**Cuadro Nº 8: GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LIMA, AÑO 2011**

<b>Distritos</b>	<b>Población</b>	<b>Generación Per Cápita</b>	<b>Total (TM)</b>
Lima	291,849	0.95	277.26
Ate	555,974	0.75	416.98
Barranco	32,625	1.15	37.52
Breña	80,618	0.95	76.59
Carabaylo	257,326	0.65	167.26
Chorrillos	311,158	0.74	230.26
Comas	515,248	0.75	386.44
El Agustino	189,332	0.68	128.75
Independencia	216,323	0.69	149.26
Jesús María	71,289	1.03	73.43
La Molina	153,133	1.20	183.76
La Victoria	186,170	0.84	156.38
Lince	53,872	0.95	51.18
Puente Piedra	290,884	0.65	189.07
Villa El Salvador	427,466	0.65	277.85
Magdalena del Mar	54,296	0.99	53.75
Pueblo Libre	77,323	1.12	86.60
Miraflores	85,284	1.20	102.34
Rímac	174,214	0.86	149.82
San Isidro	57,345	1.20	68.81
S.J. Lurigancho	1,004,339	0.79	793.43
S.J. Miraflores	389,815	0.75	292.36
San Luis	57,274	0.90	51.55
San Martín de Porres	646,191	0.76	491.11
San Miguel	134,946	1.15	155.19
Santiago de Surco	321,157	1.19	382.18
Surquillo	92,639	0.83	76.89
Santa Anita	208,697	0.92	192.00
Villa María el Triunfo	419,090	0.65	272.41
Los Olivos	349,670	0.77	269.25
Lurigancho - Chosica	195,542	0.65	127.10

Fuente: Inei – Perú, estimaciones de población

Propia, cálculo de per cápita

**Cuadro N° 9: GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LIMA, AÑO 2015**

<b>Distritos</b>	<b>Población</b>	<b>Generación Per Cápita</b>	<b>Total (TM)</b>
Lima	293,745	0.95	279.06
Ate	630,085	0.75	472.56
Barranco	34,625	1.15	39.82
Breña	85,925	0.95	81.63
Carabaylo	301,978	0.65	196.29
Chorrillos	325,547	0.74	240.90
Comas	524,894	0.75	393.67
El Agustino	191,365	0.68	130.13
Independencia	216,822	0.69	149.61
Jesús María	71,589	1.03	73.74
La Molina	171,646	1.20	205.98
La Victoria	191,779	0.84	161.09
Lince	54,228	0.95	51.52
Puente Piedra	353,489	0.65	229.77
Villa El Salvador	463,014	0.65	300.96
Magdalena del Mar	54,656	0.99	54.11
Pueblo Libre	79,114	1.12	88.61
Miraflores	87,932	1.20	105.52
Rímac	175,911	0.86	151.28
San Isidro	64,206	1.20	77.05
S.J. Lurigancho	1,091,303	0.79	862.13
S.J. Miraflores	404,001	0.75	303.00
San Luis	57,600	0.90	51.84
San Martín de Porres	700,178	0.76	532.14
San Miguel	135,506	1.15	155.83
Santiago de Surco	344,242	1.19	409.65
Surquillo	93,346	0.83	77.48
Santa Anita	228,422	0.92	210.15
Villa María el Triunfo	448,545	0.65	291.55
Los Olivos	381,229	0.77	293.55
Lurigancho - Chosica	218,976	0.65	142.33

Fuente: Inei – Perú, estimaciones de población

Propia, cálculo de per cápita

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **2.1. FORMULACIÓN.**

Los residuos sólidos municipales (RSM), son aquellos que provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales, institucionales (administrativas públicas, establecimiento de áreas públicas de un conglomerado urbano y cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales.

La gestión de residuos sólidos, especialmente lo relacionado con la disposición final, es una tarea compleja que se ha convertido en un problema común en los países en vías de desarrollo. Esto se refleja en la falta de limpieza de las áreas públicas, la recuperación de residuos en la calle, el incremento de actividades informales, la descarga de residuos en cursos de agua o su abandono en botaderos a cielo abierto y la presencia de personas, de ambos sexos y de todas las edades, en estos lugares en condiciones infrahumanas, expuestas a toda clase de enfermedades y accidentes.

El problema de los RSM, está presente en la mayoría de las ciudades y pequeñas poblaciones por su inadecuada gestión y tiende a agravarse en determinadas regiones como consecuencia de múltiples factores, entre ellos, el acelerado crecimiento de la población y su concentración en áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábito de consumo, el uso generalizado de envases y empaques de materiales desechables. Este

panorama se agrava debido a la crisis económica y a la debilidad institucional que obliga a reducir el gasto público y a mantener tarifas bajas. Además la poca educación sanitaria y la escasa participación ciudadana generan una gran resistencia al momento de pagar los costos que implica el manejo y disposición de residuos, lo que finalmente se traduce en la pérdida de calidad del servicio de aseo urbano, lo que constituye otra de las causas que agravan el problema. Todo ello compromete la salud pública, aumenta la contaminación de los recursos naturales y el ambiente de nuestro territorio y deteriora la calidad de vida de la población.

Ante esta situación es imprescindible que los municipios y los demás organismos afronten racionalmente y con valentía la gestión de los residuos sólidos, teniendo en cuenta, entre otras consideraciones, el nivel de educación ambiental de la comunidad y su capacidad de pago del servicio de aseo urbano; las implicancias que acarrea la mezcla de residuos; el valor económico de algunos de estos y su probable mercado; la complementariedad de los sistemas de tratamiento y disposición final, y el costo inherente a los procesos que supone su recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

## **2.2. CAUSAS.**

- Contaminación del medio ambiente.
- No se cumple con la frecuencia de recojo de residuos sólidos.
- Foco de infección y aparición de vectores, porque no se cumple con el programa de recolección.
- Tecnología obsoleta en el manejo de residuos sólidos.
- Educación Cívica y Sanitaria.
- La población no cumple con pagar sus arbitrios.

## **2.3. JUSTIFICACIÓN.**

El reciclado es una solución muy práctica para minimizar el impacto ambiental ocasionado por los residuos y su destino final. El compostaje hace referencia al tratamiento de residuos, basado en el reciclado de la materia orgánica mediante un proceso controlado de fermentación en condiciones aeróbicas.

El producto del compostaje, el abono orgánico, representa una alternativa a la quema, principalmente de residuos agrícolas y forestales y por consiguiente, a la emisión de contaminantes atmosféricos y a la pérdida de materia orgánica para los suelos. A su vez, esta opción, implica una disminución drástica de la cantidad de materia orgánica en los rellenos sanitarios, fuente de generación de olores, atracción de vectores de enfermedades (como insectos y roedores) y producción de gases.

Otra alternativa de obtener ingresos de la transformación de los residuos sólidos, es la producción de biogás a partir de la materia orgánica de los residuos sólidos, pues sustituye a algunos derivados del petróleo cuyo precio es más alto, además, puede ser una fuente de ingresos y generación de empleos muy importante. Consciente de estos beneficios de la producción de biogás, el estudio de factibilidad técnico financiero se concentrará a la instalación de una planta productora de abono orgánico, a partir de residuos orgánicos.



### **3. OBJETIVO**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Demostrar que a partir de los residuos sólidos urbanos se puede producir abono orgánico biol.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Producir productos agrícolas naturales mediante la utilización de abono orgánico, obtenido a partir de residuos orgánicos.
- b. Proponer el uso de una guía de identificación de residuos orgánicos, que permita realizar una adecuada selección en la fuente.
- c. Formular alternativas novedosas para la elaboración de abono orgánico a partir de residuos domésticos
- d. Generar empleo para personal interesado en manejo de residuos sólidos.

#### **4. ANTECEDENTES**

El compostaje era practicado en la antigüedad, desde hace miles de años, los Chinos han recogido y compostado todas las materias de sus jardines, de sus campos y de sus casas, incluyendo materia fecales. En el Oriente, en las puertas de Jerusalén había lugares dispuestos para recoger las basuras urbanas: con algunos residuos se hacía compost y el resto se quemaba.

El descubrimiento después de la primera Guerra Mundial, de los abonos de síntesis populariza su utilización en la agricultura. En los últimos años se ha puesto en evidencia que tales abonos químicos empobrecen los terrenos cultivables a mediano plazo.

De forma tradicional durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Compostar dichos restos no es más que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en un suelo en un bosque, pero acelerado y dirigido. El abono resultante proporciona prácticamente los mismos efectos beneficiosos que el humus para una tierra natural.

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala tiene su origen en la India, con las experiencias llevadas a cabo por el Ingles Albert Howard, desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos, su método, llamado método Indore, se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales humedeciéndola periódicamente.

Fue en el año 1925, cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala la basura de las ciudades con la puesta en marcha del método induldore. En la ciudad Holandesa de Hanmer se instaló en 1932 la primera planta de compost hecho con los residuos urbanos.

A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas. Dicho número aumentó considerablemente durante dicha década, y a principios de los 70 se llegó a 230 plantas, destacando el estado Francés y el estado Español, instalándose en este último sobre todo, plantas de compost en Levante y Andalucía. Sin embargo, a partir de mediados de los 70, la evolución se estancó y se cerraron numerosas plantas.

Una de las causas de este estancamiento fue la deficiente calidad del compost producido (no se hacía separación previa en origen de la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos) y el poco interés de los agricultores en utilizarlos. Esencialmente, se trata de enriquecer la tierra del jardín o del huerto y, al mismo tiempo, defender el medio ambiente. El jardín se enriquece y aporta un suelo más vivo en microbios e invertebrados y más rico en minerales, si reproducimos racionalmente el ciclo de degradación de los elementos vegetales que tiene lugar en la naturaleza.

Se defenderá el medio ambiente si aprovechamos el 30% de las materias orgánicas que contienen los residuos sólidos urbanos o basura doméstica, estos se transformaran en minerales y humos (sustancia marrón resultante de

la descomposición de vegetales y animales microscópicos). La base esencial del suelo fértil consiste en las mezclas de arcillas y humus.

La utilización de abonos orgánicos está disminuyendo, en contra de lo que ocurre con los inorgánicos por algunas causas que pueden ser:

- a. Sustitución de animales de carga y tiro por medios mecánicos
- b. Aumento de explotaciones ganaderas, desapareciendo o reduciéndose las camas de ganado
- c. Aumento de la demanda de residuos agrícolas, principalmente madera y paja para la fabricación de pasta de celulosa

## **5. MARCO TEÓRICO PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO**

### **5.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN.**

Los abonos orgánicos ha surgido desde la agricultura de ser la producción continua: producción y conservación, inseparables. Pero es indudable que tanto en uno como en otro sentido no se ha podido alcanzar la meta. Mientras los alimentos son escasos en el mundo, muchos suelos se están deteriorando.

No obstante, puede afirmarse con absoluta certeza que no rebasa los límites del poder humano. Desde la década de 1950, la presión por alimentos de una población mundial creciente, condujo a la aplicación de tecnologías de producción cuya productividad y rentabilidad se basaba en el uso de químicos sintéticos. Aunque su empleo significo un acelerado incremento en los volúmenes de alimentos, también acelero el deterioro de los recursos naturales, amenazando la sostenibilidad de la producción y la salud de los consumidores y productores: la población está tomando conciencia de los efectos negativos de estas tecnologías, como respuesta, durante las últimas décadas han surgido tecnologías alternativas que pretenden satisfacer la creciente demanda de alimentos, y a la vez, minimizar los efectos negativos señalados.

En este contexto, la agricultura orgánica retoma importancia. Esta forma de producción, basada en el respeto de las relaciones existentes en la naturaleza, propicia la conservación de los recursos naturales, contribuye

con la salud de los productores y consumidores, y el desarrollo de sistemas productivos agropecuarios basados en un equilibrio ecológico, económico y social.

Aunque la producción sin químicos existe desde hace miles de años, el renacimiento de una producción más orgánica se origina en Europa en la primera mitad del siglo xx y su extensión y consolidación se viene dando de forma acelerada por todo el planeta durante los últimos 30 años, Especialmente en la última década, periodo en el cual tanto áreas sembradas como volúmenes comercializados han experimentado notables experimentos.

En Centroamérica, el resurgimiento de esta forma de producción tiene menos de 10 años y se viene dando en un entorno poco favorable. A pesar de que en todos los países se hacen esfuerzos por mejorar sus condiciones, las limitantes que enfrenta constituye un importante obstáculo, entre estas destacan:

- a. Carencia de marcos institucionales y de política
- b. Carencia de marcos legales y técnico – normativos que regulen la actividad.
- c. Bajo desarrollo de los mercados locales y limitado acceso a los mercados internacionales

- d. Conocimiento parcial sobre la situación de la producción y los mercados que limita las capacidades de planificación y la toma de decisiones.
- e. Ausencia de incentivos.

Desde épocas ancestrales el uso de materiales orgánicos para la fertilización, era la práctica de producción más importante para cubrir la demanda de alimentos. Tal es el caso de china, donde los excrementos humanos se han utilizado durante más de 2000 años, aplicándolos directamente a la tierra y esta práctica ha sido uno de los factores principales en mantener la fertilidad de los suelos Chinos. Desde los tiempos más remotos se ha venido utilizando el estiércol y los excrementos en general para compensar en las tierras de labor las extracciones periódicas de cosechas. Los excrementos de aves o guanos, se usaban ya en el Perú en el año 1300 bajo el imperio de los Incas y había leyes de protección para las aves que lo producen.

El término guano se aplica, a veces, a otros fertilizantes orgánicos; así, a la harina de ciertos peces secados y pulverizados se le llama a menudo guano de pescado. El amoniaco era conocido por los antiguos, quienes lo obtuvieron a partir de la sal amónica, producida por destilación del estiércol de camello, cerca del templo de Júpiter Amón en Libia, de ahí su nombre. En Europa, durante la edad media, el amoniaco se obtenía calentando los cuernos y pezuñas de bueyes, y se llamaba espíritu de

cuerno de ciervo. El alquimista alemán Brasil Valentine obtuvo el amoniaco libre y el químico francés Claude Berthollet determinó su composición en torno a 1777.

Los sistemas de agricultura biológica son muy utilizados en los países subdesarrollados y en vías de desarrollo, en gran medida debido a problemas económicos y a la escasez de productos químicos. No obstante, cada vez son más ampliamente aceptados en los países desarrollados como reacción a los sistemas de explotación intensiva o industrial.

La agricultura biológica es conocida con diferentes nombres en diferentes países, y los aproximadamente 16 términos que se emplean para hacer referencia a ella incluyen agricultura biológica, agricultura regenerativa y agricultura sostenible. Agricultura biológica es el término más utilizado en Europa, mientras que Estados Unidos prefiere el de agricultura orgánica.

También recibe el nombre de agricultura biodinámica aunque, en sentido estricto, ésta forma parte de toda una filosofía que abarca la educación, el arte, la nutrición y la religión, además de la agricultura. Rudolf Steiner, el filósofo austriaco fundador de la antroposofía, fue también fundador de la agricultura biodinámica

La producción de abonos o fertilizantes orgánicos granulado y formulado, como sustituto de los fertilizantes químicos convencionales, se originó en el año de 1989, con los trabajos de las cooperativas.



## **5.2. IMPORTANCIA DEL ABONO ORGÁNICO BIOL**

El abono orgánico estimula a las plantas para desarrollar su producción y crecimiento, por medio de ciertos nutrientes que actúan de manera tal que las plantas generan muchos más frutos de los que generarían sin los mismos.

## **5.3. GENERALIDADES DEL ABONO ORGÁNICO BIOL**

Siguiendo la definición de Tratamiento establecida en el Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos, “es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión”.

Uno de los tratamientos que, por las características biológicas de los desechos que se generan, está siendo utilizado en el país es La elaboración de abono orgánico denominado biol. El biol es un fertilizante foliar líquido que se consigue producto de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos de origen animal y vegetal, cuyo producto final es un material líquido comúnmente conocido como biol, abono excelente para la agricultura.

En general, las características físicas y químicas que distingue al biol son:

- a. Color marrón hasta marrón muy oscuro.
- b. Baja relación carbono nitrógeno.

- c. Naturaleza continuamente cambiante debido a la acción de microorganismos.
- d. Alta capacidad para el intercambio de cationes y para la absorción del agua.

#### **5.4. PROPIEDADES DEL ABONO ORGÁNICO BIOL**

- a. Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- b. Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- c. Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos, ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- d. La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

#### **5.5. MATERIA PRIMA DEL ABONO ORGÁNICO**

Para la elaboración del BIOL se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de:

- a. Restos de cosechas.** Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc. son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc. son menos ricos en nitrógeno.
- b. Abonos verdes,** siegas de céspedes, malas hierbas, etc.
- c. Hojas.** Pueden tardar de 6 meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales.
- d. Restos urbanos.** Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc.
- e. Estiércol animal.** Destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, conejina o sirle, estiércol de caballo, de oveja y los purines.
- f. Complementos minerales.** Son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Destacan las enmiendas calizas y magnésicas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo.
- g. Plantas marinas.** Anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de fanerógamas marinas como Posidonia oceánica, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de abono orgánico ya que son compuestos ricos en Nitrógeno (N), Fósforo (P),

Carbono (C), oligoelementos y biocompuestos cuyo aprovechamiento en agricultura como fertilizante verde puede ser de gran interés.

## 5.6. EL PROCESO DE ABONO ORGÁNICO

El proceso de abono orgánico puede dividirse en cuatro periodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

- a. Mesolítico.** La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- b. Termofílico.** Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.
- c. De enfriamiento.** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que re invaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
- d. De maduración.** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

## 5.7. TIPOS DE ABONO ORGÁNICO

El compost se clasifica atendiendo al origen de sus materias primas, así se distinguen los siguientes tipos:

- a. De maleza.** El material empleado es vegetación de sotobosque, arbustos, etc., excepto coníferas, zarzas, cardos y ortigas. El material obtenido se utiliza generalmente como cobertura sobre la superficie del suelo (acolchado o “mulching”).
- b. De maleza y broza.** Similar al anterior, pero al que se le añade broza (restos de vegetación muertos, evitando restos de especies resinosas). Es un compost de cobertura.
- c. De material vegetal con estiércol.** Procede de restos de vegetales, malezas, plantas aromáticas y estiércol de équidos o de pequeños rumiantes. Este tipo de compost se incorpora al suelo en barbecho, dejándolo madurar sobre el suelo durante varios días antes de incorporarlo mediante una labor.
- d. Compost tipo Quick-Return.** Está compuesto por restos vegetales, a los que se les ha añadido rocas en polvo, cuernos en polvo, algas calcáreas, activador Quick Return, paja y tierra.
- e. Compost activado con levadura de cerveza.** Es una mezcla de restos vegetales, levadura fresca de cerveza, tierra, agua tibia y azúcar.

## **5.8. VENTAJAS**

- a. Permite la reutilización y reciclaje de un porcentaje de los residuos.
- b. Disminuye volúmenes de residuos en rellenos sanitarios
- c. El proceso genera un producto que permite acondicionar suelos.
- d. Potencial transformación de suelos estériles (arcillosos, arenosos) en suelos productivos.
- e. Ayuda a disminuir emisiones de metano en rellenos sanitarios.

## **5.9. DESVENTAJAS**

- a. Potenciales problemas de generación de olores y lixiviados.
- b. El proceso es sensible a la contaminación por presencia de materiales como plásticos y metales por lo que es necesaria una separación cuidadosa.
- c. Riesgo por emisión de metano no apropiadamente manejado.
- d. Mercado para el producto final no desarrollado.

## **5.10. INSTALACIÓN DE BIODIGESTORES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES**

El diseño de la construcción e instalación se basa en la estimación del estiércol y materia orgánica disponible, y en las condiciones locales. El sistema biodigestor adopta el tipo batch de alimentación discontinua, tiene una capacidad para almacenar hasta 600 litros del afluente líquido en cada ciclo, pudiéndose recoger de manera efectiva 405 litros de biol. Para la circulación del biogas todos los biodigestores están interconectados en

línea con salida en ambos terminales, uno que conduce el gas hasta el gasómetro y otro a la válvula de seguridad. Consta de un mecanismo de alimentación y salida del afluyente, de esta manera se convierte en un modelo único y particular.

**Cuadro N° 10: PRODUCCIÓN DE ESTIERCOL EN CORRAL DE 20 ANIMALES (KG/DIA)**

<b>Lugar de acumulación</b>	<b>Kg/día</b>	<b>Total en dos días</b>	<b>%</b>
Corral	38	76	10.5
Alrededor del corral	68	136	18.5
Lejos del corral	254	508	70
<b>Total</b>	<b>360</b>	<b>720</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia

#### **5.11. COMPONENTES PARA LA PREPARACIÓN DE BIOL**

Consiste en labores de llenado de los biodigestores con insumos determinados para la producción de biol y la posterior recolección y envasado. De acuerdo al modelo planteado en la tesina, se requieren los insumos en cantidades que a continuación se citan:

**Cuadro N° 11: CANTIDAD DE INSUMOS NECESARIOS PARA ALIMENTAR EL BIODIGESTOR**

<b>Insumos</b>	<b>Carga por tambor</b>	<b>Carga por sistema</b>
Estiércol fresco	26 kg	156 kg
Insumos con alto contenido de nitrógeno (Leguminosas)	4 kg	24 kg
Insumos con alto contenido de potasio (plátano)	3 kg	18 kg
Insumo con alto contenido de fosforo (pescado)	2 kg	12 kg
Maleza	6 kg	36 kg
Leche	5 litros	30 litros
Ceniza	01 kg	06 kg
Agua	100 litros	600 litros

Fuente: elaboración propia

La relación de mezcla de carga para cada ciclo es de tres partes de insumo líquido por uno de sólido, es decir la relación insumos líquidos y sólidos es de 3:1



## 5.12. PRODUCCIÓN DE BIOL

Los biodigestores entran en funcionamiento con la introducción de insumos a los tambores, donde el proceso de biodigestión tuvo una duración de más de 60 días. De esta manera se ha producido 468 litros.

**Cuadro N° 12: VOLUMEN DE PRODUCCION DE BIOL EN UN CICLO**

<b>Equipo</b>	<b>Carga total en litros</b>	<b>Carga sólida en Kg</b>	<b>Biol en litros</b>
Tambor	100	22	78
Equipo	600	135	468
Porcentaje	100%	22%	78%

Fuente: elaboración propia

En información bibliográfica se ha encontrado valores de Potasio, Fosforo y Nitrógeno en niveles que nos servirá de referencia cuando llevemos la muestra del biol al laboratorio.

El análisis del biol es una práctica que permite calcular una buena dosificación del uso del biol en el cultivo, de acuerdo a sus necesidades, sin hacer un uso irracional del producto. La cantidad y forma de aplicar el biol varía en función del cultivo, tipo y calidad del suelo.

**Cuadro N° 13: CONCENTRACIÓN DE NITROGENO, POTASIO Y FÓSFORO (\*)**

<b>Componente</b>	<b>Niveles</b>	<b>Porcentaje</b>
Fosforo	Bajo	1.05
	Medio	1.40
	Alto	2.10
Nitrógeno	Bajo	1.25
	Medio	1.50
	Alto	2.0
Potasio	Bajo	0.09
	Medio	0.14
	Alto	1.56

(\*) muestra tomada de digestor con estiércol de vaca.

Fuente: Instituto tecnológico del altiplano Tlaxcala-México

Para una extensión de cultivo es necesario preparar una mezcla de biol y agua, en este sentido se toma como referencia la dosis de aplicación en 10%, es decir, 2 litros de biol en 18 litros de agua.

Para una extensión de 0.25 hectárea se requiere tres mochilas de aspersion con capacidad de 20 litros y tomando en cuenta que durante un ciclo de cultivo se aplica hasta cuatro veces.

**Cuadro N° 14: REQUERIMIENTO DE BIOL POR HECTÁREA DE CULTIVO**

<b>Casos</b>	<b>Litros de biol para 0.25 Ha</b>	<b>Litros de biol para 0.5 Ha</b>	<b>Litros de biol para 1 Ha</b>	<b>Litros de biol para 4 aplicaciones</b>
Caso N° 01 (2 mochilas por 0.25 Ha)	02	04	08	32
Caso N° 02 (3 mochilas por 0.25 Ha)	06	12	24	96

Fuente: elaboración propia

## **6. HIPÓTESIS**

La producción de abono orgánico contribuirá al mejoramiento de productividad del sector agrícola y evitará la contaminación ambiental

## **7. BIOGAS COMO UNA FUENTE DE ENERGÍA SOSTENIBLE PARA PAÍSES EN DESARROLLO**

La energía es una parte indispensable de la sociedad moderna y puede servir como uno de los indicadores más importantes del desarrollo socio – económico. A pesar de los avances en tecnología, sin embargo, unos 3 mil millones de personas, principalmente de las áreas rurales de los países en desarrollo, continúan cumpliendo sus necesidades de energía para cocinar mediante el medio tradicional de quemar las fuentes de biomasa (i.e., leña, residuos de la cosecha y estiércol animal) en habituales hornos tradicionales. Tal práctica es conocida como fuente significativa de la salud pública, ambiental, social y económica. Para lograr el desarrollo sostenible en estas regiones, es imperativo que el acceso a una limpia y asequible (renovable) energía esté disponible. Con este contexto, la mejora de los recursos de biomasa existentes (i.e., estiércol animal, residuos de cosechas, residuos de cocina y residuos verdes) a más limpia y más eficiente portador de energía (tal como biogás de una digestión anaeróbica) tiene un potencial único para proveer energía limpia y segura, mientras que preserva simultáneamente el medio ambiente local y global. A pesar de su significativo potencial para servir a las naciones en desarrollo, el costo alto y falta de expertos en la instalación y mantenimiento de la tecnología de biogás impiden la amplia propagación y adopción en comunidades geográficamente aisladas. Esfuerzos concertados de ambos sectores gubernamental y no gubernamental son absolutamente esenciales

para facilitar la modernización y disseminación de la tecnología de biogás para aprovechar el inherente potencial que es corrientemente subutilizado y no explotado. La intención de esta investigación busca dar luz a la situación actual, retos y el potencial de LA TECNOLOGÍA DE BIOGAS para propugnar más investigación, desarrollo y disseminación del concepto en países en desarrollo.

### **7.1. PRODUCCION DE BIOGÁS.**

La conversión de la materia orgánica en biogás es llevado a cabo por un consorcio de microorganismos a través de una serie de etapas metabólicas (es decir, hidrólisis, ácido génesis, aceto génesis y meta- no génesis). En la primera etapa, compuestos orgánicos complejos tal como lípidos, proteínas y polisacáridos son convertidos en monómeros u oligómeros (ejemplo. aminoácidos, ácidos grasos de cadena larga, azúcares y glicerol) mediante la hidrólisis, también conocido como licuación. Este proceso es facilitado por la bacteria hidrolítica o fermentativa que libera **enzimas extracelulares**. Los compuestos simples solubles son entonces fermentados por la bacteria ácido génico en una mezcla de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), hidrogeno ( $\text{H}_2$ ), alcohol y ácidos grasos volátiles de bajo peso molecular (VFAs), e.g. ácido propiónico y butírico; un proceso conocido como ácido génesis.

Durante la acetogénesis, los alcoholes y VFAs son oxidados anaeróticamente por la bacteria hidrogeno – acetogénica productora de acetato,  $\text{H}_2$ , y  $\text{CO}_2$ . El acetato también puede ser formado de  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$  por

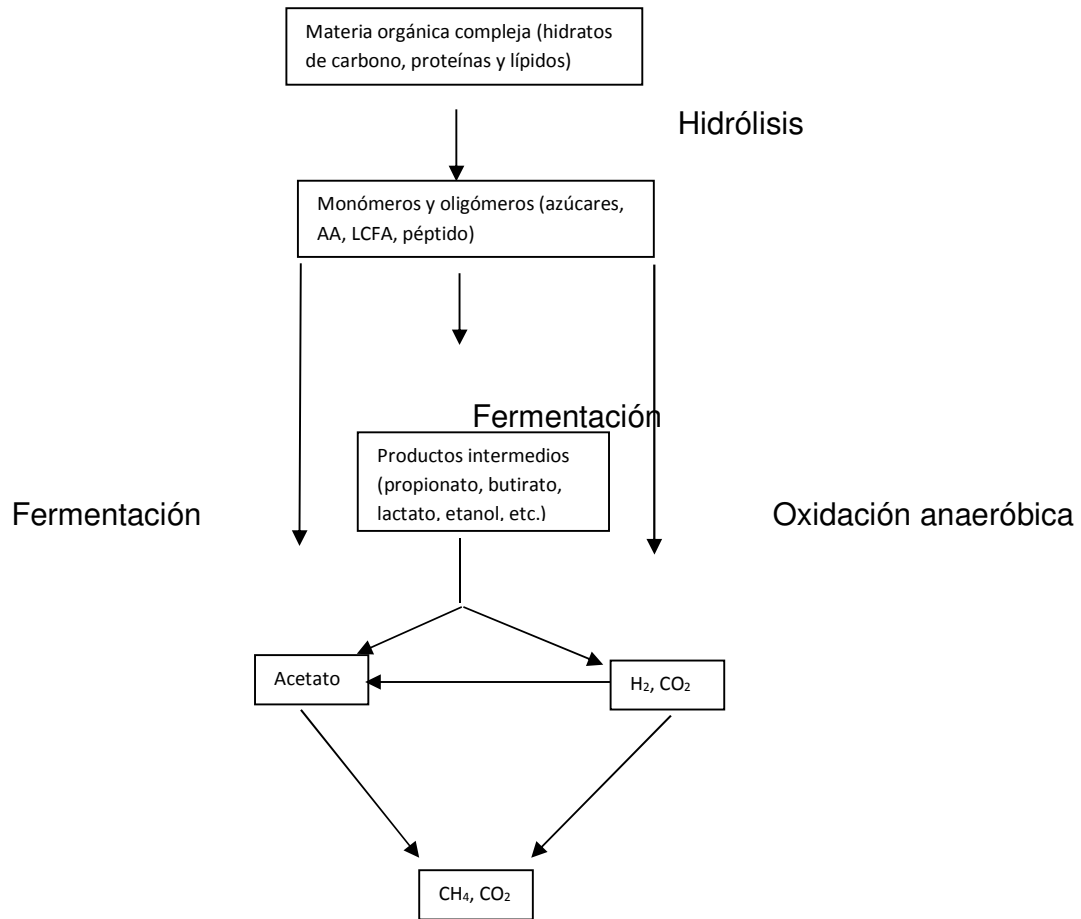
el hidrogeno oxidante de la bacteria acetogénica conocida como homoacetogen. El homoacetogénesis no ha sido ampliamente estudiado y caracterizado.

En la etapa final, acetotrofico e hidrogenotrofico metano – gens transforma el acetato,  $H_2$  y  $CO_2$  en una mezcla de  $CH_4$  y  $CO_2$ .

Acetotrofico metano gen utiliza acetato como sustrato en el proceso conocido como acetotrofico metanogénesis. El hidrogenotrofico metanogens reduce el  $CO_2$  por el uso del  $H_2$  como donador de electrones proceso llamado hidrogenotrofico metanogenesis. Del total de  $CH_4$  producido, alrededor del 70% se origina de la decarboxilacion del acetato, mientras que el  $CH_4$  restante principalmente es producido de la reducción del  $CO_2$ . Pequeñas cantidades de  $CH_4$  son también producidas de los ácidos fórmico, propiónico y butírico, y de otros sustratos orgánicos por metanogénesis. Es importante indicar que para sólidos altos de materia prima, la hidrólisis es la etapa limitante. Para materia prima altamente soluble, la metanogénesis es la etapa limitante de la velocidad.

Los procesos anaeróbicos desvían una pequeña cantidad (alrededor del 14%) de la energía disponible para el crecimiento microbiológico (10% para la bacteria fermentativa, y 4% para la metanogénesis), y la mayor parte de la energía (alrededor del 86%) es almacenada en el producto final,  $CH_4$ .

**Figura Nº 2: PRODUCCIÓN DE BIOGÁS**





### 7.1.1. COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS

La composición del biogás varía con el tipo de materia prima y condiciones de operación del digestor. En general, El biogás consiste de 50-75% de CH<sub>4</sub> y 25 – 50% de CO<sub>2</sub> junto con otras trazas de componentes como vapor de agua (H<sub>2</sub>O), sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S) y amonio (NH<sub>3</sub>). La composición típica del biogás en bruto y las propiedades de los componentes son resumidas en la tabla N° 10. El CH<sub>4</sub> es el único componente del biogás que contribuye al valor calorífico. Por ejemplo, 1 m<sup>3</sup> de biogás en bruto a temperatura y presión estándar conteniendo 60% de CH<sub>4</sub> tiene un valor calorífico de 21,5 Mj (5,97 kw de electricidad equivalente) comparado a 35,8 Mj (9,94 kw de electricidad equivalente) por m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> a presión y temperatura estándar

**Cuadro N° 15: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE BIOGÁS Y PROPIEDADES DE LOS COMPONENTES**

<b>Componentes</b>	<b>Concentración</b>	<b>Propiedades</b>
CH4	50-75%	Portador de energía
CO2	25-50%	Disminuye el valor de calentamiento corrosivo
H2S	0-5000ppm	corrosivo
NH3	0-500 ppm	Emisión durante la combustión
N2	0-5%	Disminuye el valor calorífico
Vapor Agua	1-5%	Facilita la corrosión en presencia de de CO2 y SO2

Fuente: OMS – CEPIS

**7.1.2. APLICACIONES DEL BIOGAS**

El biogás es portador de energía renovable con un potencial para diversas aplicaciones finales tales como calentamiento, generación calor y fuerza combinada (CHP), transporte de combustible (después de haber sido mejorado a biometano) o mejorado a la calidad de gas natural para diversas aplicaciones.

En los países en desarrollo principalmente con digestores a escala doméstica, el uso final del biogás esta principalmente limitado para cocinar y alumbrado. Esto es porque el digestor más común en los países en desarrollo es de 2 – 10 m<sup>3</sup>, y el volumen de biogás producido de tales digestores no se puede adaptar para CHP o para la purificación en biometano para otros propósitos finales. Cabe señalar que el biogás producido de plantas institucionales grandes en algunos países en desarrollo, está siendo usado para para la generación de electricidad a través de células de combustible o máquinas de CHP.

En los países en desarrollo las familias usan cocinas construidas de barro con una eficiencia termal de solo 5-15%. En contraste, del metano (en biogás) que quema con una llama azul limpia que es mucho más caliente que el fuego de fuentes tradicionales. Dependiendo del diseño y de las condiciones de operación, la eficiencia del biogás en las cocinas de los países en desarrollo puede promediar del 20-56% y operar satisfactoriamente bajo la presión de gas de 75-85 mm de agua, con el consumo de biogás de alrededor de 0,22 – 1,10 m<sup>3</sup> por hora. Se ha estimado que para Nepal se requiere de 0,33 m<sup>3</sup> de biogás para cumplir las necesidades de cocina per cápita por día.

El alumbrado es el segundo más importante uso final del biogás después de la cocina, especialmente en las regiones con conexiones a la red eléctrica. El biogás es implementado para el alumbrado por el uso de lámparas de gas especiales, los cuales consumen típicamente cerca de 0,07 – 0,14 m<sup>3</sup> de biogás por hora y funcionan satisfactoriamente bajo la presión de gas de 70 – 84 mm de agua.

Residuos de la cosecha pueden ser usados para la producción de biogás y biofertilizantes en reactores a escala de granjas. El uso de un proceso a temperatura debajo de las condiciones mesofílicas reduce la necesidad calentamiento así también como la inversión y costos de operación, aunque puede reducir el rendimiento de metano. En el presente estudio el efecto de la temperatura sobre la energía neta de salida fue usando azúcar de remolacha.

Los residuos de cultivos se pueden utilizar para la producción de biogás en reactores a escala de granja. El uso de una temperatura de proceso por debajo de las condiciones mesófilas reduce la necesidad de calefacción, así como los costes de inversión y operación, aunque también puede reducir el rendimiento de metano. En el presente estudio se ha estudiado el efecto de la temperatura sobre la producción neta de energía

utilizando hojas de remolacha de azúcar y paja como sustratos para dos reactores a escala piloto. La digestión se encontró que era estable a 11°C y el rendimiento óptimo de metano se obtuvo a 30°C. Se estudió el rendimiento metano y el proceso a 15°C y 30°C como se aumentaron las tasas de carga orgánica. Se encontró que la mayor producción de energía neta que se logrará a 30°C con una tasa de carga de 3,3 kg VS Day<sub>-1</sub> m<sub>-3</sub>. Ejecución de un proceso de bajo costo a temperaturas ambiente daría una salida neta de energía de 60% de la obtenida a 30°C.

### **7.1.3. BENEFICIO DE LA SALUD**

En las zonas rurales de los países en desarrollo, unos tres mil millones de personas dependen de la biomasa como la leña, residuos de cosechas, estiércol animal, y carbón para satisfacer sus necesidades de energía para cocinar. La combustión directa de la biomasa en cocinas tradicionales da como resultado mayores emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y materias de partículas. Desde la cocina se realiza generalmente sin ventilación adecuada, esto puede y debe dar lugar a problemas graves de salud debido a la contaminación del aire interior (IAP). La evidencia sobre el uso de combustibles sólidos y la aparición de enfermedades como la neumonía infantil, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y el cáncer de

pulmón se ha reportado en varios países en desarrollo. Por otra parte, estudios han relacionado la exposición IAP a una variedad de otros problemas de salud, tales como el asma y las cataratas, bajo peso al nacer y muerte fetal, la tuberculosis, y la presión arterial alta entre otros. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 1,5 millones de muertes prematuras al año (más de 4.000 muertes / día) se asociado directamente con IAP de la utilización de combustibles sólidos. Entre los 1,5 millones de muertes al año, más del 85% (alrededor de 1,3 millones de personas) se atribuyen al uso de la biomasa, el resto son debido al uso del carbón. Es importante destacar que las mujeres y los niños los que más sufren IAP ya que tradicionalmente se encargan de cocinar y otras tareas domésticas que implican gasto horas por el fuego para cocinar, y la exposición prolongada al humo. A diferencia de leña, residuos de cosechas y estiércol de ganado secas, biogás ofrece un ambiente limpio, libre de humo. En consecuencia, la instalación generalizada de las instalaciones de biogás (tanto grandes como a pequeña escala) podría significativamente ayuda en la reducción de la PIA, y una menor incidencia de enfermedades vinculadas IAP. Además, debido a la instalación de tecnologías de biogás requiere hogares para construir inodoros (construcción de inodoro es obligatoria

por la mayoría de la subvención se reducirán al mínimo los programas que están promoviendo las plantas de biogás de los hogares en los países en desarrollo), la edición actual de defecación al aire libre (en los países en desarrollo), que es en gran parte responsable para el cólera, la fiebre tifoidea y otras enfermedades transmitidas por el agua.

#### **7.1.4. BENEFICIOS DEL MEDIO AMBIENTE**

El amplio uso de leña para fines energéticos, especialmente en los países en desarrollo, tiene un grave impacto en los bosques locales. Según Osei, la leña representa el 54% de la deforestación en los países en desarrollo. La deforestación mundial es responsable de 17 a 25% de todas las emisiones de GEI antropogénicas, por lo que es una de las principales causas del aumento de las emisiones de GEI. Además, la deforestación juega un papel importante en la erosión del suelo y la degradación de la tierra. Katuwal y Bohara estima que anualmente un digestor de biogás hogares ahorra la quema directa de 3 toneladas métricas (6.600 libras (lbs)) de madera para el fuego y 576 kg (kg) (1270 libras) de estiércol; eliminando posteriormente 4,5 toneladas métricas (9.900 libras) de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Por lo tanto, una reducción significativa en la deforestación, en particular en los países en

desarrollo, se puede lograr mediante la sustitución de leña por biogás, en última instancia, la mitigación de las emisiones de GEI.

#### **7.1.5. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA DEL BIO GAS EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO EN EL MUNDO**

La primera aplicación de biogás, derivado de la descomposición de materia orgánica, se cree que su origen hace miles de años en casas de baños asirios para calentar el agua. No fue sino hasta la década de 1950, sin embargo, cuando surgió el interés y la investigación rigurosa sobre la tecnología y los llevaron a la llegada de los diseños de digestores conocidos como la Grama Laxmi III (propuesto por Joshbai Patel en la India, que más tarde sirvió como prototipo digestor-tambor). Digestores domésticos cobraron impulso en países como China y la India, donde los gobiernos apoyaron firmemente la instalación de digestores domésticos. Para el año 2007, había alrededor de 26,5 y 4 millones de digestores domésticos en China e India, una Organización de Desarrollo de los Países Bajos, también tiene activamente programas de digestor a escala pequeña promovido en varios países en desarrollo de Asia y África en los últimos 20 años. A finales de 2012, SNV logró instalar más de medio millón



de digestores domésticos, posteriormente beneficiando 2,9 millones de personas, proporcionando energía limpia para cocinar y para la iluminación. En comparación con 2011, hubo un crecimiento superior al 44% en los digestores domésticos instalados en África en 2012. Entre los diferentes diseños de digestores, los dos diseños del digestor, a saber, la fija cúpula digestor Chino y el indio digestor tambor flotante son los más comunes en los países en desarrollo. Estos digestores se construyen generalmente para convertir los desechos humanos y animales de un hogar a biogás para cocinar y para la iluminación. Típicamente, el volumen medio del digestor es de aproximadamente 5-7 m<sup>3</sup> y proporciona alrededor de 0,5 m<sup>3</sup> de biogás por volumen digestor m<sup>3</sup>. El digestor tambor flotante a menudo se construye con concreto y acero; mientras que la cúpula digestor fijo se construye generalmente con los materiales disponibles a nivel local como ladrillos y piedras. Sólo la cubierta en el digestor tambor flotante es sobre el suelo, y el resto de los componentes de los dos digestores están alojados por debajo del suelo. El principio de funcionamiento de ambos diseños digestor es bastante similar. Material de alimentación se añade a través de la tubería de entrada en el tanque digestor ya sea directamente o después de la mezcla en un pozo. El biogás

producido se recoge por encima de la suspensión y sale del tanque a través de una tubería de gas conectada a la parte superior del digestor. El digestado (lodo) sale del digestor a través de un tubo de salida y se recoge en un pozo de salida o un tanque de desplazamiento. El tanque digestor tiene o bien un compartimento o dos compartimentos (dependiendo de si es un uno o dos etapas configuración), donde el sustrato tiene un promedio tiempo de retención de 20-30 días. Flotantes digestores de tambor tienen una flotante cubierta de acero en la suspensión que se mueve verticalmente para dar cabida a la presión constante de biogás. Presiones de gas más altas pueden ser alcanzadas mediante la adición de un peso en la parte superior del soporte. En el caso de los digestores de cúpula fijos, el gas se mantiene más o menos a un volumen constante mientras que la presión varía. Ambos sistemas carecen de una mezcla adecuada y se operan sin control de la temperatura en los países en desarrollo. Por otra parte, no existe ninguna disposición para la eliminación de materiales inertes asentado que reducen considerablemente el volumen efectivo del digestor con el tiempo.

## **8. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **8.1. TIPO**

El presente trabajo de investigación sigue la estrategia del diseño no experimental por que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, no se hace variar intencionalmente a las variables independientes. Lo que si se hace es observar los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

### **8.2. ENFOQUE**

El enfoque de la investigación está basado en los siguientes métodos.

- a. Método Inductivo: Que consiste en considerar hechos y características particulares de la Municipalidad en estudio para luego inferir ciertas conclusiones.
- b. Método Deductivo: A través de este razonamiento, se toman hechos y características generales, para llegar a conocer hechos particulares que nos permitirán cumplir con los objetivos de la investigación.
- c. Método Analítico: Se lleva a cabo el análisis de un problema mediante un estudio detallado de los elementos que lo constituyen, así por ejemplo se estudia la Productividad General de la Empresa mediante el análisis detallado de los componentes de dicha productividad (productividades parciales).

d. Método Sintético: Se realiza resumiendo o sintetizando los conocimientos obtenidos del estudio de ciertos aspectos o hechos de la realidad. Este método se aplicará en el momento de elaborar las conclusiones y recomendaciones del estudio.

### **8.3. TÉCNICAS A EMPLEAR**

- a. Entrevistas. Se realizará con directivos de la Municipalidad de Lima para lograr identificar en forma precisa el problema materia de investigación. Para esto se formulará una serie de preguntas con un orden predeterminado.
- b. Consulta bibliográfica de datos históricos y estadísticas de los de los desechos urbanos.
- c. Es el acopio, ordenación, análisis y resumen de todos aquellos datos contenidos en los registros que la Municipalidad de Lima posee de las diferentes operaciones internas que realiza.
- d. Búsqueda electrónica de datos. Moderna técnica para la búsqueda de información, que hace uso de medios informáticos para tal fin, utilizando como principal herramienta el Internet. A través de este medio es posible obtener prácticamente cualquier información acerca de cualquier tema de interés, en cualquier idioma y a cualquier hora del día, por lo que prácticamente las barreras físicas de las bibliotecas han desaparecido gracias a este medio.

#### **8.4. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS**

- a. Para la observación se requiere de hojas pre estructuradas donde se especifica previamente lo que se va a observar y como se va a registrar la observación y no estructuradas para anotar todos los datos que parezcan importantes.
- b. Para la entrevista se requiere de una grabadora para poder hacer preguntas abiertas y al mismo tiempo se motiva al entrevistado a hablar con libertad.
- c. Para la encuesta se requiere de un cuestionario con preguntas que requieran selección de una sola respuesta, y que también contengan preguntas abiertas.
- d. Para las consultas bibliográficas y búsqueda electrónica de datos, requerimos de una computadora y una impresora multifuncional.

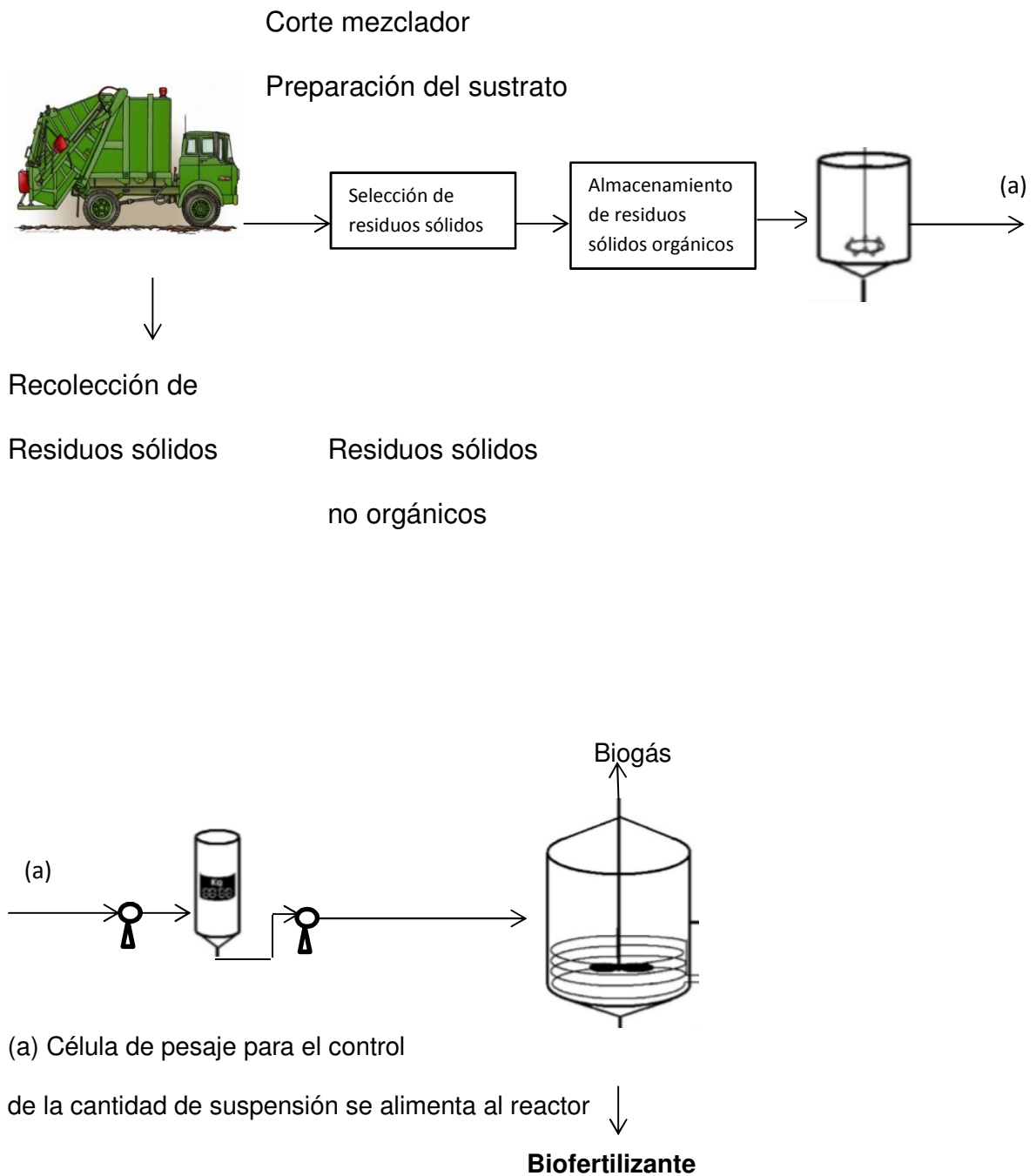
#### **8.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

- a. Modelos de pronósticos. Modelos estadísticos que nos van a permitir analizar el comportamiento de los datos en el tiempo con el fin de elaborar luego el pronóstico del comportamiento de dichos datos para el futuro.
- b. Matrices Ordenamientos u arreglos de números u otros elementos o variables, dispuestos en filas y columnas, que sirven para indicar como influyen entre sí dos tipos de variables.

- c. Tablas y gráficos. Representan resúmenes del agrupamiento adecuado de los datos para presentarlos y poder analizarlos mejor y tomar determinadas decisiones.
- d. Síntesis de opinión. Es un resumen de la interpretación del análisis.

## 9. INGENIERÍA DEL PROCESO

Figura N° 03: DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOFERTILIZANTES Y BIOGÁS



## 9.1. RESULTADOS OBTENIDOS

Por otro lado, la cantidad de residuos orgánicos y tiempo empleado para la obtención del biol se muestra en la siguiente tabla:

**Cuadro N° 16: LITROS DE BIOL OBTENIDOS POR DIGESTOR**

Digestor	Cantidad de carga (kg)	Tiempo empleado (días)	Resultado (Litros)
01	480	35	140
02	520	38	140

Nota: se realizó este experimento en dos digestores construida especialmente para el proceso de obtención del biol.

Una muestra de cada digestor (01 litro de biol) se ha llevado al laboratorio de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, los resultados obtenidos de cada litro de muestra son:

**Cuadro N° 17: RESULTADOS DE MUESTRA N° 01**

N° Muestra	Tipo muestra	Componentes Químicos	Resultado
01	Fertilizante Liquido Biol	Fosforo (P) Nitrógeno (N) Potasio (K)	4.38 % 1.57 % 0.16%

**Cuadro N° 18: RESULTADOS DE MUESTRA N° 02**

N° Muestra	Tipo muestra	Componentes Químicos	Resultado
02	Fertilizante Liquido Biol	Fosforo (P) Nitrógeno (N) Potasio (K)	1.43 % 1.57 % 0.16%

Los resultados avalados por la facultad se adjuntan a la presente.

La variación del contenido de Fosforo entre la muestra N° 01 y 02 se debe a la diferencia de días en el periodo de descomposición anaeróbica.





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**INFORME DE ENSAYO**  
**N° 213-2015**

**Cliente :** LUIS ALBERTO CUADRADO SUASNABAR  
**Referencia USAQ :** 154-01/02  
**Muestras :** FERTILIZANTE BIOL  
**Cotización :** 199-2015/USAQ-FQIQ  
**Fecha de Recepción :** 08/06/2015  
**Fecha de Emisión :** 19/06/2015

**RESULTADO DE ANALISIS: NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO**

No. de Muestra USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION O CONTENIDO	RESULTADO
154-01	FERTILIZANTE LIQUIDO BIOL 1	FÓSFORO NITRÓGENO POTASIO	4.38 % 1.57 % 0.16 %

Muestra Proporcionada por el Cliente

**Métodos:** Metales FAAS USAQ-ME-04  
Nitrógeno (fertilizantes) AOAC 955.04 1995  
Fósforo en fertilizantes AOAC 958.01

  
**Quim. María Angélica Rodríguez Best**  
DIRE Directora de la USAQ.  
COP. 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.  
Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de entregado el Informe de Ensayo, pasado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-213-LUIS ALBERTO CUADRADO SUASNABAR(Página 1 de 1)



**INFORME DE ENSAYO**  
**N° 214-2015**

**Cliente** : LUIS ALBERTO CUADRADO SUASNABAR  
**Referencia USAQ** : 154-02/02  
**Muestras** : FERTILIZANTE BIOL  
**Cotización** : 199-2015/USAQ-FIQ  
**Fecha de Recepción** : 08/06/2015  
**Fecha de Emisión** : 19/06/2015

**RESULTADO DE ANALISIS: NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO**

No. de Muestra USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACION O CONTENIDO	RESULTADO
154-02	FERTILIZANTE LÍQUIDO BIOL 2	FÓSFORO NITRÓGENO POTASIO	1.43 % 1.57 % 0.16 %

Muestra Proporcionada por el Cliente

**Métodos:** Metales FAAS USAQ-ME-04  
Nitrógeno (fertilizantes) AOAC 955.04 1995  
Fósforo en fertilizantes AOAC 958.01

  
**Quím. María Angélica Rodríguez Best**  
Directora de la USAQ.  
CQP: 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de entregado el Informe de Ensayo, pasado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-214-LUIS ALBERTO CUADRADO SUASNABAR(Página 1 de 1)

## 10. COSTOS TEÓRICOS DE BIOFERTILIZANTES

La tecnología de biofertilizante y del biogás tiene múltiples efectos beneficiosos, el uso de esta tecnología puede mejorar el bienestar humano (mejorar el saneamiento, el humo en los hogares, mejorar el alumbrado y la generación de empleos) y el medio ambiente (mejorar la calidad del agua, conservación de recursos – particularmente árboles, reducir la emisión de gas de invernadero) y producir un beneficio económico más amplio a la nación. Esta tecnología puede ser producida en un amplio rango de escalas, y la convencional sabiduría financiera es que instalaciones más grandes tienen la ventaja de resultar de economías de escala. Una característica importante de esta tecnología es que virtualmente el costo total de gasto de instalación es muy bajo. Cerca de 4 – 7.5% del costo de capital para una planta a escala de granja, mientras que la materia prima generalmente es un residuo y no hay partes móviles y pequeña operación de labor.

El costo futuro de la energía de la biomasa, no solamente dependerá de factores tales como el grado de avance de la tecnología en la conversión de la biomasa en energía, también en la exactitud de su costo estimado (Singh and scooch, 2002; Singh et al., 1998). El buen entendimiento de la relación entre costo de capital y tamaño de planta puede proveer información útil en la evaluación de la viabilidad económica de una planta de biofertilizantes y biogás, y proporcionando los medios para lo cual las decisiones son tomadas en el desarrollo de nuevos proyectos. En una economía en desarrollo, las oportunidades del mercado local frecuentemente restringen el tamaño de una planta de proceso. Los efectos de escala influyen en la capacidad de los costos por unidad (costos específicos). El concepto de economía de escala es

la preocupación principal porque determinar en el tamaño óptimo de un digestor. La medida para el cual existe la economía de escala varía grandemente de acuerdo a la industria.

La economía de digestor anaeróbico es caracterizado por el alto costo inicial de inversión. Esto es problemático donde la pobreza es endémica. Aunque la industria del biofertilizante y del biogás es generalmente caracterizado por el costo de materia prima de cero a bajo (en algunos casos es principalmente debido al costo de transporte), La producción a gran escala también será limitada por la disponibilidad local de materia prima. La cuantificación de los beneficios sociales, medioambiente y económicos depende de factores tales como el tamaño de la unidad, la localidad (condiciones del medio ambiente), disponibilidad y costo de recursos de energía alternativos. En la evaluación de la viabilidad económica de un digestor se distinguiría tres áreas de aplicación: unidades individuales caseras, plantas institucionales/ comunitarias, plantas comerciales a gran escala. En cada uno de estos casos, la factibilidad financiera depende grandemente si el costo del producto en la forma de biofertilizante o biogás puede sustituir el costo del fertilizante o del combustible, mientras que a la vez se amaina la contaminación. La factibilidad también incluye beneficios indirectos tal como la reducción del tiempo de recolección de la materia prima y disminución del costo de salud. Básicamente el valor del digestor depende del reemplazo de los recursos de energía convencional.

El precio al cual una típica empresa recarga depende del número de empresas en la industria. El menor número de suministradores, la menor competencia y por lo tanto la mayor recarga. Este concepto está representado en la siguiente ecuación.

### Fórmulas teóricas

$$Q = \left( \frac{S}{n + S \times b \times \bar{P}} \right) - S \times b \times P$$

Q = venta de las empresas

S = venta total de la industria

N = número de empresas en la industria

b = constante que representa la sensibilidad de las ventas de las empresas a su precio

p = recargo al precio por la misma empresa

$\bar{P}$  = precio promedio recargado por su competidor

Los costos de inversión para un digestor incluye: los gastos y pérdidas que son necesarias para la implementación de la planta, por ejemplo, tierra, trabajo de excavación, construcción del digestor y almacenamiento del gas y del biofertilizante (desperdicios y material). Sistema de tubería, sistema de utilización del gas, sistema de almacenamiento del substrato y otros edificios. El capital de un proyecto no siempre varía linealmente con la capacidad de la planta, el costo de un ítem específico depende del tamaño y generalmente puede ser correlacionado aproximadamente por la relación.

### Relación: Capacidad ó Tamaño con Costo

$$\frac{C_1}{C_2} = \left| \frac{Q_1^n}{Q_2} \right|$$

C<sub>1</sub> = costo del ítem al tamaño o escala Q<sub>1</sub>

C<sub>2</sub> = costo de referencia del ítem al tamaño o escala Q<sub>2</sub>

n = factor del costo de capacidad

## 11. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se trabajó con datos estimados de una planta pequeña, a precio de mercado y con la tasa social de descuento valorizado en dólares americanos se toma como referencia el 10% anual que es el costo de capital promedio en los países latinoamericanos teniendo información del banco mundial

### 11.1. INDICADORES ECONÓMICOS

$\text{VANE} = \sum_{j=0}^n \frac{Fe_j}{(1+i)^n}$
---

$\text{TIRE cuando el VANE} = 0 \quad \sum_{j=0}^n \frac{Fe_j}{(1+tire)^n} = 0 \quad =$
---

**Fe<sub>j</sub>: Flujo económico**

**n: Vida útil del proyecto**

**i: Costo de capital**

**j: Periodo**

**VAN: Valor presente neto**

**TIR: Tasa interna de retorno**

## 11.2. INVERSIÓN ESTIMADA DEL ESTUDIO - MUESTRA

Se estiman los activos fijos, activos intangibles y capital de trabajo a precio de mercado de una planta pequeña.

### Activos S/.

Terreno	5 000.00
Construcción de planta	25 000.00
Equipos	<u>10 000.00</u>
Total de Activos	40 000.00

### Capital de Trabajo S/.

Materia prima	15 000.00
Insumos	2 000.00
Mano de obra (calificada y no calificada)	<u>13 000.00</u>
	30 000.00

**Total de la inversión** S/.

40,000.00  
30 000.00  
S/.

70 000.00

### 11.3. LOS INGRESOS

#### LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se estima para una planta pequeña para 10 años, que es la vida útil del estudio. Además los ingresos se estimaron para la venta del abono para el cultivo del sector agrario.

### 11.4. FLUJO ECONÓMICO ESTIMADO DEL PROYECTO

#### Cuadro N° 19: FLUJO ECONOMICO

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		10,000	15000	18000	21000	24000	30000	35000	40000	40000	80000
Egresos	70,000	5,000	8,000	10,000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
F.C.	-70000	5000	7000	8000	9000	12000	18000	23000	28000	28000	68000

Fuente: Elaboración Propia.

### 11.5. CÁLCULO DE LOS INDICADORES

$$VAN = \sum (\text{Ingreso} - \text{Egreso}) / (1+i)^n$$

$$VAN1 = -70000 / 1.1^0 = -70,000$$

$$VAN2 = 5000 / 1.1^1 = 4,545$$

$$VAN3 = 7000 / 1.1^2 = 5,785$$

$$VAN4 = 8000 / 1.1^3 = 6,010$$

$$VAN5 = 9000 / 1.1^4 = 6,147$$

$$VAN6 = 12000 / 1.1^5 = 7,451$$

$$VAN7 = 18000 / 1.1^6 = 10,160$$

$$VAN8 = 23000 / 1.1^7 = 11,802$$

$$VAN9 = 28000 / 1.1^8 = 13,062$$

$$VAN10 = 28000 / 1.1^9 = 11,874$$

$$VAN11 = 68000 / 1.1^{10} = 26,216$$

$$VAN = 103052 - 70000 = \underline{\underline{33,052}}$$



$$\text{TIR} = \sum \text{FC} / (1 + \text{TIR})^n = 0$$

$$\text{VAN1} = -70000 / 1.5^0 = -70000$$

$$\text{VAN2} = 5000 / 1.5^1 = 3333$$

$$\text{VAN3} = 7000 / 1.5^2 = 5785$$

$$\text{VAN4} = 8000 / 1.5^3 = 2370$$

$$\text{VAN5} = 9000 / 1.5^4 = 1778$$

$$\text{VAN6} = 12000 / 1.5^5 = 1580$$

$$\text{VAN7} = 18000 / 1.5^6 = 1580$$

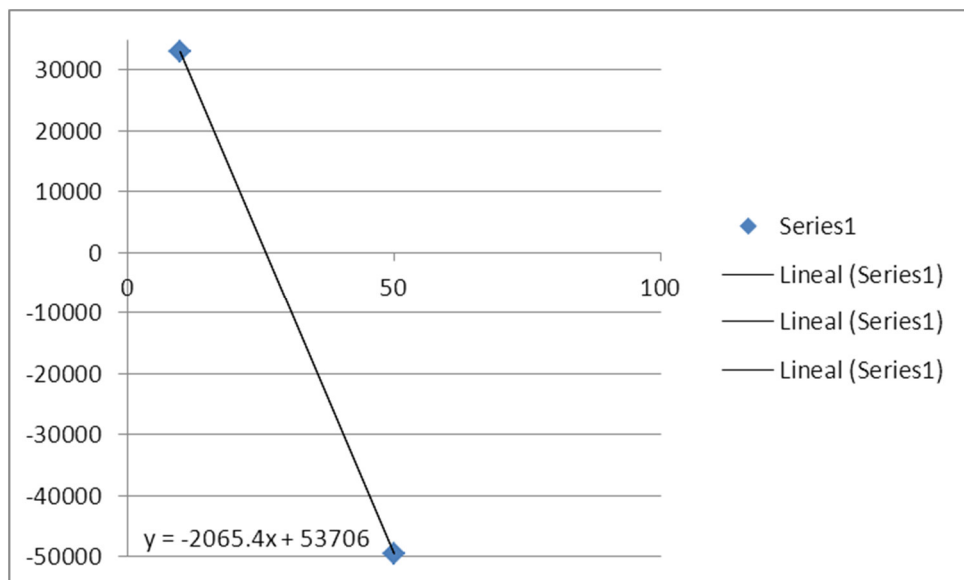
$$\text{VAN8} = 23000 / 1.5^7 = 1346$$

$$\text{VAN9} = 28000 / 1.5^8 = 758$$

$$\text{VAN10} = 28000 / 1.5^9 = 728$$

$$\text{VAN11} = 68000 / 1.5^{10} = 1179$$

$$\text{VAN} = 20437 - 70000 = -49562$$



$$\text{TIR} = 26\%$$

## **11.6. INTERPRETACIÓN DE DATOS**

El análisis económico efectuado concluye que el proyecto es rentable y sostenible en el tiempo, la tasa de rentabilidad tomada para este proyecto es del (10%) una tasa de riesgo bajo dado que en Lima existe empresas de rubro similar al proyecto. Con esta referencia se ha calculado el VAN (valor presente neto), obteniendo un resultado positivo cuyo valor es US\$ 33,052.00. Por otro lado, se ha obtenido una TIR (Tasa Interna de Retorno) del 26 % al año, porcentaje superior a la tasa de rentabilidad esperada, lo que da otro indicador que el proyecto es rentable y sostenible en el tiempo.

## 12. CONCLUSIONES

- a. Es importante resaltar el hecho que un proyecto con objetivos sociales y de conservación del medio ambiente tenga un balance positivo en aspectos financieros. Es sabido que iniciativas de este tipo, por lo general no son viables económicamente dada la dificultad de la cuantificación de los beneficios obtenidos.
- b. Para desarrollar un proyecto de elaboración de abono orgánico a partir de residuos sólidos urbanos de Lima Metropolitana, la cantidad de recursos aprovechables favorece la viabilidad económica y operacional, ya que la inversión se puede establecer como parte de la actividad necesaria de la Municipalidad.
- c. La agricultura orgánica permite que los ecosistemas se adapten mejor a los efectos de los cambios climáticos y posee un potencial mayor para reducir las emisiones de gas invernadero
- d. El biol es un abono líquido rico en fito reguladores que estimulan el crecimiento de las plantas.
- e. El biol es una excelente alternativa para el tratamiento de suelos y plantas; su producción es bastante económica y su aplicación es sencilla, obteniendo suelos conservados, plantas vigorosas y productos de calidad aptos para el consumo humano

### **13. RECOMENDACIONES**

- a. Las instituciones públicas deben fomentar el uso del abono orgánico para una mejor agricultura.
- b. Realizar estudios sobre la elaboración de abonos orgánicos con el uso de materiales alternativos y técnicas que ayuden a disminuir el tiempo de descomposición
- c. Concientización al sector agrícola para que utilice con mayor frecuencia abono orgánico
- d. Formar nuevas carreras académicas con un enfoque emprendedor, diversificador, innovador, creativo y otros que sean necesario para el desarrollo del medio ambiente.

#### 14. BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.inforeciclaje.com/>
- [www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf](http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf)
- [vidaverde.about.com](http://vidaverde.about.com)
- [www.americanbiogascouncil.org/](http://www.americanbiogascouncil.org/)
- [www.mml.pe/ambiente/.../residuos-solidos-municipales-controlados/](http://www.mml.pe/ambiente/.../residuos-solidos-municipales-controlados/)
- INGEMENT, geología del cuadrángulo de Chancay.
- ONERN. evaluación de recursos naturales 1975.
- Pérez Veras tegui Guillermo 1978, estudio geodinámica de la cuenca del rio chillón.
- Zapaj Proyectos de inversión 2014
- Instituto tecnológico del altiplano Tlaxcala-México, estudio de factibilidad de planta de biol