

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EMPLEANDO DESECHOS
SÓLIDOS PARA CUBRIR LA DEMANDA ENERGÉTICA
DE LA COMUNIDAD DE HUAYCÁN, LIMA”**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

Bach: ERICK DAVID VILLAFANA LLACSA

CALLAO, DICIEMBRE, 2018

PERÚ

Este trabajo está dedicado indiscutiblemente a mi familia sobre todo a mi hermanita Lizette Jahaira Villafana Llacsca porque tengo por seguro que ella continuará con una tradición de éxitos y se contagiará de muchos deseos de superación y a mi madre Miriam Elizabeth Llacsca Vilca porque sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible.

También quiero dedicar este trabajo a todo el pueblo peruano y decirles que sí se puede hacer estudios, sí se puede hacer ciencia, sí se puede hacer innovaciones en este país; este país es increíble y solo la verdadera educación, perseverancia y superación podrá romper barreras y llevar al país a lo más alto.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Ing. Martín Toribio Sihuay Fernández porque más allá de la orientación en la redacción de mi proyecto e informe, me apoyó moralmente dándome aliento y motivación para no desanimarme en las dificultades que se me presentaban.

Al Ing. Jaime Gregorio Flores Sánchez porque tuvo la disponibilidad y la gentileza de ayudarme en la teoría y cálculos realizados para el comienzo, la mejora y la culminación del diseño propuesto.

Finalmente, a todas aquellas personas e instituciones que de manera desinteresada colaboraron con este logro, muchas gracias a la Agencia Municipal de Huaycán, a la Municipalidad de Ate, a mi alma máter la Universidad Nacional del Callao, a las Facultades de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, a la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a la Universidad Nacional Agraria, al Ministerio del Ambiente, al Ministerio de Cultura, a la Biblioteca Nacional del Perú, al CONCYTEC, a la empresa SIEMENS, a la empresa DISPERCOL S.A.C., a la empresa POWEREQ - COPESA y al Ingeniero Edmundo Pineda de la empresa BRITANICUS.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	9
1.2. Formulación del Problema	10
1.2.1. Problema General	10
1.2.2. Problemas Específicos	10
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivo General	11
1.3.2. Objetivos Específicos	11
1.4. Delimitación de la Investigación	11
1.4.1. Teórica	11
1.4.2. Temporal	11
1.4.3. Espacial	11
1.5. Justificación	12
1.5.1. Tecnológica	12
1.5.2. Económica	12
1.5.3. Práctica	13
1.5.4. Social	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes	14
2.1.1. Internacional	14
2.1.2. Nacional	16
2.2. Marco Teórico y Conceptual	19

2.2.1. Marco Teórico	19
A. Ciclo Rankine	19
B. Mejoramiento del Ciclo Rankine	22
2.2.2. Marco Conceptual	22
A. Sistema de Generación de Energía Eléctrica	22
B. Biodigestor	22
C. Caldera	23
D. Turbina	23
E. Generador eléctrico	24
F. Desechos o Residuos	24
G. Calidad de los Desechos	25
H. Biogás	27
I. Demanda de Energía Eléctrica	29
2.3. Definiciones de Términos Básicos	31
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	33
3.1. Hipótesis	33
3.1.1. Hipótesis General	33
3.1.2. Hipótesis Específicas	33
3.2. Definición de las Variables	33
3.2.1. Variable Independiente	33
3.2.2. Variable Dependiente	33
3.3. Operacionalización de las Variables	34
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36
4.1. Tipo y Diseño de la Investigación	36
4.1.1. Parámetros del Diseño	36
4.1.2. Etapas del Diseño	37
A. Fase 1: Obtención de los Parámetros Básicos	37
B. Fase 2: Cálculos, Diseño y Selección	38

C. Fase 3: Comparación con la Realidad	54
4.3. Población y Muestra	54
4.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información	
Documental	55
4.6. Análisis y Procesamiento de Datos	56
CAPÍTULO V. RESULTADOS	57
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
6.1. Contrastación de las Hipótesis	60
6.2. Contrastación de los Resultados con Estudios Similares	60
6.3. Responsabilidad Ética	61
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Composición de los desechos en el distrito de Ate – Año 2014 (muestra 74 viviendas)	25
Tabla 2.2: Composición de los desechos en el distrito de Ate – Año 2015 (muestra 116 viviendas)	26
Tabla 2.3: Composición de los desechos en Lima y Callao – Año 2017	26
Tabla 2.4: Composición del Biogás	27
Tabla 2.5: Características del Biogás	28
Tabla 3.1: Operacionalización de la Variable Independiente	34
Tabla 3.2: Operacionalización de la Variable Dependiente	35
Tabla 4.1: Tonelaje recogido por la Municipalidad de Ate	37
Tabla 4.2: Tonelaje recogido por la empresa Petramás	38
Tabla 4.3: Porcentaje de Materia Orgánica del Total de Desechos	41
Tabla 4.4: Técnicas de Recolección Documental	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema de un Ciclo Rankine	19
Figura 2.2: El diagrama T-s de un ciclo de Rankine	20
Figura 2.3: Recibo de Luz de una casa de condiciones básicas promedio	30
Figura 4.1: Esquema del suministro de Biogás al SGEE	39
Figura 4.2: Esquema del SGEE	39
Figura 4.3: Flujograma del Diseño del SGEE	42
Figura 4.4: Turbina SST – 100 de Siemens S.A.C.	43
Figura 4.5: Plano de Ensamble del Biodigestor (medidas en cm)	49
Figura 4.6: Plano del Tanque de Almacenamiento de Biogás (medidas en m)	50
Figura 4.7: Plano del Tanque de Almacenamiento de Agua (medidas en cm)	52
Figura 5.1: Biodigestor y Tanque de Almacenamiento de Biogás del Sistema	60
Figura 5.2: Sistema de Generación de Energía Eléctrica diseñado	60

RESUMEN

Esta tesis tuvo como objetivo diseñar un sistema de generación eléctrica empleando los desechos sólidos como insumo y generar 500 kW de potencia, la potencia obtenida puede emplearse para abastecer de energía eléctrica a muchas casas de condiciones limitadas y en zonas alejadas dentro de la comunidad de Huaycán.

La metodología empleada consistió en una investigación aplicada y de nivel descriptivo debido a que se explicó un problema real y una posible solución. Los resultados fueron los esperados, debido a que se utilizó la mitad de los desechos de la comunidad y se obtuvo poco más de 600 kW, suficiente para abastecer a muchas casas que se encuentran en las zonas más altas con mayores necesidades.

Al término de esta tesis, es más que seguro que el lector tendrá más ganas de cultivar el reciclaje en su vida diaria y de colaborar con el cuidado del Medio Ambiente debido a que no sólo mejoraría las condiciones de vida económicas sino también las condiciones humanas y morales.

Palabras claves: Sistema de Generación de Energía Eléctrica, Desechos Sólidos, Biogás

ABSTRACT

This thesis had the objective of designing an Electricity Generation System that used common trash as fuel and generate 500 kW of power. The power obtained can be used to give electricity to many houses in limited conditions that are located in the furthest zones of the town of Huaycan.

The methodology consisted in an applied research of descriptive level because it mentioned a real issue and a posible solution. The results were the expected, because it was used the half of the total trash and it obtained a little more of 600 kW, enough power to give electricity to many houses in the higher zones with more necessity.

At the end of the thesis, it'll be for sure that the reader will have more encouragement to recycle in its daily life and cooperate for the enviromental care because it would improve the economic conditions and lifestyle.

Keywords: Electricity Generation System, Common trash, Biogas

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevas fuentes de energía es algo que el mundo entero ha venido enfrentando a lo largo de los años; siempre buscando eficiencia, economía y reducción de esfuerzos. Tanto así que se generó dos guerras mundiales con resultados catastróficos e inclusive la idea de una guerra por agua es algo que ha entrado en la agenda mundial y sabiendo las consecuencias pasadas, eso suena alarmante.

Actualmente existen diversas fuentes de energía como el agua, el sol, el viento, los diversos combustibles, etc. Sin embargo, hay elementos poco útiles para todos, aunque de poco útiles no tienen nada. Los desechos. En nuestro país, los desechos son abundantes y por principios químicos se sabe que los gases emitidos por los desechos pueden ser aprovechados como combustible para ciertas máquinas. Es así que la presente investigación buscó diseñar un sistema que logre aprovechar los desechos para generar energía.

En el primer capítulo se definió la problemática y los objetivos para dar soluciones además de mencionar la importancia de la investigación. En el segundo capítulo se dieron breves resúmenes de antecedentes previos a un estudio similar así como las bases teóricas y conceptuales que se emplearán en la investigación.

El tercer capítulo va de la mano con el primero donde se definió las variables de la investigación así como las hipótesis planteadas. En el cuarto capítulo se mencionó la metodología y diseño que tomó la investigación, además de los cálculos que se emplearon.

El quinto y sexto capítulo muestran los resultados obtenidos y una comparación con respecto a la realidad y antecedentes previos al estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La comunidad urbana autogestionaria de Huaycán empezó como un proyecto especial de viviendas en el año 1984, gracias a una iniciativa que tenía como principal gestor al otrora alcalde de Lima, Alfonso Barrantes Lingán. Perteneciente al distrito de Ate, esta comunidad poco a poco ha ido evolucionando, son muchas las entidades como BCP, BBVA, Western Union, etc. Que han decidido apostar e invertir en Huaycán.

Con el pasar de los años, Huaycán se ha convertido en un lugar con modernidad, trabajo y educación. Sin embargo, es preciso recalcar que hasta la actualidad, los habitantes de la comunidad, provenientes en su gran mayoría de provincias, siguen aumentando, lo cual ocasiona nuevos proyectos de vivienda y ampliaciones en las zonas, lo que a su vez conlleva a aumentar el suministro de servicios básicos y a la búsqueda de terrenos. Lo más resaltante de todo es que los pobladores no cuentan con una situación económica verdaderamente estable e inclusive realizan gastos, algunas veces excesivos, para cubrir sus necesidades básicas, eso incluye vecindarios, instituciones, complejos, etc.

Por otra parte, nuestro país cuenta con una estadística muy desalentadora, la cual indica que “desechamos más de lo que consumimos”, según datos provenientes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) sólo en la provincia de Lima en el año 2016 se generó poco más de 3 millones de toneladas de basura equivalente 8,670 toneladas por día; en el año 2015 poco menos de 3 millones, en el año 2014 alrededor de 2 millones 800 mil, lo que indica

que con el pasar del tiempo la cantidad aumenta. Esta información es suficiente para determinar que nuestro país atraviesa por un gran problema, difícil de combatir pero no imposible.

En países como Suecia, Japón o Alemania, hay diversas normas que regulan el reciclaje de la basura porque es sabido que puede dársele una nueva utilidad. Basura no es sinónimo de inservible; y eso lo sabe muy bien Suecia que es conocido como un país amante del reciclaje y que emplea el 99% de sus residuos en generar electricidad y cuenta con 32 plantas WTE (Waste to Energy) repartidas por todo el país y alimenta de energía a más de un cuarto de la población.

Esta tesis evaluó diseñar un sistema de generación de energía eléctrica empleando los desechos sólidos como insumo, el cual es abundante y de gran potencial energético; de esta manera se empleará un recurso renovable y se podrá mejorar la estadística que maneja el país y reducir la contaminación.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica empleando desechos sólidos garantiza cubrir una demanda de 500 kW dentro de la comunidad de Huaycán?

1.2.2. Problemas Específicos

P1: ¿Cómo los parámetros básicos existentes en la realidad permiten realizar el diseño de los componentes del sistema?

P2: ¿De qué manera el diseño y selección de los componentes adecuados garantiza la correcta conformación del sistema de generación de energía eléctrica propuesto?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica empleando los desechos sólidos para cubrir una demanda energética de 500 kW dentro de la comunidad de Huaycán.

1.3.2. Objetivos Específicos

O1: Determinar los parámetros básicos respectivos para el diseño del sistema de generación de energía eléctrica empleando desechos sólidos.

O2: Diseñar y seleccionar los componentes adecuados para conformar el sistema de generación de energía eléctrica propuesto.

1.4. Delimitación de la Investigación

1.4.1. Teórica

Los principios teóricos que se emplearán forman parte de la Termodinámica y Mecánica de Fluidos, fundamentalmente el Ciclo Rankine.

1.4.2. Temporal

La búsqueda de información empezó en Agosto hasta Octubre del presente año y el diseño empezó en Octubre hasta la finalización de la tesis en Noviembre del presente año 2018

1.4.3. Espacial

La investigación se limita única y exclusivamente a las zonas más alejadas de la comunidad de Huaycán y el empleo de la mitad del total de la basura de todo Huaycán.

1.5. Justificación

1.5.1. Tecnológica

En este proyecto creemos que el Perú puede presentar una gran mejora tecnológica para estar a la par con otros países que han desarrollado tecnologías similares con resultados más que alentadores.

Además, en Huaycán prevalecen las zonas rurales a comparación con las urbanas lo cual se refleja también en la educación; la educación es buena pero limitada por lo mismo que no se cuenta con grandes inversiones o los medios necesarios. Es así que, un proyecto la calidad y envergadura expuesta, será muy beneficioso en miras a un mejor avance tecnológico y mejor aprendizaje.

1.5.2. Económica

Este trabajo se realiza de manera muy especial, pensando en el bienestar y desarrollo de la comunidad de Huaycán, el cual es un pueblo que tiene muchas áreas y viviendas aún en condiciones limitadas.

Un sistema de generación de energía empleando un insumo cotidiano no sólo es un gran impacto en la educación y tecnología sino también en la economía ya que, se puede evitar los gastos excesivos por parte de la población y así cubrir cierta falta de necesidad.

Finalmente, tal y como se dijo anteriormente, este será apenas el inicio de un modelo a seguir para que el país entero presente mejoras a nivel internacional.

1.5.3. Práctica

Una justificación práctica es posible cuando la investigación ayuda a resolver un problema real. [1]

Los gastos excesivos en el consumo de electricidad y la acumulación de desechos son problemas que la comunidad de Huaycán aqueja todos los días, con este proyecto se logrará reducir en gran manera los problemas y colaborar con el bienestar.

1.5.4. Social

Una de las cosas más importantes que llevará consigo el desarrollo de este proyecto es combatir la contaminación ambiental, es así que la importancia de esta investigación a nivel social es vital.

Una gran dificultad en el ciudadano peruano es su mentalidad mezquina y desinteresada, un trabajo de este calibre comprometerá a mucha gente a cultivar una tendencia de reciclaje y compromiso con el bienestar de la sociedad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

SILES, Fabián, 2012, Generación de Energía Eléctrica a partir de producción de Biogás. Se estima que en México se produce alrededor de 40 millones de toneladas de residuos al año de los cuales 35.3 millones corresponden a residuos sólidos urbanos y de 5 a 6 millones de toneladas a residuos peligrosos. Además, México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en materia de biodiversidad por lo que es necesario la ejecución de proyectos que busquen preservar esa riqueza así como promover el cuidado al medio ambiente y la generación de energía limpia. Tuvo como objetivo, establecer los parámetros necesarios que deben conocerse para la generación de energía eléctrica a partir del biogás que es producido en un relleno sanitario.

Es fácil determinar que el exponente realizó un análisis de carácter descriptivo e informativo buscando realizar un estudio para aprovechar la gran cantidad de residuos y darle un nuevo uso como la generación de energía eléctrica.

Al final se determinó que un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de biogás es viable debido a que en la actualidad la mayoría de los países a nivel mundial han diseñado políticas que fomentan la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Además, la energía eléctrica producida a partir de biogás soluciona la gran demanda energética del país y evita el vertido de sustancias tóxicas al aire, al agua o los suelos.

SEVILLA, Rodrigo y URRESTA, Byron; 2015, Generación de Energía Eléctrica a partir de Desechos Orgánicos. El incremento de la demanda de energía eléctrica causada tanto por el desarrollo industrial y por el incremento demográfico en Ecuador sumado al aumento de la generación de desechos, constituyen factores suficientes para promover iniciativas que busquen suplir las demandas energéticas a un bajo costo. Tuvo como objetivo analizar la factibilidad de crear la empresa llamada “Garbage & Energy” que permita el aprovechamiento de los desechos orgánicos de la ciudad de Quito y generar biogás que sirva como combustible para la generación de energía eléctrica.

La investigación fue de carácter netamente descriptivo y analítico realizando un análisis del mercado, de posicionamiento estratégico y de planes comercial y financiero para saber el impacto de un proyecto de gran envergadura. Como conclusiones se determinó que los ingresos producto de la venta de electricidad no son suficientes para garantizar la factibilidad del proyecto por lo que se plantea la participación del Municipio de Quito para reducir costos logísticos y aumentar las probabilidades de generar utilidades.

CID, Abigail y CONTRERAS, Vanessa y ORMEÑO, Yesenia; 2016, Conversión de Residuos en Energía evidencia empírica en Chile. Este proyecto se enfocó en diversos problemas a nivel mundial donde se destaca: la disminución de las reservas de combustibles fósiles y el aumento de la demanda energética debido al crecimiento de la población mundial; el cambio climático debido a la presencia de CO₂ en la atmósfera; y el gran incremento de los niveles de residuos sean sólidos o líquidos.

Tuvo como objetivo valorizar económicamente la utilización de residuos para la generación de electricidad a través de un proceso denominado “Modelo de Conversión de Residuos en Energía” (WTE), en Chile. En el estudio se empleó un modelo de optimización basado en un estudio previo realizado por Wendy Pei en 2014, el cual es un modelo destinado hacia la problemática de los residuos buscando la manera de disminuirlos y a su vez generar energía; entregando soluciones casi exactas en muchas situaciones de la vida real.

Para terminar se concluyó que un estudio de esta índole se ha realizado anteriormente en otros países y en todos se llega a la conclusión que la gestión de residuos es de gran relevancia tanto para implementar el modelo WTE como para cuidar el medio ambiente. Sin embargo, los costos de las tecnologías para la implementación de diversas plantas y para procedimientos de clasificación de residuos son muy altos lo que hace poco atractivo el proyecto en términos económicos.

2.1.2. Nacional

PINEDA, Víctor, 2018, *Diseño de una Planta de Generación de Energía Eléctrica utilizando residuos comunes sólidos y hospitalarios de la comunidad, con tratamiento de gases generados*. Este proyecto se centró en la falta que tiene el Perú para cubrir la demanda de energía eléctrica, particularmente en la ciudad de Arequipa existen zonas que no cuentan con servicios básicos para un mejor desarrollo. Asimismo, en la ciudad de Arequipa existe un pobre manejo en la gestión de Residuos Comunes. Tuvo como objetivo generar Energía Eléctrica mediante un ciclo Rankine, utilizando como combustible los Residuos Sólidos y Hospitalarios generados por

la ciudad de Arequipa, realizando un tratamiento a los gases generados por la combustión de estos.

El proyecto presentó una investigación de campo recogiendo datos reales para realizar el análisis y cálculos respectivos para diseñar la planta. Además el exponente realizó un modelamiento de cada componente de la planta en formato de AutoCad así como el balance económico que traerá consigo la implementación de dicha planta. Finalmente, se logró verificar que es posible generar energía eléctrica con los residuos comunes y hospitalarios, produciendo 4.5 MW empleando apenas un 30% del total de residuos en la ciudad de Arequipa, lo que comprueba la idea de una planta con mayor capacidad. Además, debido al cálculo financiero es factible y rentable la instalación de la planta para el inversionista.

CHONLÓN, Ronald, 2016, *Estudio de Factibilidad de Producir Biogás con Residuos Orgánicos Ganaderos para satisfacer la Demanda Energética, Caserío el Tambo, Motupe 2016*. Se propuso que cada vez es más exigente buscar nuevas fuentes de energía debido al incremento de las tarifas en los procedimientos empleados. Asimismo en el distrito de Motupe no se cuenta con energía eléctrica para cubrir sus necesidades a pesar del esfuerzo de las autoridades. Se planteó como objetivo realizar un estudio de Factibilidad de producir Biogás con Residuos Orgánicos Ganaderos para satisfacer la Demanda Energética en el Caserío El Tambo, Distrito de Motupe.

El exponente presentó un diseño no experimental, descriptiva y propositiva con técnicas empíricas y documentales para la recolección de datos. Finalmente se concluyó que el Caserío el

Tambo cuenta con 15 viviendas con un consumo total de 25 kWh aproximadamente y que con estiércol de ganado vacuno de puede alcanzar 5.628 m³ de biogás al día. Además según la factibilidad del proyecto la inversión total equivale a S/. 33 788.84. El VAN equivalente a S/. 7 759.55. La TIR de 17.09%, superior a la tasa de descuento establecida de 10% lo que hace factible el proyecto.

ORTIZ, Jorge, 2017, *Diseño de una Central Eléctrica de Biomasa conectado a la Red Eléctrica de Puno, en el cerro de Cancharani, Departamento de Puno*. A nivel mundial se ha tratado el tema de convertir la materia orgánica en energía eléctrica, esta materia por lo general la conforman el estiércol, desechos municipales, desechos de comida, etc, los cuales no tienen ningún uso. El proyecto consistió en la investigación de la Biomasa para producir Energía Eléctrica a partir de Biogás tomando con referencia el botadero del cerro Cancharani.

Tuvo como objetivo el diseño de una Central eléctrica de biomasa conectada a la Red mediante la combustión de biogás procedente de residuos sólidos urbanos. Se emplearon varias técnicas documentales como el uso de datos estadísticos provenientes de diversas entidades nacionales para simular una cantidad real para empezar el análisis.

Para terminar se concluyó que la producción de Biogás en el botadero de Cancharani no es la más óptima debido a que es un botadero no tratado ni gestionado para ello se recomendó la implantación de una Central de Biomasa. Además, la Municipalidad de Puno gasta por el servicio de limpieza pública

alrededor de S/. 5138408, entonces al realizar la gestión se podrá amortiguar el gasto anual empleado.

2.2. Marco Teórico y Conceptual

2.2.1. Marco Teórico

A. Ciclo Rankine

Es el ciclo ideal para centrales eléctricas de vapor, resultado de omitir factores innecesarios del Ciclo de Carnot empleando una caldera para vapor sobrecalentado y un condensador para condensar por completo el vapor. [2]

Proceso

Consta de 4 componentes fundamentales: CALDERA, TURBINA, CONDENSADOR Y BOMBA.

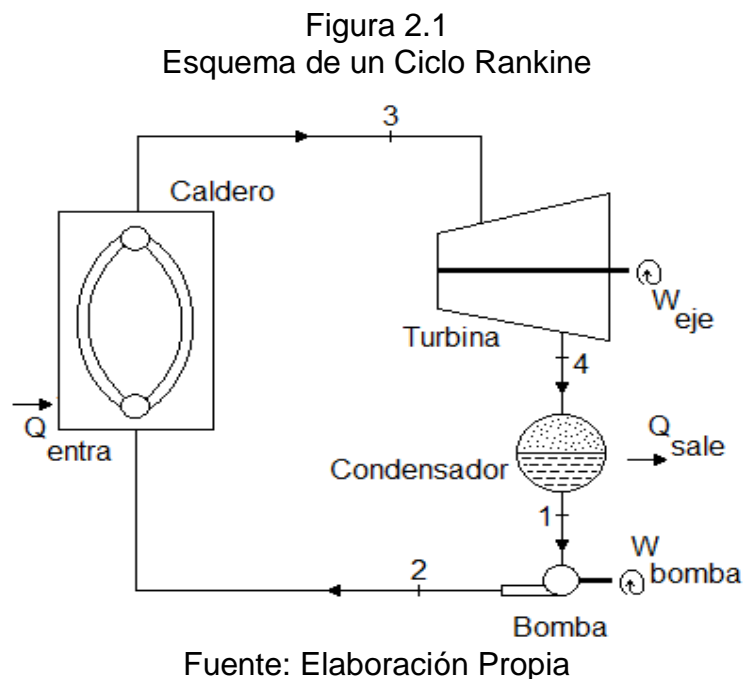


Diagrama T-s (temperatura y entropía) del Ciclo

El diagrama T-s de un ciclo Rankine está formado por cuatro procesos: dos isoentrópicos y dos isobáricos.

- **Proceso 1-2: Compresión isoentrópica**

El agua ingresa a la bomba como líquido saturado y se comprime hasta la presión de operación de la caldera.

- **Proceso 2-3: Transmisión de calor isobárico**

El agua que ingresó a la caldera como líquido comprimido, se calienta a alta temperatura y sale como vapor sobrecalentado.

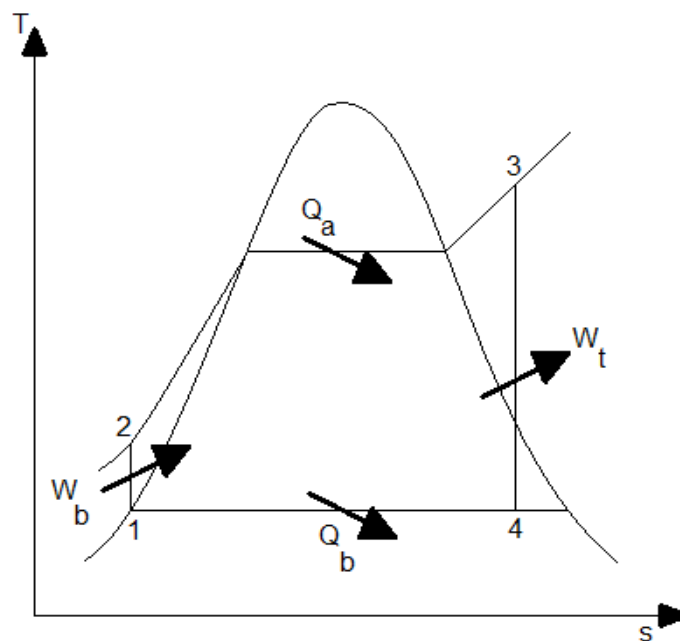
- **Proceso 3-4: Expansión isoentrópica**

El vapor sobrecalentado de agua se expande en la turbina generando trabajo mecánico en el eje. La presión y temperatura disminuyen.

- **Proceso 4-1: Transmisión de calor isobárico**

Finalmente, el vapor que sale de la turbina pasa al condensador donde se refrigera y regresa a ser líquido saturado. [3]

Figura 2.2
El diagrama T-s de un ciclo de Rankine



Fuente: Elaboración propia

Donde:

W_b : trabajo suministrado a la bomba

Q_a : calor transmitido a la caldera

W_t : trabajo producido por la turbina

Q_b : calor transmitido al exterior debido a la condensación del vapor

ECUACIONES

$$\frac{\dot{Q}_a}{\dot{m}} = h_3 - h_2 \dots(1) \quad \frac{\dot{Q}_b}{\dot{m}} = h_4 - h_1 \dots(2)$$

$$\frac{\dot{W}_{turbina}}{\eta_T} = \dot{m}(h_3 - h_4) \dots(3) \quad \frac{\dot{W}_{bomba}}{\eta_B} = \dot{m}(h_2 - h_1) \dots(4)$$

$$\eta = \frac{\dot{W}_{turbina} - \dot{W}_{bomba}}{\dot{Q}_{in}} \dots(5) \quad \eta_c = \frac{\dot{m}(h_2 - h_1)}{\dot{m}_c * PC} \dots(6)$$

$$h_2 = h_1 + 0.001(p_2 - p_1) \dots(7)$$

Donde:

\dot{Q}_a : Calor de entrada a la caldera

\dot{Q}_b : Calor de salida del condensador

\dot{m} : Flujo másico del fluido

\dot{m}_c : Flujo másico del combustible

\dot{W} : Potencia mecánica suministrada o absorbida

η : Eficiencia térmica del ciclo

η_T : Eficiencia de la Turbina

η_B : Eficiencia de la Bomba de Agua

η_c : Eficiencia de la caldera

PC : Poder calorífico del combustible

p_1, p_2 : Presiones específicas en los estados 1 y 2.

0.001: constante que hace referencia al volumen específico, siempre tiene ese valor aproximado.

h_1, h_2, h_3, h_4 : Entalpías específicas de los estados principales del ciclo. [4]

B. Mejoramiento del Ciclo Rankine

Si vemos la ecuación (5): (\dot{m} es factor común)

$$\eta = \frac{\dot{W}_{turbina} - \dot{W}_{bomba}}{\dot{Q}_{in}} = \frac{h_3 - h_4 - (h_2 - h_1)}{h_3 - h_2}$$
$$\eta = \frac{(h_3 - h_2) - (h_4 - h_1)}{h_3 - h_2} = 1 - \frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2} = 1 - \frac{\dot{Q}_b}{\dot{Q}_a} \dots (8)$$

Esto quiere decir que para que la eficiencia η sea la más alta posible el calor \dot{Q}_a debe ser el mayor posible. Lo cual implica que a mayor TEMPERATURA de operación mayor será la eficiencia del ciclo. Cabe resaltar que existen otras formas de mejorar la eficiencia del ciclo como aumentar la presión de vapor en el caldero, disminuyendo la presión en el condensador o con un recalentamiento en dos etapas empleando dos turbinas. [5]

2.2.2. Marco Conceptual

A. Sistema de Generación de Energía Eléctrica

Es un conjunto de maquinarias interrelacionadas entre sí que tienen como función principal la generación de energía eléctrica.

Esto se logra al convertir cualquier tipo de fuente de energía en movimiento. Este movimiento o energía cinética se transmite hacia un generador de energía eléctrica.

B. Biodigestor

El biodigestor es un sistema en el cual se genera un ambiente adecuado para que la materia en su interior se descomponga en ausencia de oxígeno, fenómeno conocido como digestión anaeróbica. Es un recipiente cerrado el cual puede ser

construido de diferentes materiales, posee un ducto de entrada por donde ingresa el material orgánico (en este caso desechos) junto con agua y un ducto de salida por donde sale el material consumido por la descomposición. [11]

“Es una forma barata y fácil de obtención de energía que tiene gran potencial para ser desarrollada y utilizada ampliamente en nuestro país.” [12]

C. Caldera

El término caldera es aplicable para cualquier máquina que sirva para generar vapor o agua caliente; es decir es un mecanismo diseñado para transmitir calor por medio de una combustión a un fluido que esté contenido en la caldera. [13]

- **Calderas Piro tubulares:** “son calderas con tubos rectos que están rodeados de agua y a través de ellos pasan los gases productos de la combustión”. [14]
- **Calderas Acuotubulares:** son calderas por donde pasa vapor o agua y el calor es aplicado en la superficie exterior, los tubos son conectados con dos o más tambores en paralelo. [15]

D. Turbina

Es una máquina que tiene como finalidad transformar la energía de cualquier fluido en energía mecánica, en el caso de las plantas eléctricas, aprovecha el movimiento del eje de la turbina para generar energía eléctrica, de esta manera se puede clasificar a las turbinas dependiendo del fluido que emplean. [16]

Turbina de Vapor

Es un tipo de turbina que emplea el vapor de cierto elemento como fluido para producir energía mecánica.

E. Generador Eléctrico

“Los generadores cambian la energía mecánica en energía eléctrica.”

El principio que maneja es conocido como Acción del Generador también llamado Inducción cuando el voltaje se puede inducir en un conductor dentro de un campo magnético. Para este principio se toma la energía mecánica brindada y generar electricidad. [17]

F. Desechos o Residuos

En primer lugar, **desecho** es todo aquello que quedó después de haber sacado lo mejor de algo y por tal motivo ya no tiene utilidad. **Residuo** es la porción de un total, resultado de la descomposición o destrucción de algo y por tal motivo queda como inservible después de una operación. Puede dársele el mismo concepto para ambos casos. [18]

Los desechos o residuos son las sustancias, productos o subproductos desechados por su generador. El generador es toda persona que por algún motivo genera desechos. [19]

Clasificación de los desechos

- **Desechos orgánicos**

“Residuos de origen biológico que se descomponen naturalmente generando gases y lixiviados en lugares de tratamiento y disposición final”. [20]

- **Desechos inorgánicos**

“Residuos de origen mineral o producidos industrialmente que no se degradan con facilidad. Pueden ser reaprovechados mediante proceso de reciclaje”. [21]

- **Desechos peligrosos**

“Son aquellos que por sus características o el manejo que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente”. [22]

G. Calidad de los Desechos

Los desechos que se recogen a diario contienen diferentes cosas como plástico, cáscaras, vidrio, metales, etc. Sólo nos enfocaremos en la materia orgánica.

Tabla 2.1

Composición de los desechos en el distrito de Ate – Año 2014 (muestra 74 viviendas)

Materia Orgánica	55.60	Metales	1.94
Madera, follaje	1.01	Telas, textiles	2.04
Papel	5.37	Caucho, cuero, jebe	1.42
Cartón	3.09	Pilas	0.00
Vidrio	1.22	Restos de medicinas, focos	0.09
Plástico PET	2.10	Residuos sanitarios	6.46
Plástico Duro	1.86	Material inerte	8.58
Bolsas	6.01	Tetrapack	2.07
Tecnopor y similares	0.94	TOTAL	100

Fuente: Ministerio del Ambiente

Tabla 2.2
Composición de los desechos en el distrito de Ate – Año
2015 (muestra 116 viviendas)

Materia Orgánica	57.41	Metales	1.99
Madera, follaje	1.01	Telas, textiles	4.09
Papel	4.88	Caucho, cuero, jebe	0.00
Cartón	3.45	Pilas	0.06
Vidrio	2.80	Restos de medicinas, focos	0.00
Plástico PET	1.09	Residuos sanitarios	4.14
Plástico Duro	2.29	Material inerte	0.00
Bolsas	5.22		
Tecnopor y similares	1.05	TOTAL	100

Fuente: Ministerio del Ambiente

Tabla 2.3
Composición de los desechos en Lima y Callao – Año 2017

Materia Orgánica	53.18	Metales	1.94
Madera, follaje	2.18	Telas, textiles	2.16
Papel	5.39	Caucho, cuero, jebe	0.91
Cartón	3.61	Pilas	0.35
Vidrio	3.37	Restos de medicinas, focos	0.40
Plástico PET	2.46	Residuos sanitarios	9.08
Plástico Duro	3.08	Material inerte	3.22
Bolsas	4.76	Tetrapack	0.93
Tecnopor y similares	0.90	Otros	1.85
Lata	0.5	TOTAL	100

Fuente: Ministerio del Ambiente

Las tablas 2.1 y 2.2 reflejan el porcentaje de composición de los desechos en el distrito de Ate en los años 2014 y 2015, el componente de mayor porcentaje es la materia orgánica.

La tabla 2.3 refleja la composición de los desechos, esta vez en todo Lima y Callao en el año 2017. La materia orgánica conforma la BIOMASA, a su vez la Biomasa produce BIOGÁS por medio de digestión anaerobia.

H. Biogás

“El biogás es el gas resultante de la degradación de la materia orgánica. Está compuesto principalmente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y diversas impurezas.” [6]

Tabla 2.4
Composición del Biogás

COMPONENTE	CANTIDAD
CH ₄	45 – 65%
CO ₂	34 – 55%
CO	Trazas
N ₂	0 – 20%
O ₂	0 – 5%
H ₂	0 – 1%
H ₂ S	100 – 5000 ppm
NH ₃	Trazas
Vapor de Agua	Saturación
Compuestos Orgánicos Volátiles	5 ppm

Fuente: CUESTA, Jorge, 2015. Obtención de biogás a partir de Residuos Sólidos Urbanos para su Inyección a Red. Pág.

Tabla 2.5
Características del Biogás

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
Temperatura adecuada de operación	45° C
Tiempo de retención	De 40 a 100 días
Contenido Energético	23000kJ/m ³ ≈ 6 kWh/m ³
Generación de Biogás	De 0.2 m ³ a 0.4 m ³ de biogás por kg de biomasa

Fuente: PADILLA, Alejandro, 2015. Producción de Biogás y Compost a partir de Residuos Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna. Pág. 38

En la tabla 2.4 se describe la composición del biogás, donde se resalta que el Metano (CH₄) es el componente con mayor presencia seguido de Dióxido de Carbono (CO₂).

La tabla 2.8 refleja características que son importantes para el análisis:

Temperatura de Operación: La temperatura es uno de los principales parámetros de diseño debido a que a medida que aumenta la temperatura, aumenta el crecimiento de microorganismos y acelera el proceso de digestión.

Existen 3 rangos de temperatura en la que pueden trabajar los microorganismos: psicrófilos (debajo de 25°C), mesófilos (entre 25°C y 45°C) y termófilos (de 45°C a 60°C), siendo el régimen mesofílico el más usado, aunque en la actualidad se está empleando el rango termofílico cada vez más. Para un

óptimo funcionamiento se recomienda un diseño con una tolerancia de 0.6 a 1.2 °C /día. [7]

Tiempo de Retención: Este parámetro representa el tiempo que debe permanecer el sustrato, en este caso los desechos, dentro del contenedor. Este valor [8]

Contenido Energético: depende directamente del contenido de metano presente en el biogás. Para un biogás con los componentes descritos en la tabla 2.7 el contenido energético varía entre 18 a 27 MJ/m³. [9]

Generación de Biogás: existen algunas equivalencias que fueron determinadas con experimentos previos. El dato mencionado en la tabla 2.5 es indispensable. [10]

I. Demanda de Energía Eléctrica


Existen dos empresas que brindan servicios de energía eléctrica en el Perú. ENEL y LUZ DEL SUR.

La empresa Luz del Sur es la que se encarga de brindar los servicios de Energía Eléctrica al distrito de Ate y por consecuencia a la comunidad de Huaycán.

Esto es posible debido a la instalación de subestaciones de Energía Eléctrica en distintos puntos de la comunidad, que distribuyen la energía suministrada por Luz del Sur a la subestación, a distintos clientes (casas, instituciones, asociaciones, etc). Debido a esto es importante conocer la **Potencia Contratada**.

Figura 2.3

Recibo de Luz de una casa de condiciones básicas promedio



LUZ DEL SUR S.A.A.
AV. CANVAL Y MOREYRA 380 SAN ISIDRO - LIMA
RUC 20531898208

N° DE SUMINISTRO 1271116

VILCA UMPIRE GUADALUPE
HUAYCAN D UCV 60 LT.08
ATE-VITARTE - LIMA
053106

Recibo Nro. 216421553 N - BV-53137

Ruta 04-909-1090 Medidor Nro. 005400463 S - 0109

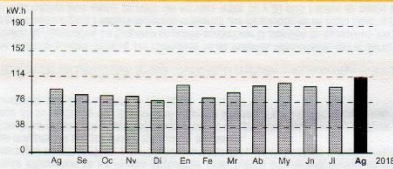
DATOS DEL SUMINISTRO

Tarifa	BT5B Residencial
Conexión	Aérea C1.1
Sector Típico	1 (SE0133)
Potencia Contratada	1.00 KW
Nivel Tensión	220 V
Medidor	MONOFÁSICO Mecánico 3 hilos

DETALLE DEL CONSUMO

Lectura Actual	17137.00 (07/08/18)
Lectura Anterior	17024.00 (05/07/18)
Diferencia lecturas	113.00
Factor del medidor	1
Consumo a facturar	113.00 kW.h

HISTORIA DE CONSUMO



Importes 2 últimos meses Facturados
Jun-18 S/ 68.03 Jul-18 S/ 59.01

DETALLE DE LOS IMPORTES FACTURADOS

Mes Facturado **AGOSTO 18**

Descripción	Precio Unit.	Importe
Cargo Fijo		2.61
Mant. y Reposición de Conexión		1.32
Consumo de Energía	0.5007	56.58
Alumbrado Público		3.47
Nota Débito Res. N° 104-110-2018-OS/CD I.G.V.		0.35
Electrificación Rural (Ley N° 28749)	0.0083	0.94
SUBTOTAL DEL MES		76.84
Ajuste sencillo mes anterior		0.03
Ajuste sencillo mes actual		(0.07)
TOTAL IMPORTES FACTURADOS		76.80


MENSAJES AL CLIENTE

Las conexiones clandestinas ponen en riesgo su integridad física y sobrecargan las redes, lo que puede afectar sus electrodomésticos y causar graves accidentes. Denuncie el hurto de energía llamando a Fonoluz, se mantendrá absoluta discreción.

✓ El total a pagar incluye: Recargo por FOSE (Ley 27510) S/ 2.71

ENCARGOS DE COBRANZA

TOTAL A PAGAR S/ ***76.80**



12711166 0800000007680

LISTADO DE INTERRUPCIONES

FECHA DE EMISIÓN	FECHA DE VENCIMIENTO
08-AGO-2018	23-AGO-2018

Consultas Comerciales y Emergencias **FONOLUZ 617-5000**
LLEVAMOS MÁS QUE LUZ

Ponemos a su disposición nuestra renovada: **OFICINA VIRTUAL**
Suscríbese ingresando a nuestra página web www.luzdelsur.com.pe

Ahora también descarga nuestra: **NUEVA APLICACIÓN MÓVIL**
Conoce tu estado de cuenta y reporta averías.
Disponible en App Store y Google Play

Impreso por Aleph R.U.C. 20258078048

Fuente: Elaboración propia

La figura 2.3 representa un cliente promedio y se puede apreciar que la Potencia Contratada es **1 kW**. Es decir que en promedio a una vivienda en Huaycán se le destina una potencia contratada de 1 kW.

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Bioabono:** componente que resulta de la materia orgánica después de la producción de biogás.
- **Biomasa:** es la cantidad de materia (mayormente desechos) que se acumula en una población o ecosistema.
- **Bomba Hidráulica:** es una máquina que emplea la energía mecánica con la que es accionada y lo transforma en energía hidráulica para dar movimiento y otra función.
- **Ciclo de Carnot:** es un ciclo termodinámico donde la máquina o equipo que opere absorbe calor de otra fuente para su proceso.
- **Combustión:** es la reacción química entre el oxígeno y un material oxidable acompañado de desprendimiento de energía en forma de calor y de llamas.
- **Condensador:** es un intercambiador térmico, en el cual se pretende que el fluido que lo recorre cambie a fase líquida desde su fase gaseosa mediante el intercambio de calor con otro medio.
- **Eficiencia:** vínculo o relación entre la energía que se invierte y la energía que se aprovecha durante un procedimiento o sistema físico.
- **Kilowatt-hora:** Unidad de trabajo o energía, de símbolo kWh, que equivale a la energía producida o consumida por una potencia de 1 kilovatio en 1 hora.
- **Lixiviado:** es el resultado del paso del agua por los desechos, puede entenderse como agua contaminada.
- **Recalentamiento:** proceso donde se recalienta un sistema o fluido aumentando su temperatura para una cierta finalidad.

- **Reciclaje:** actividad o proceso de recolección de desechos para ofrecerles un nuevo uso.
- **Relleno Sanitario:** es un espacio de territorio destinado para la disposición final de los desechos previamente reciclados o simplemente botados.
- **Termodinámica:** rama de la física que se encarga del estudio de la acción mecánica del calor y las formas de energía que ofrece.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

El realizar el diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica empleando desechos sólidos garantiza cubrir una demanda de 500 kW dentro de la Comunidad de Huaycán.

3.1.2. Hipótesis Específicas

H1: El determinar los parámetros básicos respectivos permite realizar el diseño de los componentes del sistema de generación de energía eléctrica empleando desechos sólidos.

H2: El diseñar y seleccionar adecuadamente los componentes del Sistema de Generación de Energía Eléctrica garantiza concluir satisfactoriamente el diseño del sistema propuesto.

3.2. Definición de Variables

3.2.1. Variable Independiente

Sistema de Generación de Energía Eléctrica empleando desechos sólidos.

Definición

Variable que representa un sistema compuesto por un Biodigestor, Caldera, Turbina, Generador Eléctrico, Condensador y Bomba Hidráulica y que tiene por finalidad obtener energía eléctrica empleando los desechos sólidos como combustible.

3.2.2. Variable Dependiente

Demanda de Energía Eléctrica

Definición

Variable que representa el consumo de energía eléctrica en la comunidad de Huaycán medido en Kilowatt – hora (kWh) el cual se puede obtener mediante las facturaciones mensuales.

3.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 3.1

Operacionalización de la Variable Independiente

Variable Independiente	Sistema de Generación de Energía Eléctrica empleando Desechos Sólidos	
Dimensión	Indicador	Actividades a Realizar
Biodigestor	Volumen (m ³)	Almacenar los desechos hasta su descomposición (biogás).
Caldera	Calor (kJ/s)	Emplea los gases (biogás) de descomposición como combustible y producir vapor de agua
Turbina	Potencia (kW)	Recibe el vapor de agua el cual ejerce una fuerza en las paletas y produce movimiento en el eje.
Generador Eléctrico	Potencia eléctrica (kWh)	Recibe el movimiento del eje y genera energía eléctrica.
Condensador	Calor (kJ/s)	Recibe el vapor de agua saliente de la turbina y lo condensa hasta su estado líquido
Bomba Hidráulica	Caudal (m ³ /s)	Recibe el agua líquida y genera trabajo para retornarlo a la caldera.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2

Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable Dependiente	Demanda de Energía Eléctrica	
Dimensión	Indicador	Instrumento de Medición
Potencia eléctrica producida	Potencia eléctrica (kWh)	Facturaciones Mensuales

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación aplicada se caracteriza por su enfoque en la aplicación de conocimientos teóricos a determinadas situaciones reales y las posibles consecuencias que se deriven. [23]

Un diseño no experimental consiste en una investigación donde no se manipula deliberadamente las variables simplemente se observan los fenómenos en su contexto natural para después analizarlos. [24]

Los diseños transeccionales o transversales recogen datos en un momento preciso con el fin de describir variables y analizar los efectos en un momento dado. [25]

Por tales motivos la investigación fue de tipo Aplicada de diseño No Experimental y Transversal.

4.1.1 Parámetros de Diseño

- Peso (kg) y densidad (ρ) de los desechos para determinar el Volumen (m^3) del biodigestor que se necesitó y también para saber el Volumen (m^3) de biogás que se generó y diseñar un Tanque de Almacenamiento de Biogás.
- Presión (bar) y Temperatura ($^{\circ}C$) de entrada a la Turbina así como las Presiones de Salida a Contrapresión (bar) y Salida a Condensación (bar) para determinar las entalpías (kJ/Kg) presentes en los estados del ciclo.
- Potencia Máxima de la Turbina (MW) para la selección del Generador Eléctrico a emplear.

- Eficiencia (%) de la Caldera para obtener el flujo de vapor de agua presente en el ciclo, de esta manera se puede seleccionar las Bombas Hidráulicas y el Condensador más adecuados y económicos.
- Los BHP que ofrece la Caldera como máximo para saber si los BHP obtenidos con los cálculos se encuentran en el rango correcto.

4.1.2 Etapas del Diseño

A. Fase 1: Obtención de los Parámetros Básicos

La Oficina de Limpieza Pública de la Agencia Municipal de Huaycán brindó la información estadística necesaria sobre los desechos que se generan en Huaycán.

Desechos Sólidos en Huaycán

En la comunidad de Huaycán se cuenta con 10 camiones recolectores, de los cuales 6 son brindados por la Municipalidad de Ate y los 4 restantes por la empresa Petramás.

Tabla 4.1

Tonelaje recogido por la Municipalidad de Ate

MUNICIPALIDAD DE ATE	
Mes	Toneladas
Mayo	1658.03
Junio	1567.81
Julio	1550.25
Promedio	1592.03

Fuente: Oficina de Limpieza Pública de la Agencia Municipal de Huaycán

Tabla 4.2
Tonelaje recogido por la empresa Petramás

PETRAMÁS	
Mes	Toneladas
Mayo	1,726.46
Junio	1,647.51
Julio	1,661.74
Promedio	1,678.57

Fuente: Oficina de Limpieza Pública de la Agencia Municipal de Huaycán

Posteriormente se investigó a profundidad antecedentes sobre temas similares buscando hallar relaciones que puedan ser útiles tales como la calidad de los desechos y la obtención de biogás.

Finalmente, se investigó sobre características técnicas de los componentes necesarios para el sistema.

B. Fase 2: Cálculos, Diseño y Selección

Primeramente, se eligió la teoría física necesaria basada en principios de la Termodinámica.

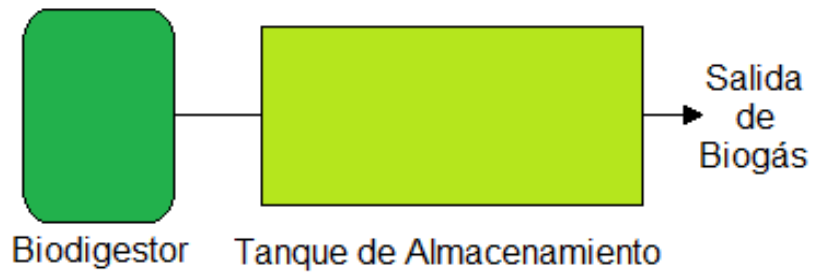
Con características técnicas apropiadas se empezó con el análisis. Analizando varios casos con distintas turbinas y se optó por el mejor resultado a mejores condiciones.

Posteriormente, tomando como datos el peso y la densidad de los desechos se diseñó el tamaño del tanque de almacenamiento de biogás y del biodigestor que se empleará.

Finalmente, en base a los cálculos realizados y al uso de catálogos se seleccionó los demás componentes del sistema.

Figura 4.1

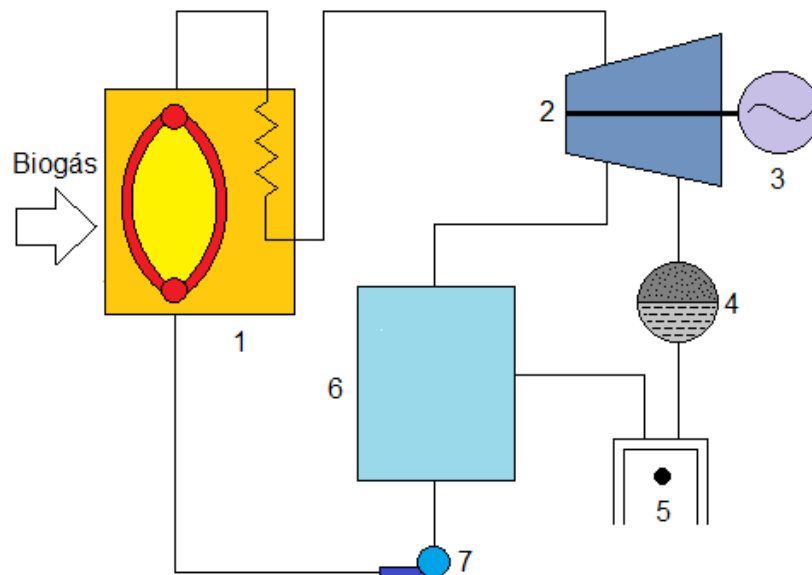
Esquema del suministro de Biogás al SGEE



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2

Esquema del SGEE



Fuente: Elaboración propia

El 1 representa la CALDERA la cual cuenta con una entrada de aire y otra entrada de agua en estado líquido; esta caldera recibirá el Biogás como combustible generando así Combustión para llevar el agua a vapor saturado. Después se

salir tiene un retorno a la caldera para aumentar la temperatura y llevar el vapor saturado a vapor sobrecalentado.

El 2 representa la TURBINA DE VAPOR que recibe el vapor sobrecalentado y genera movimiento en sus álabes. Cuenta con 2 salidas, una salida para el condensador y un sangrado hacia un tanque de almacenamiento.

El 3 representa el GENERADOR ELÉCTRICO el cual recibe el movimiento que se genera en el eje de la turbina y produce electricidad.

El 4 representa el CONDENSADOR que recibe el vapor de agua a la salida de la turbina y lo lleva a su estado líquido.

El 5 representa a una BOMBA DE AGUA reciprocante, la cual lleva el agua en estado líquido al tanque de almacenamiento.

El 6 representa al TANQUE DE ALMACENAMIENTO que recibe vapor de agua proveniente de la turbina y agua en estado líquido proveniente de la bomba de agua. La existencia del tanque de almacenamiento se da para reducir las pérdidas que puedan existir en el camino. Lo que sale del tanque es agua en estado líquido, porque al juntarse vapor y líquido se generará un cambio de fase de temperatura para conservar el agua en estado líquido

El 7 representa una segunda BOMBA DE AGUA que recibe el agua en estado líquido y lo lleva nuevamente a la caldera cerrando de esta manera el ciclo.

Entonces: en Huaycán se genera en suma 3270.6 ton/mes de basura en promedio, tomaremos la mitad. Además basándonos en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3:

Tabla 4.3

Porcentaje de Materia Orgánica del Total de Desechos

COMPONENTE	%	AÑO
Materia Orgánica	55.60	2014
Materia Orgánica	57.41	2015
Materia Orgánica	53.18	2017

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Porcentaje Promedio} = \frac{55.6 + 57.41 + 53.18}{3} = 55.397\%$$

Es decir 55.4% del total de basura es Materia Orgánica que representa la BIOMASA

DATOS A EMPLEAR:

$$\frac{3270.6}{2} * \frac{55.397}{100} = 905.466 \frac{\text{ton}}{\text{mes}} = 905466 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

$$905907 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} = 30182.187 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 1257.591 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

$$\mathbf{0.3433 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}$$

EL FLUJO MÁSICO DE BIOMASA QUE SE GENERA ES **0.3433 KG/S**

Según la tabla 2.5 se produce entre 0.2 y 0.4 m³ de BIOGÁS por kg de BIOMASA, entonces tomaremos 0.3 m³ de biogás por kg de biomasa:

$$0.3433 \frac{kg}{s} = 0.1048 \frac{m^3}{s}$$

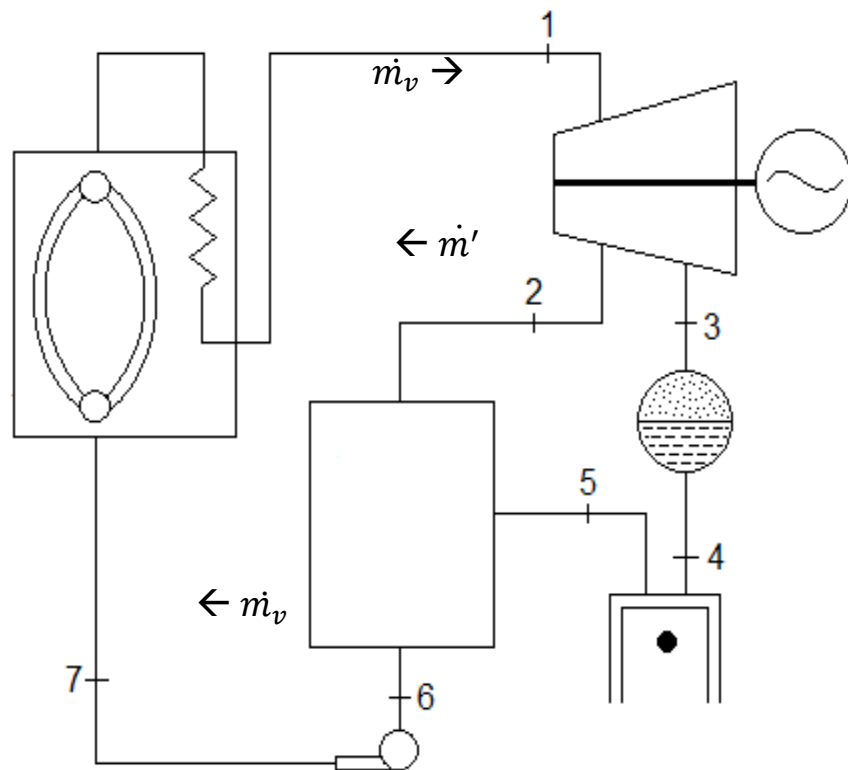
EL FLUJO VOLUMÉTRICO DE BIOGÁS ES **0.1048 M³/S...**
(1)

Según la tabla 2.5 nuevamente:

CONTENIDO ENERGÉTICO ES **23000 KJ/M³...** (2)

Figura 4.3

Flujograma del Diseño del SGEE



Fuente: Elaboración Propia

\dot{m}_v : Flujo de vapor de agua principal.

\dot{m}' : Parte del flujo de vapor de agua que sale de la turbina e ingresa al tanque de almacenamiento.

Por otra parte, la turbina de más baja potencia tiene los siguientes datos:

Figura 4.4

Turbina SST – 100 de Siemens S.A.C.



SST-100

Hasta 8,5 MW

La SST-100 es una turbina de carcasa simple, con reductor para accionamiento de generador; prefabricada incluyendo los álabes como solución económica. Se utiliza principalmente para aplicaciones industriales.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 8,5 MW
- Presión de entrada de hasta 65 bar
- Temperatura de entrada de hasta 480 °C
- Velocidad de giro de hasta 7.500 rpm
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar o condensación de hasta 1 bar
- Área de escape 0,22 m²

Fuente: SIEMENS S.A.C.

Presión de entrada = 65 bar; Temperatura de entrada = 480 °C; Potencia máxima = 8.5 MW; Presión de salida en contrapresión = 10 bar; Presión de salida a Condensación = 1 bar.

Es decir:

$$P_1 = P_7 = 65 \text{ bar} ; T_1 = 480 \text{ }^\circ\text{C}$$

Con el empleo del Diagrama de Mollier (ver anexo 3) y el Diagrama T – s del agua (ver anexo 4) se obtiene que:

$$h_1 = 3370 \text{ kJ/kg}$$

A su vez:

$$P_2 = P_5 = P_6 = 10 \text{ bar} ; P_3 = P_4 = 1 \text{ bar}$$

Nuevamente con los Diagramas mencionados:

$$h_2 = 2878 \text{ kJ/kg} \quad T_2 = 220^\circ\text{C}$$

$$h_3 = 2470 \text{ kJ/kg} \quad T_3 = 95^\circ\text{C}$$

A la salida del condensador:

$$h_4 = 400 \text{ kJ/kg} \quad T_4 = 95^\circ\text{C}$$

Aplicando la fórmula de entalpías:

$$h_5 = 400 + 0.001 * (10 - 1)/10$$

$$h_5 = 400.9 \text{ kJ/kg}$$

A la salida del tanque de almacenamiento:

$$h_6 = 755 \text{ kJ/kg} \quad T_6 = 175^\circ\text{C}$$

De manera análoga al caso anterior:

$$h_7 = 755 + 0.001 * (65 - 10)/10$$

$$h_7 = 760.5 \text{ kJ/kg}$$

Después de hallar todas las entalpías en todos los estados, se aplicó la fórmula (3) aunque de manera más desarrollada e incluyendo la eficiencia:

$$\frac{W_T}{\eta} = \dot{m}_v * (h_1 - h_2) + (\dot{m}_v - \dot{m}') * (h_2 - h_3)$$

La eficiencia de la Turbina η incluye todas las pérdidas internas y siempre está en un rango de 86% a 94%. Entonces se tomó 90%.

$$W_T = 0.9(\dot{m}_v * (3370 - 2878) + (\dot{m}_v - \dot{m}') * (2878 - 2470))$$

$$W_T = 810 * \dot{m}_v - 367.2 * \dot{m}'$$

Aplicando balance energético en el tanque de almacenamiento tenemos:

$$\dot{m}' * h_2 + (\dot{m}_v - \dot{m}') * h_5 = \dot{m}_v * h_6$$

$$2878 * \dot{m}' + 400.9 * (\dot{m}_v - \dot{m}') = 755 * \dot{m}_v$$

$$2477.1 * \dot{m}' = 354.1 * \dot{m}_v$$

Aplicando la fórmula (6) se tiene:

$$\eta = \frac{\dot{m}_v * (h_1 - h_7)}{\dot{m}_c * PC} \quad \text{ó} \quad \eta = \frac{\dot{m}_v * (h_1 - h_7)}{\dot{V}_c * PC}$$

La existencia de la segunda fórmula proviene del empleo del Poder Calorífico Volumétrico (kJ/m³).

Recordando:

$$\dot{V}_c = 0.1048 \frac{m^3}{s} \quad PC = 23000 \frac{kJ}{m^3}$$

La eficiencia de una caldera Acuotubular es por lo general 84%, entonces:

$$0.84 = \frac{\dot{m}_v * (3370 - 760.5)}{0.1048 * 23000} \rightarrow \dot{m}_v = 0.7759 \frac{kg}{s}$$

Reemplazando este valor:

$$\dot{m}' = 0.110916 \frac{kg}{s}$$

Finalmente reemplazando ambos flujos, en la **TURBINA**:

$$W_T = 669.207 kW < 8.5 MW$$

Por otra parte, en la **CALDERA**:

$$1 \text{ BHP} = 15.64 \text{ kg/hr}$$

$$\dot{m}_v = 0.7759 \frac{kg}{s} = 2793.24 \frac{kg}{hr} = 178.5959 \text{ BHP}$$

Eficiencia es 84%

$$\mathbf{BHP(Caldera) = 150 \text{ BHP}}$$

La empresa **POWEREQ – COPESA** fabrica calderas a requerimientos de cliente, por lo tanto se proyecta contar con el servicio de esta empresa.

En el **BIODIGESTOR**:

La densidad de la basura transportada y compactada en los camiones, por lo general es de: $500 \frac{kg}{m^3}$

Regresando a la cantidad de desechos y materia orgánica que tenemos:

$$\frac{3270.6}{2} * \frac{55.397}{100} = 905.907 \frac{ton}{mes} = 905466 \frac{kg}{mes}$$

$$905907 \frac{kg}{mes} = 30196.905 \frac{kg}{día}$$

Se tiene una cantidad de 30182.187 kg de **MATERIA ORGÁNICA** al día, se dividió en dos biodigestores.

$$\frac{30196.905 \text{ kg}}{2 * 500 \frac{kg}{m^3}} = 30.1969 \text{ m}^3$$

Lo más apropiado es contar con dos biodigestores. Los **BIODIGESTORES** fueron diseñados bajo la Norma **I.S. 020** de tanques sépticos. (Ver Anexo 17)

Se necesita una relación Agua – Biomasa de 3 a 1 aproximadamente, lo que da como resultado:

$$\frac{30196.605}{2} \text{ kg} * 3 = 45294.9075 \text{ kg}$$

Densidad del agua: 960 kg/m^3

$$\frac{45294.9075}{960} = 47.1821 \text{ m}^3$$

El material debe ser **Poliestireno** capaz de soportar hasta 85°C . Se necesita el servicio de **ROTOMOLDEO** de la empresa **FARPLAST** para trabajar el material y darle una forma cilíndrica.

En la parte superior se cuenta con tuberías de PVC de 100 mm de diámetro tanto para el ingreso de agua, como para la salida del biogás al tanque de almacenamiento; además de tener una forma cónica en la parte inferior para la salida de lixiviados y del bioabono sobrantes después de la descomposición.

La relación entre la altura y el ancho debe ser de 2:1, entonces el área del biodigestor es como un cilindro.

$$A_{cilindro} = (\pi r^2) * H, \quad H = 4r$$

$$V_{cilindro} = 4(\pi) * r^3 = 30.1969 + 47.1821$$

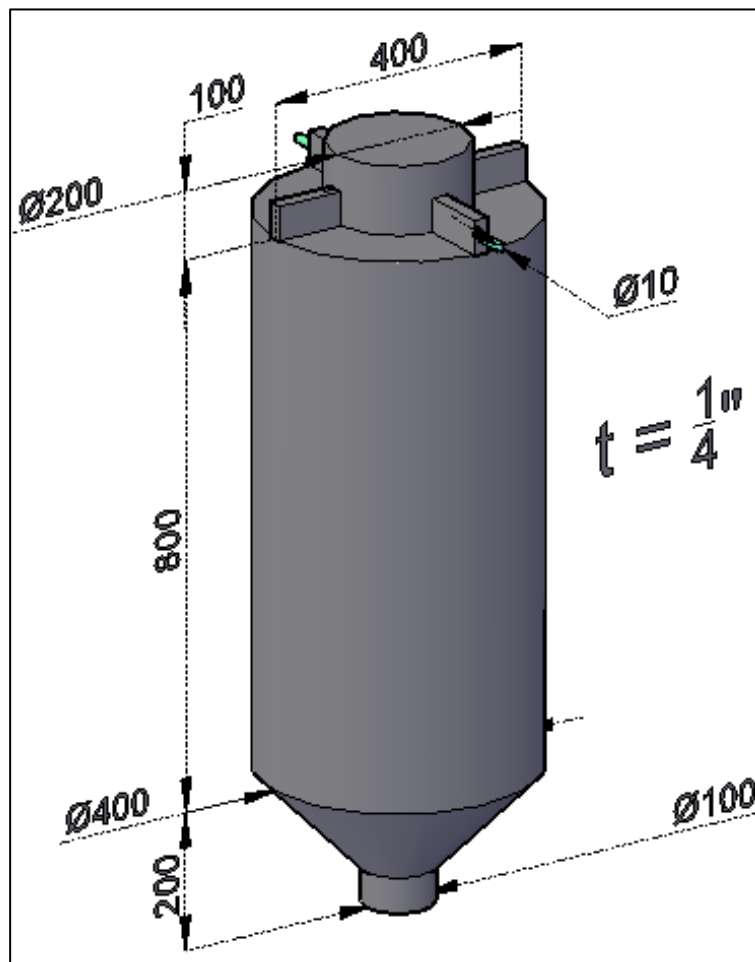
$$r = 1.833 \rightarrow D = 3.666$$

Finalmente sabiendo esto y dando una tolerancia adecuada las medidas de los biodigestores son de **D = 4 m**, **H = 8 m**

Al tratarse de un recipiente que no está expuesto a presión, el espesor será de $\frac{1}{4}$ de pulgada.

Figura 4.5

Plano de Ensamble del Biodigestor (medidas en cm)



Fuente: Elaboración propia

Plano de despiece (Anexo 18)

Continuando con el diseño se tiene:

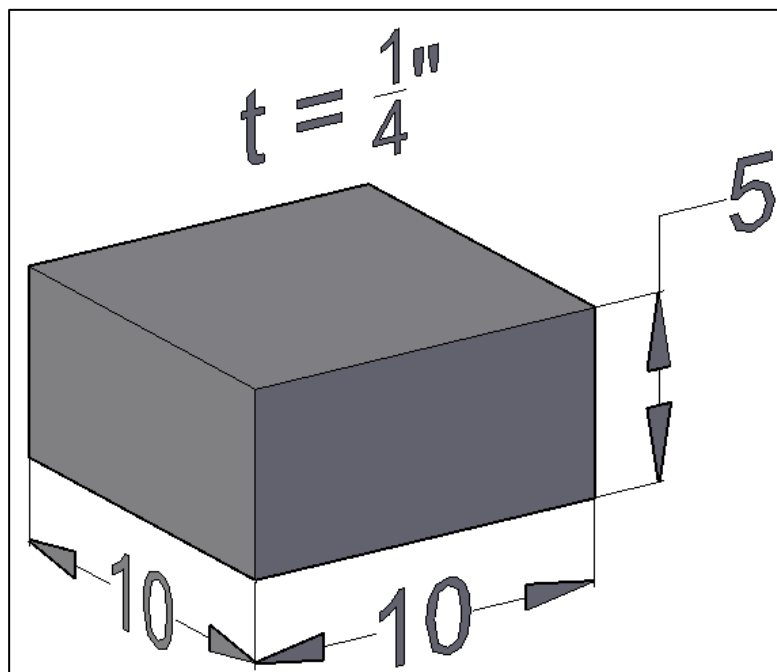
$$30196.905 \frac{kg}{día} (org.) = 9059.0715 \frac{m^3}{día} (biogás)$$

El **TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BIOGÁS** debe contener 500 m^3 y debe ser fabricado del **mismo material** que el biodigestor, con una válvula reguladora de flujo a la salida para controlar el flujo de biogás hacia la caldera.

Las medidas son de 10 m de ancho x 10 de largo x 5 de altura y de igual manera de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor. Para este caso se necesita servicio de **INYECCIÓN** de la empresa **FARPLAST** para darle forma prismática.

Figura 4.6

Plano del Tanque de Almacenamiento de Biogás (medidas en m)



Fuente: Elaboración propia

El **TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA** debe ser pequeño capaz de contener 0.7759 kg/s de agua sea como vapor o líquido.

$$\dot{m}' = 0.110916 \frac{kg}{s}$$

Representa el vapor de agua en la primera extracción de la Turbina hacia el Tanque de Almacenamiento de Agua.

$$\dot{m}_v - \dot{m}' = 0.7759 \frac{kg}{s} - 0.110916 \frac{kg}{s} = 0.665 \frac{kg}{s}$$

Representa el vapor de agua a la salida de la Turbina hacia el condensador.

La densidad del vapor de agua es 0.6 kg/m³ y como líquido de 960 kg/m³ (1000 litros = 1 m³). Con esos datos resulta finalmente en un tanque capaz de soportar:

185.5527 litros

Con esto se tiene que el **TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA** es de:

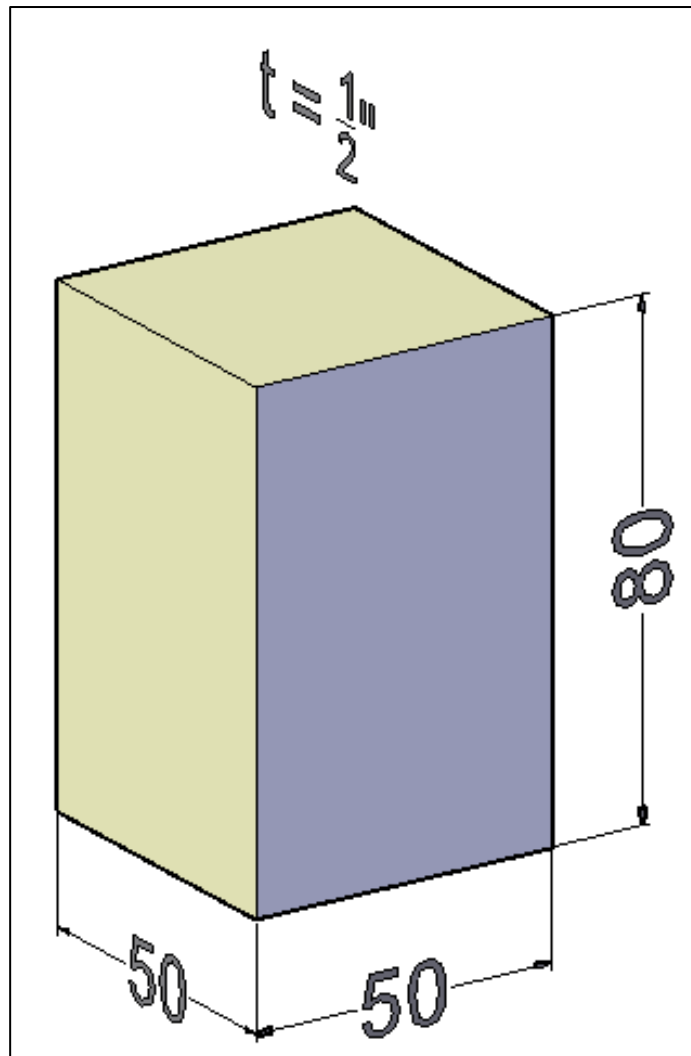
200 litros

Hecho de **Concreto No Reforzado** capaz de soportar hasta 100 °C presente en el vapor de agua.

Para este caso se necesita un tanque de 0.5m x 0.5m x 0.8m y de ½ pulgada de espesor.

Figura 4.7

Plano del Tanque de Almacenamiento de Agua (medidas en cm)



Fuente: Elaboración propia

En el **GENERADOR ELÉCTRICO**:

Antes de la selección se debe hacer hincapié en un dato muy importante:

$$RPM = \frac{120 * f}{P}$$

Donde:

RPM: Velocidad en RPM del eje de la turbina de vapor

f : Frecuencia (60 Hz)

P : Número de polos > 1

Según el catálogo la Turbina tiene una velocidad de hasta 7500 RPM:

$$7500 = \frac{120 * 60}{P} \rightarrow P = 0.96 \text{ (ilógico)}$$

Además casi todos los generadores tienen 4 polos, por lo tanto, Recalculando:

$$RPM = \frac{120 * 60}{4} \rightarrow RPM = 1800$$

Esto significa que se necesita un **REDUCTOR DE VELOCIDAD DE 4:1** a la salida del eje de la turbina hacia el generador:

$$\frac{RPM}{4} = \frac{120 * 60}{4} \rightarrow RPM = 7200 < 7500$$

Además:

$$W_{geb} = W_T * \eta_G * fp$$

Donde:

W_T : Potencia Mecánica en la Turbina

η_G : Eficiencia del Generador, por lo general 90% en promedio.

fp : Factor de potencia, por lo general igual a 1.

$$W_{geb} = 669.207 * 0.9 * 1$$

$$W_{geb} = 602.3 \text{ kVA} \approx 602.3 \text{ kW}$$

El generador seleccionado es de la empresa **CUMMINS**, debe tener 4 polos y de 602.3 kW de potencia. (Ver Anexos 13 - 16)

En el caso del **CONDENSADOR**, se necesita un INTERCAMBIADOR DE CASCO Y TUBOS y una TORRE DE ENFRIAMIENTO las cuales se deben seleccionar o fabricar según los resultados obtenidos:

$$\dot{m}_v - \dot{m}' = 0.7759 - 0.110916 = 0.665 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$P = 1 \text{ bar} \quad T = 95 \text{ }^\circ\text{C}$$

De manera similar al caso de la Caldera, la empresa **BRITANICUS** fabrica Torres de Enfriamiento con los requerimientos del cliente.

De manera análoga, la **CORPORACIÓN FESER S.A.C.** fabrica intercambiadores de casco y tubos con los requerimientos deseados.

LAS BOMBAS DE AGUA deben ser seleccionados según las presiones, temperaturas y flujos de vapor de agua hallados en los cálculos. (Ver Anexos 11 y 12)

C. Fase 3: Comparación con la Realidad

En la figura 2.3 se representó y explicó el empleo de la Potencia Contratada y se concluyó en que la Potencia Contratada Promedio es de 1 kW.

En el GENERADOR:

$$W_{geb} = 602.3 \text{ kVA} \approx 602.3 \text{ kW}$$

Si se toma como referencia la política de suministro de Luz del Sur, esta potencia puede abastecer a 600 casas de condiciones básicas y similares al ejemplo, con el empleo de la mitad del total de desechos de todo Huaycán y solamente contando la Materia Orgánica.

Por otra parte, es importante mencionar que el mercado peruano tiene **limitaciones** en cuanto a empresas proveedoras de maquinarias para este tipo de aplicaciones. Solo en el caso de Bombas Hidráulicas y de Generadores Eléctricos se cuenta con una gran variedad, así como el Poliestireno y el Concreto que se determinó para el Biodigestor y Tanques de Almacenamiento.

4.2 Población y Muestra

“Estadísticamente hablando, por Población se entiende un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que presentan características comunes”. [26]

“Si la población es menor a cincuenta individuos, la población es igual a la muestra” [27]

La población es representada por cada componente que conforma el sistema y debido a que cada componente es identificable la muestra es igual a la población.

4.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información Documental

Tabla 4.4
Técnicas de Recolección Documental

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Técnica Documental	<p>Datos e Informaciones Estadísticas</p> <p>Provenientes del Ministerio de Ambiente, la Agencia Municipal de Huaycán. Se emplearon para obtener y asumir porcentajes, frecuencias, tendencias, etc, lo que permitió empezar los cálculos.</p>
	<p>Catálogos</p> <p>Sirvieron para determinar las características técnicas de los componentes analizados como el caso de la Turbina de Vapor, y para la selección como el caso de las Bombas Hidráulicas.</p>
	<p>Textos</p> <p>Entre libros, publicaciones y revistas que se emplearon para desarrollar y aplicar la teoría termodinámica correspondiente al diseño.</p>
	<p>Tesis</p> <p>Antecedentes previos al estudio que se usaron para comparar las hipótesis y los resultados obtenidos con estudios similares.</p>

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Análisis y Procesamiento de Datos

Se empleó la estadística descriptiva y las medidas de tendencia central para obtener promedios, porcentajes y frecuencias en el empleo de las tablas estadísticas obtenidas por investigación y para asumir algunos valores como 1 kW de potencia contratada en cada casa.

También se empleó Microsoft Excel para realizar cálculos y gestión de base de datos, además del empleo de AutoCAD para el modelamiento del Biodigestor, Tanque de Almacenamiento de biogás y el Tanque de Almacenamiento de Agua.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

BIODIGESTOR

De forma cilíndrica, diseñado de Poliestireno, 8 m de altura, 4 m de diámetro, ¼" de espesor; con una tapa de 2 m de diámetro para que ingrese la Materia Orgánica y un orificio de 1 m de diámetro en la parte inferior para la salida de bioabono y lixiviados. Además de contar con tuberías de PVC de 100 cm de diámetro en la parte superior para el Ingreso de Agua y Salida de Biogás. Servicio de Rotomoldeo en Farplast.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BIOGÁS

De forma prismática, capacidad de 500 m³, diseñado de Poliestireno, 10 m de largo, 10 m de ancho, 5 m de altura y de ¼" de espesor. Con una válvula reguladora de flujo a la salida hacia la Caldera. Servicio de Inyección en Farplast.

CALDERA

Fabricado por POWEREQ – COPESA, de 65 bar ó 940 psi de presión de entrada, 150 BHP de potencia y 84% de eficiencia. Con capacidad de sobrecalentar el fluido.

TURBINA

Turbina de Vapor SST – 100 de Siemens (ver Anexos 5 – 10), 65 bar de presión de entrada, 480°C de temperatura de entrada, hasta 7500 RPM, Potencia Generada 669 kW, Potencia Máxima 8.5 MW. Con un Reductor de Velocidad de 4:1 en la salida del eje hacia el Generador Eléctrico.

GENERADOR ELÉCTRICO

Seleccionado de la empresa **CUMMINS** bajo las siguientes condiciones: 600 kVA ó 600 kW y 4 polos. (Ver Anexos 13 – 16)

CONDENSADOR

Seleccionado bajo las siguientes condiciones: Presión de entrada de 1 bar ó 14.5 psi, temperatura de entrada de 95 °C y un flujo de 0.665 kg/s de agua.

- **Intercambiador de Casco y Tubos:** fabricado por la Corporación FESER S.A.C.
- **Torre de Enfriamiento:** fabricado por la empresa BRITANICUS.

BOMBA RECIPROCANTE

Seleccionado de la Empresa CORETECH (ver Anexo 11), bajo las siguientes condiciones: P = 1 bar, T = 95 °C, Flujo = 0.665 kg/s.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

De forma prismática, capacidad de 200 litros, diseñado de Concreto No Reforzado, 50 cm de largo, 50 cm de ancho, 80 cm de altura y de ½" de espesor.

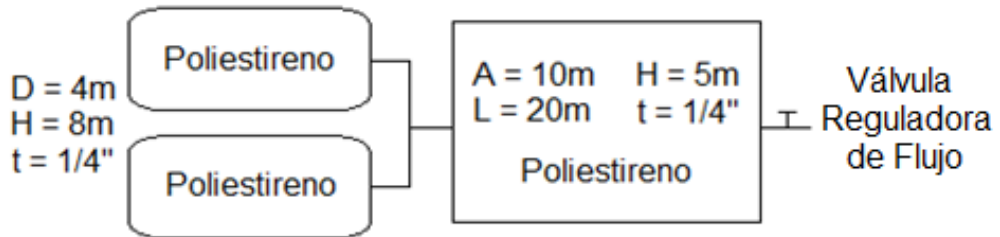
BOMBA CENTRÍFUGA

Seleccionado de la Empresa HAIGHT (ver Anexo 12), bajo las siguientes condiciones: P = 10 bar, T = 175 °C, Flujo = 0.7759 kg/s.

El diseño puede representarse de la siguiente forma:

Figura 5.1

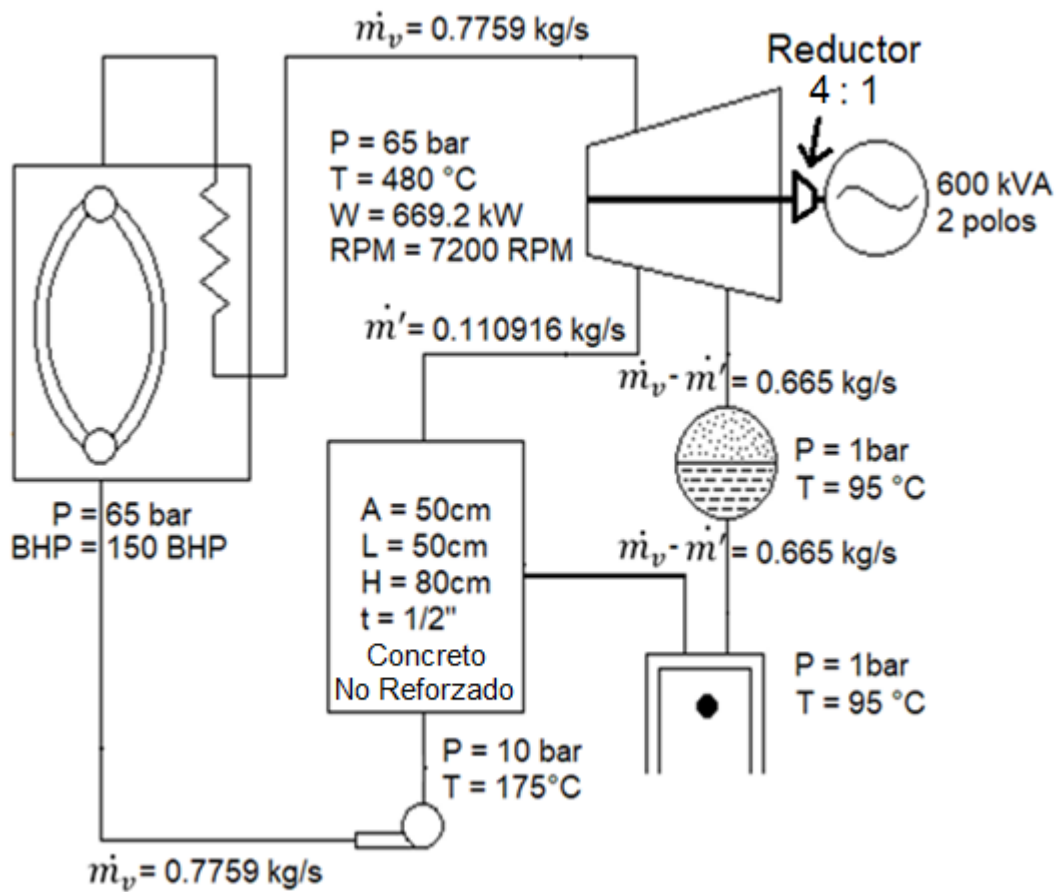
Biodigestor y Tanque de Almacenamiento de Biogás del Sistema



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.2

Sistema de Generación de Energía Eléctrica diseñado



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de la Hipótesis

El diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica empleando desechos sólidos con todos los componentes debidamente diseñados y seleccionados, con la información estadística y documental correspondiente dio como resultado una potencia de 600 kW, superior a la potencia planteada de 500 kW dentro de la Comunidad de Huaycán.

La correcta determinación de los parámetros básicos adecuados permitió un diseño eficaz y confiable de los componentes.

El diseño y selección de cada componente permitió que los datos se interrelacionen de manera adecuada y que el sistema brinde los resultados esperados.

6.2. Contrastación de los Resultados con Estudios Similares

La tesis *Diseño de una Planta de Generación de Energía Eléctrica utilizando residuos comunes sólidos y hospitalarios de la comunidad, con tratamiento de gases generados* de Víctor Pineda, 2018. Empleó un análisis muy similar usando Ciclo Rankine, sin embargo no se incluyó un Biodigestor ni tanques de almacenamiento en el análisis, por el contrario se propuso la instalación de un precalentador y un gasificador; con esto se propuso incinerar los residuos previamente seleccionados y que el calor que se produzca genere vapor mediante un intercambiador de calor. El planteamiento no es el adecuado porque al incinerar los residuos se desperdicia gran contenido energético además de una mayor inversión en otros componentes innecesarios.

La tesis *Diseño de una Central Eléctrica de Biomasa conectado a la Red Eléctrica de Puno, en el cerro de Cancharani, Departamento de Puno* de Jorge Ortiz, 2017. No empleó ningún tipo de principio termodinámico, simplemente se basó en cálculos y en comparaciones con otras plantas de propósitos similares. Se utilizó una metodología totalmente lejana a un diseño, debido al abuso de texto en todo el desarrollo del informe. Los resultados no tienen ningún sustento porque no se empleó catálogos, tablas o información institucional.

Por último la tesis *Estudio de Factibilidad de Producir Biogás con Residuos Orgánicos Ganaderos para satisfacer la Demanda Energética, Caserío el Tambo, Motupe 2016* de Richard Chonlón, 2016. De manera muy similar al caso anterior, abusó demasiado del texto además de no tener un orden en la estructura del informe y tampoco emplea ningún principio termodinámico. Sin embargo, se diseñó un biodigestor aunque sin ninguna norma y se logró seleccionar un generador y calcular las dimensiones de un tanque de compensación y un tanque de mezcla. El único punto rescatable es que se realizó un análisis económico con el cálculo del VAN y el TIR para evaluar la factibilidad.

6.3. Responsabilidad Ética

En esta tesis se respetó y recopiló las opiniones y resultados de muchos autores generando las citas correspondientes.

La información y estadística que se empleó fue obtenida de forma auténtica y veraz de entidades del estado como Ministerios, Instituciones, Municipalidades y empresas relativas al rubro.

Se cumplió puntualmente con los plazos establecidos por los docentes, asesores y encargados del ciclo de tesis.

CONCLUSIONES

Primero: mediante el diseño del biodigestor de 1000 m³ de polietileno y de forma cilíndrica y los tanques de almacenamiento de 500 m³ y 200 litros además de la selección de los otros componentes que conforman el sistema se garantizó la demanda de 500 kW dentro de la comunidad de Huaycán.

Segundo: el contar con información de los parámetros básicos con una antigüedad mínima de 3 años de entidades del estado tales como el Ministerio del Ambiente, Instituto de Estadística e Informática, Municipalidad de Ate y Agencia Municipal de Huaycán nos permitió tener información veraz y confiable para poder realizar el diseño del sistema de generación de energía eléctrica.

Tercero: se diseñó y seleccionó los componentes del sistema cumpliendo con la norma I.S. 020, principios termodinámicos y el uso catálogos de turbinas, generadores y bombas hidráulicas con lo cual se garantiza el correcto diseño del sistema de generación de energía eléctrica empleando desechos sólidos.

RECOMENDACIONES

Primero: el sulfuro de hidrógeno (H_2S) presente en el biogás tiene un alto poder corrosivo y para eliminarlo es recomendable que el biogás pase por un cartucho con limaduras o virutas de hierro o clavos. Además para aumentar la temperatura y reducir el tiempo de retención se recomienda que el biodigestor sea de color negro ya que el color negro absorbe más energía y genera más calor.

Segundo: sería una buena opción que exista una tercera entrada de agua en el tanque de almacenamiento de vapor y líquido para que de esta manera se pueda contrarrestar las pérdidas existentes en el camino. Lo más recomendable es un fluido de agua que caiga por acción de la gravedad para no tener la necesidad de emplear una tercera bomba de agua.

Tercero: es importante enfatizar a la población a inculcar una cultura no solamente de reciclaje, sino también de orden al momento de botar la basura; la Municipalidad debe colocar en varios lugares tachos para diferentes componentes: un tacho para plásticos, un tacho para papeles, un tacho para materia orgánica, etc. De esta manera, se puede mejorar la gestión de los residuos y elegir el componente adecuado para su uso.

Cuarto: se propone la construcción de un relleno sanitario cerca al lugar de aplicación del sistema para facilitar la distribución de los insumos y asegurar que la producción sea continua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto. *Metodología de la Investigación*. 6° ed. México D.F.: McGraw Hill, 2014, pág. 40.
- [2] CENGEL, Yunus A. *TERMODINÁMICA*. 7° ed. México D.F.: McGraw Hill, 2012, pág. 561
- [3] CENGEL, Yunus A. Ob. Cit., págs. 561 – 562
- [4] CAPCHA Aira, Melitón. *TERMODINÁMICA II (Problemas Resueltos)*. 2° ed. Lima: CIENCIAS, 2009, págs. 100 –101
- [5] CAPCHA Aira, Melitón. Ob. Cit., págs. 101 – 104
- [6] CUESTA López, Jorge. *Obtención de biogás a partir de Residuos Sólidos Urbanos para su inyección a Red*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico). Leganés. Universidad Carlos III de Madrid (Dpto. Ingeniería Térmica y de Fluidos). 2015, pág. 17.
- [7] VARNERO Moreno, María T. *Manual del Biogás*. [En línea]. Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD), Global Environmental Facility (GEF). Santiago. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011, pág. 38. ISBN: 978 – 95 – 306892 – 0
- [8] CUESTA López, Jorge. Ob. Cit., pág. 27.
- [9] CUESTA López, Jorge. Ob. Cit., pág. 17.

[10] PADILLA Sevillano, Alejandro, 2015. *Producción de Biogás y Compost a partir de Residuos Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna*. Págs. 37 – 38

[11] VEGA Arquiño, Jhon. *Diseño, Construcción y Evaluación de un Biodigestor Semicontinuo para la Generación de Biogás con la Fermentación Anaeróbica del Estiércol de Cuy y de Conejo para la Institución Educativa Privada Cristiana BERESHI*. Trabajo de Titulación (Ingeniero en Energía). Chimbote. Universidad Nacional del Santa (Escuela Profesional de Ingeniería en Energía), 2015, pág. 9.

[12] RAMOS Giraldo, Alfredo T. *Mecanismo de Desarrollo Limpio Estudio de Biodigestores*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico Electricista). Lima. Universidad Nacional de Ingeniería (Facultad de Ingeniería Mecánica), 2006, pág. 78.

[13] ESQUERRE Verástegui, Jorge E. *Mejoramiento de un Planta Térmica mediante la Implementación de una Caldera Piro-tubular Vertical para uso Industrial y Docente*. Trabajo de Titulación (Doctor en Ingeniería Eléctrica). Callao. Universidad Nacional del Callao (Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica), 2016, pág. 157.

[14] *Ibíd*em, pág. 161.

[15] *Ibíd*em, pág. 161.

[16] ZEGARRA Velásquez, Roberto L. *Análisis y simulación fluidodinámica del fenómeno de cavitación en una Turbina Francis*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico de Fluidos). Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos). 2015, pág. 1.

- [17] ENRÍQUEZ Harper, Gilberto. *El Libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos*. México D.F.: LIMUSA S.A. 2008, pág. 1.
- [18] MARTÍNEZ, Javier. *Guía para Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Fundamentos*. Tomo I. Montevideo. 2005, pág. 15.
- [19] Ley 27314, *Ley General de los Residuos Sólidos*, 2000
- [20] OEFA. *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de gestión municipal provincial*. Lima, 2014. Pág. 14.
- [21] OEFA. Ob. Cit. Pág. 14.
- [22] Ley 27314, *Ley General de los Residuos Sólidos*, 2000
- [23] SÁNCHEZ C, Hugo y REYES M. Carlos. *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*. Quinta ed. Lima: Business Support Aneth S.R.L., 2015, págs. 44.
- [24] HERNÁNDEZ, R; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la Investigación*, 5ª ed. México: Mc Graw-Hill, 2010, pág 149.
- [25] HERNÁNDEZ, R; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Ob. Cit., pág. 151
- [26] BALESTRINI Acuña, Miriam. *Como se elabora el Proyecto de Investigación*. 7º ed. Venezuela: BL Consultores Asociados, 2006, pág 137.
- [27] CASTRO M, Fernando. *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. 2º ed. Caracas: Uyapal, 2003, pág 69.

CID González, Abigail y CONTRERAS Catalán, Vanessa y ORMEÑO Benavides, Yesenia. *Conversión de Residuos en Energía evidencia empírica en Chile*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Comercial; Licenciado en Ciencias de la Administración de Empresas). Los Ángeles. Universidad de Concepción (Escuela Ciencias y Tecnologías, Departamento de Gestión Empresarial), 2016. 39 p.

CHONLÓN Velicoso, Ronald E. *Estudio de Factibilidad de Producir Biogás con Residuos Orgánicos Ganaderos para satisfacer la Demanda Energética, Caserío el Tambo, Motupe 2016*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico Electricista). Lambayeque. Universidad César Vallejo (Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica), 2016. 112 págs.

ORTIZ Núñez, Jorge Paul, *Diseño de una Central Eléctrica de Biomasa conectado a la Red Eléctrica de Puno, en el cerro de Cancharani, Departamento de Puno*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico Electricista). Puno. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. (Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas), 2017. 98 págs.

PINEDA Arizaca, Víctor Hugo. *Diseño de una Planta de Generación de Energía Eléctrica utilizando residuos comunes sólidos y hospitalarios de la comunidad, con tratamiento de gases generados*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico Electricista). Arequipa. Universidad Católica de Santa María (Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales), 2016. 216 págs.

SEVILLA González, Rodrigo Xavier y URRESTA Vizcaíno, Byron Oswaldo. *Generación de Energía Eléctrica a partir de Desechos Orgánicos*. Trabajo de Titulación (Magíster en Administración de Empresas). Quito.

Universidad San Francisco de Quito (Colegio de Posgrados), 2015. 69 págs.

SILES, Fabián Andrés. *Generación de Energía Eléctrica a partir de producción de Biogás*. Trabajo de Titulación (Ingeniero en Control y Automatización). México D.F. Instituto Politécnico Nacional (Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica), 2012. 199 p.

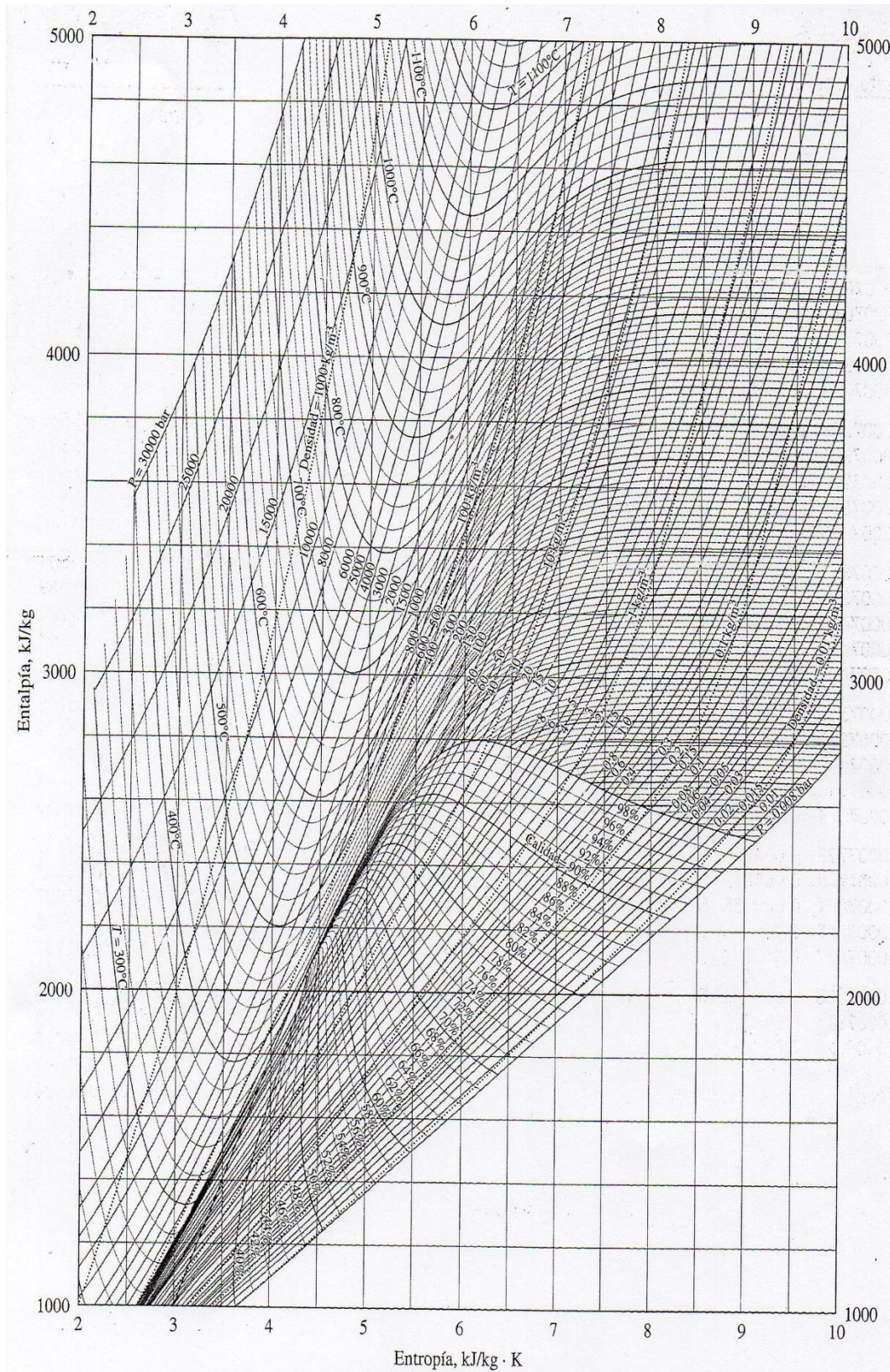
ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

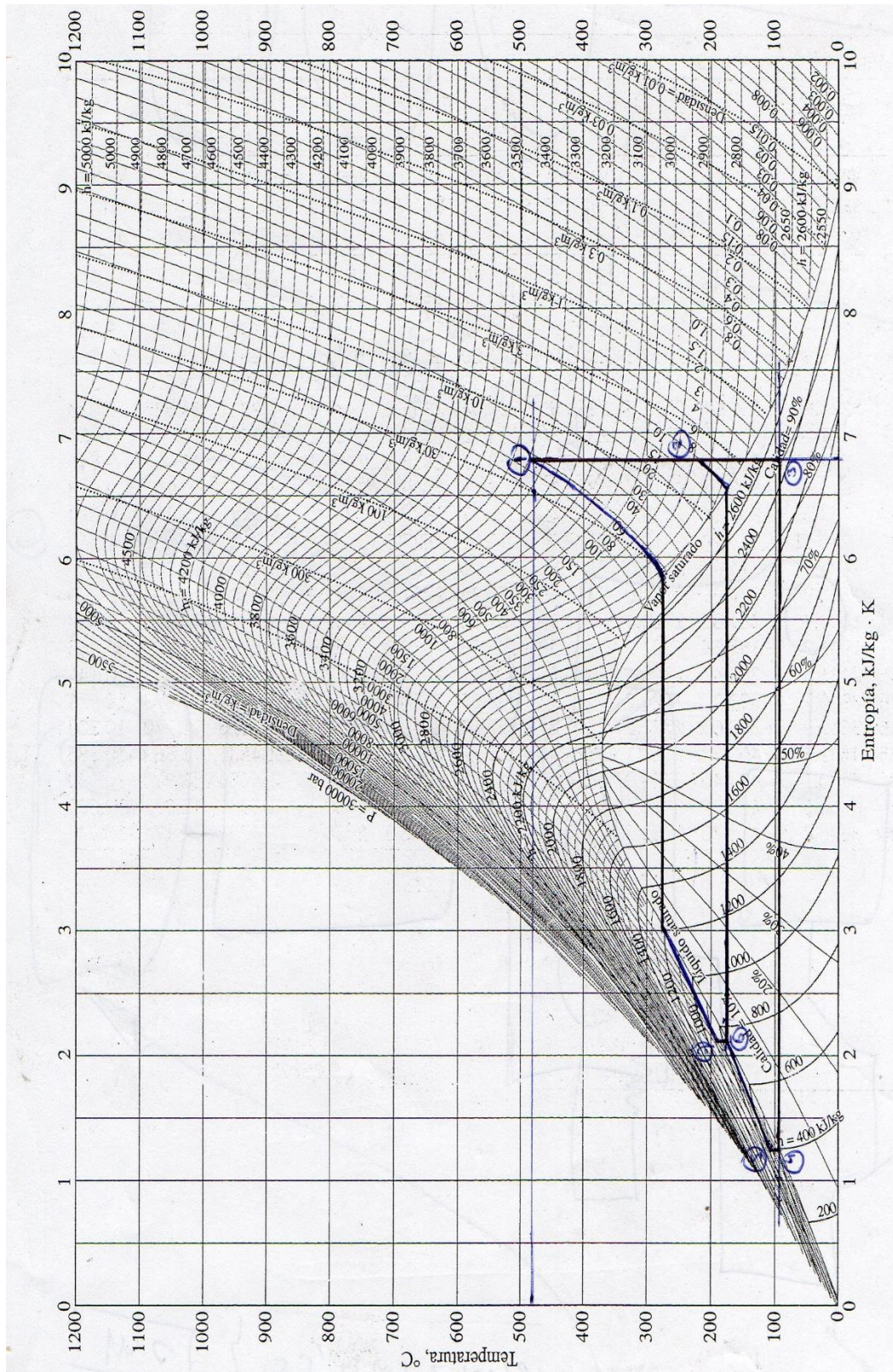
DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EMPLEANDO DESECHOS SÓLIDOS PARA CUBRIR LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LA COMUNIDAD DE HUAYCÁN, LIMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA			HIPÓTESIS Y VARIABLES	METODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
REALIDAD PROBLEMÁTICA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS		TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
<p>Los habitantes de la comunidad de Huaycán no cuentan con una situación económica muy estable y realizan altos gastos para cubrir el servicio de energía eléctrica, situación que incluye vecindarios, instituciones, complejos, etc.</p> <p>Por otra parte, el Perú es un país que produce gran tonelaje de desechos, alrededor de 3 millones de toneladas al año.</p> <p>Huaycán, perteneciente al distrito de Ate produce en promedio alrededor de 3 mil toneladas al mes</p> <p>Es así que, el presente proyecto empleó los desechos como insumo para generar energía eléctrica y cubrir la demanda de energía en un determinado punto de aplicación dentro de la comunidad. Además de contribuir a una cultura de reciclaje en la población.</p>	<p>PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica empleando desechos sólidos garantiza cubrir una demanda de 500 kW dentro de la comunidad de Huaycán?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS Problema 1 ¿Cómo los parámetros básicos existentes en la realidad permiten realizar el diseño de los componentes del sistema?</p> <p>Problema 2 ¿De qué manera el diseño y selección de los componentes adecuados garantiza la correcta conformación del sistema de generación de energía eléctrica propuesto?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica empleando los desechos sólidos para cubrir una demanda energética de 500 kW dentro de la comunidad de Huaycán.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Objetivo 1 Determinar los parámetros básicos respectivos para el diseño del sistema de generación de energía eléctrica empleando desechos sólidos.</p> <p>Objetivo 2 Diseñar y seleccionar los componentes adecuados para conformar el sistema de generación de energía eléctrica propuesto.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El realizar el diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica empleando desechos sólidos garantiza cubrir una demanda de 500 kW dentro de la Comunidad de Huaycán.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Hipótesis 1 El determinar los parámetros básicos respectivos permite realizar el diseño de los componentes del sistema de generación de energía eléctrica empleando desechos sólidos.</p> <p>Hipótesis 2 El diseñar y seleccionar adecuadamente los componentes del Sistema de Generación de Energía Eléctrica garantiza concluir satisfactoriamente el diseño del sistema propuesto.</p> <p>VARIABLES Variable Independiente Sistema de Generación de Energía Eléctrica empleando desechos sólidos</p> <p>Variable Dependiente Demanda de energía eléctrica</p>	<p>Investigación de tipo Aplicada.</p> <p>Diseño No Experimental y Transversal.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA La población es representada por cada componente que conforma el sistema y debido a que cada componente es identificable la muestra es igual a la población.</p>

ANEXO 3: DIAGRAMA DE MOLLIER DEL AGUA



ANEXO 4: DIAGRAMA T - s DEL AGUA





Turbinas de vapor industriales

La gama integral de productos de 2 a 250 MW

Answers for energy.

SIEMENS

Flexibles, fiables y robustas: Turbinas de vapor industriales Siemens

Como líderes del mercado mundial de turbinas de vapor industriales, ofrecemos una gama de productos completa de turbinas de vapor versátiles. Con más de 100 años de experiencia en fabricación de turbinas y una flota de más de 20.000 máquinas instaladas, somos un proveedor en cuya tecnología se puede confiar.

Siemens ofrece una gama completa de turbinas de vapor industriales de 45 kW a 1.200 MW con la flexibilidad de cumplir los requisitos específicos para cada aplicación. Ofrecemos catálogos de productos separados para nuestra gama de turbinas de vapor prediseñadas con una potencia de 45 kW a 10 MW, y para grandes turbinas de vapor de 250 a 1.200 MW.

Nuestras turbinas de vapor industriales, cumplen los requisitos del cliente en cuanto a instalación y operación más económicas, suministrando una excelente flexibilidad en procesos industriales complejos. De modo que si requiere un accionamiento de generador para generación de energía o un accionamiento mecánico para compresores, sopladores o bombas, hable con nosotros, y juntos seleccionaremos la turbina o el turboset óptimos para satisfacer sus necesidades.

Por supuesto, nos apegamos estrictamente a las directivas de las normativas de calidad ISO 9001 e ISO 14001. No sólo las turbinas de vapor, sino también los productos asociados, acreditados y de alta tecnología están disponibles en la gama de Siemens, incluyendo generadores e instrumentación y control, así como todos los sistemas auxiliares y accesorios.

Modelo	Parámetros de vapor (hasta máx.)	Potencia (MW)													
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	250				
SST-100	65 bar, 480 °C	█													
SST-150	103 bar, 505 °C	█	█												
SST-200	110 bar, 520 °C	█	█	█											
SST-300	120 bar, 520 °C		█	█	█										
SST-400	140 bar, 540 °C			█	█	█									
SST-500	30 bar, 400 °C		█	█	█	█	█	█	█						
SST-600	140 bar, 540 °C		█	█	█	█	█	█	█						
SST-700	165 bar, 585 °C		█	█	█	█	█	█	█	█	█				
SST-800	140 bar, 540 °C			█	█	█	█	█	█	█	█	█			
SST-900	165 bar, 585 °C			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Doble flujo (entre 40 y 100 MW)
 Carcasa dual / con o sin recalentamiento (entre 40 y 160 MW)
 Admisión contral (entre 60 y 140 MW)
 Carcasa simple / sin recalentamiento (entre 60 y 100 MW)
 Carcasa dual / con recalentamiento (entre 140 y 250 MW)

ANEXO 7: TURBINAS DE VAPOR SIEMENS PÁGINA 3 DE 8

Aplicaciones

Las turbinas de vapor Industriales de Siemens posibilitan una generación eficiente de electricidad y mejoran la rentabilidad de procesos industriales.

Sectores

- Empresas energéticas
- Productores Independientes de electricidad (IPP)
- Industria química
- Petroquímica / refinerías
- Madereras, papeleras
- Minería, metalúrgica y siderurgia, acerías
- Industria procesadora, cementera
- Industria azucarera, de etanol y de aceite de palma
- Industria de alimentos y bebidas

Campos de aplicación

- Plantas de ciclo combinado
- Plantas de cogeneración (electricidad y calor)
- Plantas de recuperación de calor
- Centrales energéticas de biomasa
- Plantas Incineradoras de basura
- Centrales termo-solares
- Plantas geotérmicas
- Accionamientos mecánicos
- Barcos / plataformas marítimas

Ventajas más importantes

- Alto rendimiento, eficiencia
- Gran fiabilidad y disponibilidad
- Soluciones comprobadas a medida del cliente
- Diseño compacto
- Puesta en servicio y mantenimiento sencillos



SST-100 (hasta 8,5 MW)



SST-150 (hasta 20 MW)



SST-200 (hasta 10 MW)



SST-300 (hasta 50 MW)



SST-400 (hasta 65 MW)



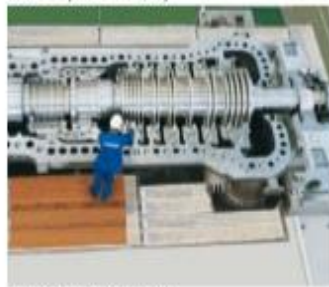
SST-500 (hasta 100 MW)



SST-600 (hasta 100 MW)



SST-700 (hasta 175 MW)



SST-800 (hasta 150 MW)



SST-900 (hasta 250 MW)

ANEXO 8: TURBINAS DE VAPOR SIEMENS PÁGINA 4 DE 8

Turbinas de vapor industriales

La gama integral de productos de 2 a 250 MW



SST-100

Hasta 8,5 MW

La SST-100 es una turbina de carcasa simple, con reductor para accionamiento de generador; prefabricada incluyendo los álabes como solución económica. Se utiliza principalmente para aplicaciones industriales.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 8,5 MW
- Presión de entrada de hasta 65 bar
- Temperatura de entrada de hasta 480 °C
- Velocidad de giro de hasta 7.500 rpm
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar o condensación de hasta 1 bar
- Área de escape 0,22 m²

Dimensiones típicas

Longitud 8 m
Ancho 3,7 m
Altura 3,4 m

Características

- Contrapresión / Condensación
- Diseño de la unidad como paquete
- Escape radial
- Diseño simple, rotor rígido
- Sistema de aceite integrado en la base de la estructura
- Tuberías de aceite y vapor separadas



SST-150

Hasta 20 MW

La SST-150 es una turbina de carcasa simple, que acciona el generador hasta 1.500 ó 1.800 rpm y tiene un diseño en paquete sobre bastidor (skid). Para generar energía, aporta elevada eficiencia junto con una configuración muy compacta.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 20 MW
- Presión de entrada de hasta 103 bar
- Temperatura de vapor de entrada de hasta 505 °C
- Velocidad de giro de hasta 13.300 rpm
- Toma de hasta 25 bar
- Extracción controlada de hasta 16 bar
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 10 bar o condensación de hasta 0,25 bar
- Área de escape 0,28 – 1,6 m²

Dimensiones típicas

Longitud 12 m
Ancho 4 m
Altura 5 m

Características

- Contrapresión / Condensación
- Diseño de la unidad en paquete
- Módulos de turbina prefabricados, periféricos modulares
- Extracción controlada simple
- Escape radial
- Tuberías de aceite y vapor separadas



SST-200

Hasta 10 MW

La SST-200 es una turbina de carcasa simple, con reductor o accionamiento directo apto tanto para accionamientos de generador como mecánicos. Se emplea para aplicaciones industriales y de generación de energía.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 10 MW
- Presión de entrada de hasta 110 bar
- Temperatura de entrada de hasta 520 °C
- Extracción controlada de hasta 16 bar y hasta 350 °C
- Toma de hasta 60 bar
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 16 bar o condensación de hasta 0,25 bar
- Área de escape 0,17 – 0,34 m²

Dimensiones típicas

Longitud 4 m*
Ancho 2 m*
Altura 2,5 m*

*sólo bastidor (skid) de turbinas

Características

- Contrapresión / Condensación
- Diseño de la unidad en paquete
- Prediseño extenso
- Alta velocidad, escape superior / inferior
- Trayecto de vapor a la medida del cliente
- Corto plazo de entrega

ANEXO 9: TURBINAS DE VAPOR SIEMENS PÁGINA 5 DE 8



SST-300

Hasta 50 MW

La SST-300 es una turbina de carcasa simple, con reductor para accionamiento de generador. Tiene un diseño compacto y flexible con alto grado de estandarización. Se emplea para aplicaciones de generación de energía.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 50 MW
- Presión de entrada de 120 bar
- Temperatura de entrada de 520 °C
- Velocidad de giro de hasta 12.000 rpm
- Extracción controlada de hasta 45 bar y hasta 400 °C
- Toma de hasta 60 bar
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 16 bar o condensación de hasta 0,3 bar
- Área de escape 0,28 – 1,6 m²

Dimensiones típicas

Longitud 12 m
Ancho 4 m
Altura 5 m

Características

- Contrapresión/Condensación
- Módulos de turbina prefabricados, periféricos modulares
- Dos extracciones controladas
- Escape radial/axial
- Extracción controlada de hasta 16 bar
- Diseño de la unidad en paquete
- Trayecto de vapor a la medida del cliente
- Corto plazo de entrega



SST-400

Hasta 65 MW

La SST-400 es una turbina de carcasa simple, con reductor para accionamiento de generador. Tiene un diseño compacto y flexible con alto grado de estandarización. Se emplea para aplicaciones industriales y de generación de energía.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 65 MW
- Presión de entrada de hasta 140 bar
- Temperatura de entrada de hasta 540 °C
- Velocidad de giro de 3.000 – 8.000 rpm
- Extracción controlada de hasta 45 bar y hasta 450 °C
- Toma de hasta 60 bar
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 25 bar o condensación de hasta 0,3 bar
- Área de escape 1,3 – 3,0 m²

Dimensiones típicas

Longitud 18 m
Ancho 8,5 m
Altura 5,5 m

Características

- Contrapresión/Condensación
- Módulos de turbina prefabricados, periféricos modulares
- Dos extracciones controladas, escape radial/axial
- Extracción controlada de hasta 16 bar
- Diseño en semipaquete de la unidad
- Trayecto de vapor a la medida del cliente
- Corto plazo de entrega



SST-500

Hasta 100 MW

La SST-500 es una turbina de carcasa simple, con reductor o accionamiento directo. Es adecuada tanto para accionamientos de generador como mecánicos para soportar grandes caudales volumétricos. Se utiliza típicamente con carcasa de baja presión en aplicaciones de dos cilindros.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 100 MW
- Presión de entrada de hasta 30 bar
- Temperatura de entrada de hasta 400 °C
- Velocidad de giro de hasta 15.000 rpm
- Hasta 2 tomas, a varios niveles de presión
- Área de escape 2 x 0,175 – 3,5 m²

Dimensiones típicas

Longitud 19 m
Ancho 6 m
Altura 5 m

Características

- Turbina de condensación de doble flujo
- Módulos de turbina normalizados, periféricos modulares
- Controlada por estrangulador
- Altamente caracterizada a cada aplicación
- Trayecto de vapor a la medida del cliente

ANEXO 9: TURBINAS DE VAPOR SIEMENS PÁGINA 6 DE 8



SST-600

Hasta 100 MW

La SST-600 es una turbina de carcasa simple, con reductor o accionamiento directo; apta tanto para accionamientos de generador como mecánicos. Se emplea en aplicaciones a medida para los procesos más complejos en industria y generación de energía.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 100 MW
- Presión de entrada de hasta 140 bar
- Temperatura de entrada de hasta 540 °C
- Velocidad de giro de 3.000 – 15.000 rpm
- Extracción controlada doble de hasta 65 bar
- Hasta 5 tomas, a varios niveles de presión
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 55 bar o condensación
- Área de escape 0,175 m² – 3,5 m²

Dimensiones típicas

Longitud 19 m
Ancho 6 m
Altura 5 m

Características

- Contrapresión / Condensación
- Módulos de turbina normalizados, periféricos modulares
- Carcasa interior diseñada para altos parámetros de vapor
- Posible segunda inyección de vapor
- Diseño en paquete de la unidad
- Escape radial / axial
- Altamente caracterizada a cada aplicación
- Trayecto de vapor a medida del cliente



SST-700

Hasta 175 MW

La SST-700 es una turbina de dos carcasas consistente en dos módulos: un módulo de AP (alta presión) con reductor y otro de BP (baja presión). Se utiliza para aplicaciones de generación de energía, especialmente en ciclo combinado o centrales termo-solares. Cada módulo se puede usar independientemente o combinado en una configuración ideal.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 175 MW
- Presión de entrada (con recalentamiento) de hasta 165 bar
- Temperatura de entrada (con recalentamiento) de hasta 585 °C
- Temperatura de recalentamiento de hasta 415 °C
- Velocidad de giro de 3.000 – 13.200 rpm
- Extracción controlada de hasta 40 bar y hasta 415 °C
- Hasta 7 tomas; hasta 120 bar
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 40 bar o condensación de hasta 0,6 bar
- Presión del vapor de escape (recalentado) de hasta 3 bar
- Área de escape 1,7 – 11 m²

Dimensiones típicas

Longitud 22 m*
Ancho 15 m*
Altura 6 m*

*incluyendo condensador

Características

- Contrapresión / Condensación
- Módulos de turbina prefabricados
- Posible disposición paralela
- AP como unidad de contrapresión, BP como cola de condensación
- Trayecto de vapor a medida del cliente
- Extracción simple en tubo de comunicación
- Escape radial / axial
- Aplicaciones de recalentamiento



SST-800

Hasta 150 MW

La SST-800 es una turbina de carcasa simple de accionamiento directo con diseño de reflujos para aplicaciones de generador. Se emplea en aplicaciones a la medida para los procesos más complejos en industria y generación de energía.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 150 MW
- Presión de entrada de hasta 140 bar
- Temperatura de entrada de hasta 540 °C
- Velocidad de giro de 3.000 – 3.600 rpm
- Extracción controlada doble de hasta 45 bar
- Hasta 6 tomas, a varios niveles de presión
- Presión en el escape de hasta 14 bar
- Área de escape 1,1 – 5,6 m²

Dimensiones típicas

Longitud 20 m
Ancho 8,5 m
Altura 6 m

Características

- Contrapresión / Condensación
- Módulos de turbina normalizados, periféricos modulares
- Carcasa interior para parámetros altos de vapor
- Escape axial / radial
- Diseño de la unidad en paquete
- Altamente caracterizada para cada aplicación
- Trayecto de vapor a medida del cliente

ANEXO 9: TURBINAS DE VAPOR SIEMENS PÁGINA 7 DE 8



SST-900

Hasta más de 250 MW

La SST-900 es una turbina de carcasa simple para generadores bipolares para generación de energía y la industria. La SST-900 RH es una turbina de dos carcasas para aplicaciones de recalentamiento.

Datos técnicos

- Potencia entregada de hasta 250 MW y superior
- Presión de entrada (con recalentamiento) de hasta 165 bar
- Temperatura de entrada (con recalentamiento) de hasta 585 °C
- Temperatura de recalentamiento de hasta 580 °C
- Velocidad de giro de 3.000 – 3.600 rpm; AP hasta 13.200 rpm
- Hasta 7 tomas; hasta 60 bar
- Extracción controlada de hasta 55 bar y hasta 480 °C
- Presión del vapor de salida: contrapresión de hasta 16 bar o condensación de hasta 0,6 bar
- Presión del vapor de escape (recalentado) de hasta 3 bar
- Área de escape 1,7 – 11 m²

Dimensiones típicas

Longitud 20,5 m*
Ancho 11 m*
Altura 10 m*

*Incluyendo condensador

Características

- Contrapresión/Condensación
- Módulos de turbina prefabricados
- Dos extracciones controladas
- Extracción controlada de hasta 16 bar
- Válvula de mariposa en la carcasa de la turbina
- Escape radial/axial
- Aplicaciones de recalentamiento
- Trayecto de vapor a medida del cliente



ANEXO 10: TURBINAS DE VAPOR SIEMENS PÁGINA 8 DE 8

Publicado por y copyright © 2009:

Siemens AG
Energy Sector
Freylebenstrasse 1
91058 Erlangen, Alemania

Siemens AG
Energy Sector
Oil & Gas Division
Wolfgang-Reuter-Platz
47053 Duisburg, Alemania

Siemens AG
Lutherstrasse 51
02826 Görlitz, Alemania

Siemens Energy Inc.
10730 Telge Road
Houston, Texas 77095, USA

Para más información, sírvanse contactar con
nuestro centro de atención al cliente.

Teléfono: +49 180 524 70 00

Fax: +49 180 524 24 71

(Con recargo, depende del proveedor)

Correo electrónico: support.energy@siemens.com

Oil & Gas Division
N.º de pedido: E50001-W410-A101-V3-7800

Impreso en Alemania

Dispo 34806, c4bs 7477 P WS 09092.5

Impreso en papel blanqueado sin cloro elemental.

Reservados todos los derechos.

Las marcas comerciales mencionadas en este
documento son propiedad de Siemens AG,
sus filiales o respectivos propietarios.

Sujeto a modificaciones sin previo aviso.

Este documento contiene descripciones generales sobre
las posibilidades técnicas que pueden, pero no tienen
que darse en el caso individual. Por ello, las prestaciones
deseadas se determinan en cada caso al cerrar el
contrato.

www.siemens.com/energy

ANEXO 11: BOMBA RECIPROCANTE CORETECH

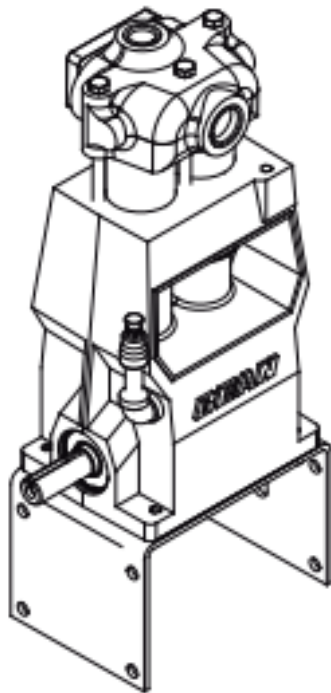


A04 Piston Pump Data

2.6 BHP Continuous Duty (3.2 BHP Intermittent Duty)

A04

Standard Cast ISO Drawing



Specifications

Pump Model	A04
Configuration	A04 Vertical Duplex Piston
Number of Pistons	2
Stroke Length	1.0 Inches
Frame Load Rating	1,140 lbs
Pump Weight (Average)	43 lbs
Direction of Rotation	Either
Internal Gear Ratio	NA
Intermittent Duty Speed Rating	500 RPM
Continuous Duty Speed Rating	400 RPM
Ball Valve Max. Speed Rating	NA
Minimum Speed	300 RPM
Mechanical Efficiency	90%
Lubrication System (Standard)	Splash, Gravity Return
Lube Oil Capacity	1 Quart
Lube Oil Type	SAE 30
Maximum Fluid Temperature	140 °F (250 °F Capability)
Minimum Fluid Temperature	0 °F (-20 °F Capability)
Standard Suction Size	1.00 Inch NPT
Standard Discharge Size	0.50 Inch NPT 0.75 Inch NPT
Fluid End Material	Cast Iron, Aluminum Bronze
Valve Types	Disc Valves
Hydraulic Motor Mount	SAE A - 2 Bolt with 7/8"-13T

Performance Table

Pump Model	Piston Diameter (in)	Displacement (GAL/REV)	Maximum Pressure (PSI)	Pump Capacity (GPM) @ Input Speed (RPM)				
				300 RPM	350 RPM	375 RPM	400 RPM	500 RPM
A0410	1.250	0.0106	900	1.19	1.72	1.98	4.25	5.31
A0411	1.375	0.0129	750	1.86	4.50	4.82	5.14	6.43
A0413	1.625	0.0180	550	5.39	6.28	6.73	7.18	8.98

* Horsepower based on 85% or 90% mechanical efficiency. Actual application horsepower requirements can be calculated using the equation: $BHP = (GPM * PSI) / (1714 * 0.85 \text{ or } 0.90)$.

* Pump capacities shown are based on 100% volumetric efficiency.

* Dimensions shown are for general sizing purposes and should not be used for construction.

* FMC reserves the right to modify this information without prior notice.

Perú:

www.coretech.com.pe
ventas@coretech.com.pe
 T (511) 255-5701

México:

www.coretech.com.mx
ventas@coretech.com.mx
 T (52) 662-215-4317

Colombia:

www.coretech.com.co
ventas@coretech.com.co
 T (574) 321-9314



ANEXO 12: BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

ULMAX

BOMBAS CENTRÍFUGAS PARA PULPAS

Bombas centrífugas horizontales y sumergibles aptas para el bombeo de pulpas de hasta 60%, así como otros tipos de fluidos como cemento, cal, etc. Las bombas están disponibles en materiales resistentes a la abrasión y corrosión, y en versiones que incluyen revestimientos e impulsores de elastómeros o de metal. Aplicaciones en Minería, Alimentación de Ciclones, descarga de molinos, petróleo, Arena, sólidos, etc.

CARACTERÍSTICAS

- Cuerpo de rodamientos y eje diseñados para minimizar vibración y reducir desviación
- Eje posee una protección mediante camisa endurecida
- Posee alabes externos en ambas caras: Reduce presión en sellos y minimiza la recirculación
- Sellos Dinámicos (tipo expeller) que reduce o elimina la necesidad de un sello de agua y reduce el desgaste de las carimas del eje.
- Caudales hasta 20 000 gpm, en las horizontales y 6000 gpm en las sumergibles
- Disponibles desde 1" a 18".



HAIGHT

Pumps That Perform

BOMBAS DE ALTA PRESIÓN DE ENGRANAJES INTERNOS

Diseño y fabricación de bombas de engranajes internos. Aplicaciones en sistemas de refrigeración, sistemas de lubricación, sistemas de filtración, para petróleo y derivados, sistemas de inyección, procesamiento térmico, etc.

CARACTERÍSTICAS

- Caudal máximo: 240 GPM
- Presión máxima: 250 PSI
- Temperatura máxima: 625 ° F (329 ° C)
- Materiales de fabricación: Acero inoxidable, fundición nodular, bronce, hierro gris.



ABEL
Pump Technology

BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

Bombas de desplazamiento positivo, compactas de membranas diseñadas para medios difíciles. Especial aplicación en transporte de lodos, alimentación de filtro prensa, alimentación de atomizadores, transferencia de aguas residuales. Transporte de productos abrasivos, corrosivos, ácidos, alcalinos, pigmentados, viscosos y pigmentados en tuberías de grandes distancias. Remoción de agua de mina y remoción de lodo a alta presión.

TIPO MEMBRANA Y PISTÓN

- Rangos de caudal:
 - Desde 0.5 hasta 400 m³/h. (25 MPa)
 - Desde 3.0 hasta 1760 gpm (3625 psi)

TIPO MEMBRANA ELECTROMECÁNICA

- Rangos de caudal:
 - Desde 0.5 hasta 120 m³/h. (0.8 MPa)
 - Desde 3.0 hasta 530 gpm (125 psi)



Specification sheet



Diesel generator set QSK23 series engine

750 kVA - 900 kVA 50 Hz
680 kW - 800 kW 60 Hz



Description

This Cummins® Power Generation commercial generator set is a fully integrated power generation system, providing optimum performance, reliability, and versatility for stationary standby, prime power, and continuous duty applications.

Cooling system - Standard integral set-mounted radiator system, designed and tested for rated ambient temperatures, simplifies facility design requirements for rejected heat.

Features

Cummins® heavy-duty engine - Rugged 4-cycle industrial diesel delivers reliable power, low emissions and fast response to load changes.

Control system - Standard PowerCommand® electronic control provides total system integration including remote start/stop, precise frequency and voltage regulation, alarm and status message display, AmpSentry protection, output metering, auto-shutdown.

Permanent magnet generator (PMG) - Offers enhanced motor starting and fault clearing short circuit capability.

Warranty - Backed by a comprehensive warranty and worldwide distributor network.

Alternator - Several alternator sizes offer selectable motor starting capability with low reactance 2/3 pitch windings; low waveform distortion with non-linear loads, fault clearing short-circuits capability, and class H insulation.

Motorized circuit breaker - Optional 3 or 4 pole motorized circuit breaker available.

Model	Standby rating		Prime rating		Emissions compliance	Data sheets	
	50 Hz kVA (kW)	60 Hz kW (kVA)	50 Hz kVA (kW)	60 Hz kW (kVA)		50 Hz	60 Hz
C825 D6	825 (660)		750 (600)		4g TA Luft	DS32-CPGK	
C900D6	900 (720)		820 (656)		4g TA Luft	DS33-CPGK	
C750 D6		750 (638)		680 (550)			DS77-CPGK
C800 D6		800 (660)		725 (588)			DS78-CPGK

ANEXO 14: GENERADOR ELÉCTRICO 750D6 PÁGINA 2 DE 4

Generator set specifications

Genset performance class	ISO 8528 G2
Voltage regulation, no load to full load	± 0.5%
Random voltage variation	± 0.5%
Frequency regulation	Isochronous
Random frequency variation	± 0.25%
EMS compatibility	EN 61000-6-4 / EN 61000-6-2

Engine specifications

Design	4 cycle, in-line, turbo charged and after cooled
Bore	169.9 mm (6.69 in.)
Stroke	169.9 mm (6.69 in.)
Displacement	23.15 liter (1413 in ³)
Cylinder block	Cast iron, 6 cylinder
Battery Capacity	1800 amps at ambient temperature 0 °F to 32 °F (-18 °C to -0 °C)
Battery Charging alternator	35 amps
Starting voltage	24 volt, negative ground
Fuel system	Direct injection
Fuel filter	Spin on fuel filters with water separator
Air cleaner type	Dry replaceable element with restriction indicator
Lube oil filter type(s)	Fleetguard dual venturi spin on, combination full flow and bypass
Standard Cooling system	104 °F (40 °C) ambient radiator

Alternator specifications

Design	Brushless, 4 pole, revolving field
Stator	2/3 pitch
Rotor	Single bearing, flexible disc
Insulation system	Class H
Standard temperature rise	125 °C standby
Exciter type	PMG (permanent magnet generator)
Phase rotation	A (U), B (V), C (W)
Alternator cooling	Direct drive centrifugal blower fan
AC waveform total harmonic distortion (THDV)	No load <1.5%, Non distorting balanced linear load <5%
Telephone influence factor (TIF)	< 50% per NEMA MG1-22.43
Telephone harmonic factor (THF)	<3%

Available voltages

50 Hz line - neutral / line - line		60 Hz line - neutral / line - line	
• 220/380	• 240/416	• 120/208	• 240/416
• 230/400	• 255/440	• 127/220	• 255/440
		• 220/380*	• 277/480

* Derate may be applicable at this voltage. Please consult factory for details.

Generator set options and accessories

Engine

- Ⓞ Heavy duty air filter
- Ⓞ Water jacket heater 220/240 v

Alternator

- Ⓞ Alternator heater

Cooling

- Ⓞ Antifreeze 50/50 (Ethylene glycol)
- Ⓞ Optional 50 °C cooling radiator

Circuit breaker

- Ⓞ 3 or 4 pole main circuit breaker
- Ⓞ 3 or 4 pole motorized circuit breaker
- Ⓞ Aux contacts and trip alarm

Control panel

- Ⓞ PowerCommand 3.3*
- Ⓞ PowerCommand 3.3 MLD*
- Ⓞ Shutdown audible alarm
- Ⓞ Shunt trip - 24 VDC

Warranty

- Ⓞ 2 years for prime application
- Ⓞ 5 years for standby application

Silencer

- Ⓞ 9 dB attenuation critical silencer
- Ⓞ 25 dB residential - delivered loose

*Note: Some options may not be available on all models - consult factory for availability.

ANEXO 15: GENERADOR ELÉCTRICO 750D6 PÁGINA 3 DE 4

PowerCommand 3.3 (MLD) Control System

The PowerCommand® 3.3 control system is an integrated microprocessor based generator set control system providing voltage regulation, engine protection, alternator protection, operator interface and isochronous governing.

AmpSentry – Includes integral AmpSentry protection, which provides a full range of alternator protection functions that are matched to the alternator provided.

Power management – Control function provides battery monitoring and testing features and smart starting control system.

Advanced control methodology – Three phase sensing, full wave rectified voltage regulation, with a PWM output for stable operation with all load types.

Communications Interface – Control comes standard with PCCNet and Modbus interface.

Regulation compliant – Prototype tested: UL, CSA and CE compliant.

Service – InPower™ PC-based service tool available for detailed diagnostics, setup, data logging and fault simulation.

Reliable design – The control system is designed for reliable operation in harsh environment.

Multi-language support

Operator panel features

Operator panel features – The operator panel, in addition to the alternator, displays the Utility/AC Bus data.

Operator/display functions

- 320 x 240 pixels graphic LED backlight LCD
- Auto, manual, start, stop, fault reset and lamp test/panel lamp switches
- Alpha-numeric display with pushbuttons
- LED lamps indicating genset running, remote start, not in auto, common shutdown, common warning, manual run mode, auto mode and stop

Paralleling control functions

- Digital frequency synchronization and voltage matching
- Isochronous kW and kvar load sharing controls
- Droop kW and kvar control
- Sync check
- Extended paralleling (Peak Shave/Base Load)
- Digital power transfer control (AMF) provides load transfer operation in open or closed transition or soft (ramping) transfer mode

Alternator data

- Line-to-neutral and line-to-line AC volts
- 3-phase AC current
- Frequency
- kW, kvar, power factor kVA (three phase and total)

Engine data

- DC voltage
- Engine speed
- Lube oil pressure and temperature
- Coolant temperature
- Comprehensive FAE data (where applicable)

Other data

- Genset model data
- Start attempts, starts, running hours, kW hours

- Load profile (operating hours at % load in 5% increments)
- Fault history
- Data logging and fault simulation (requires InPower)

Standard control functions

Digital governing (optional)

- Integrated digital electronic isochronous governor
- Temperature dynamic governing

Digital voltage regulation

- Integrated digital electronic voltage regulator
- 3-phase, 4-wire line-to-line sensing
- Configurable torque matching

AmpSentry AC protection

- AmpSentry protective relay
- Over current and short circuit shutdown
- Over current warning
- Single and three phase fault regulation
- Over and under voltage shutdown
- Over and under frequency shutdown
- Overload warning with alarm contact
- Reverse power and reverse var shutdown
- Field overload

Engine protection

- Battery voltage monitoring, protection and testing
- Over speed shutdown
- Low oil pressure warning and shutdown
- High coolant temperature warning and shutdown
- Low coolant level warning or shutdown
- Low coolant temperature warning
- Fail to start (over crank) shutdown
- Fail to crank shutdown
- Cranking lockout
- Sensor failure indication
- Low fuel level warning or shutdown
- Fuel-in-rupture-basin warning or shutdown
- Full authority electronic engine protection

Control functions

- Time delay start and cool down
- Real time clock for fault and event time stamping
- Exerciser clock and time of day start/stop
- Data logging
- Cycle cranking
- Load shed
- Configurable inputs and outputs (4)
- Remote emergency stop

Options

- Ⓞ Auxiliary output relays (2)

Masterless Load Demand (MLD)

- Ⓞ Load dependent start/stop of multi-gen system
- Ⓞ Predictive load input
- Ⓞ Run hour equalization



PowerCommand® 3.3 control operator display panel

Our energy working for you.™

©2015 Cummins Power Generation Inc. | 8012b-CPGK (8/15)

power.cummins.com

ANEXO 16: GENERADOR ELÉCTRICO 750D6 PÁGINA 4 DE 4

Ratings definitions

Emergency standby power (ESP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for the duration of power interruption of a reliable utility source. Emergency Standby Power (ESP) is in accordance with ISO 8528. Fuel Stop power in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

Limited-time running power (LTP):

Applicable for supplying power to a constant electrical load for limited hours. Limited Time Running Power (LTP) is in accordance with ISO 8528.

Prime power (PRP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for unlimited hours. Prime Power (PRP) is in accordance with ISO 8528. Ten percent overload capability is available in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

Base load (continuous) power (COP):

Applicable for supplying power continuously to a constant electrical load for unlimited hours. Continuous Power (COP) in accordance with ISO 8528, ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.



This outline drawing is to provide representative configuration details for Model series only.

See respective model data sheet for specific model outline drawing number.

Do not use for installation design

Model	Dim "A" mm	Dim "B" mm	Dim "C" mm	Set Weight* dry kg	Set Weight* wet kg
CR2506	4318	1856	2148	6219	6335
C9006	4318	1856	2148	6371	6487
C750D6	4318	1856	2148	6371	6487
C800D6	4318	1856	2148	6371	6487

* Note: Weights represent a set with standard features. See outline drawings for weights of other configurations.

Codes and standards



This generator set is designed in facilities certified to ISO 9001 and manufactured in facilities certified to ISO 9001 or ISO 9002.



This generator set is available with CE certification.

ISO 8528

This generator set has been designed to comply with ISO 8528 regulation.

Cummins Power Generation

Europe, CIS, Middle East and Africa

Manston Park, Columbus Ave,
Manston, Barnegate
Kent CT12 5BF United Kingdom
Phone 44 1843 255000
Fax 44 1843 255002

Americas

1400 73rd Avenue N.E.
Minneapolis, MN 55432 USA
Phone 763 574 5000
Fax 763 574 5298

Asia Pacific

10 Tuh Guan Road #07-01
TT International TradePark
Singapore 608536
Phone 65 6417 2388
Fax 65 6417 2399

Our energy working for you.™

©2015 Cummins Power Generation Inc. All rights reserved.

Cummins Power Generation and Cummins are registered trademarks of Cummins Inc. PowerConcept, Amplify, In Power and "Our energy working for you." are trademarks of Cummins Power Generation. Other company, product, or service names may be trademarks or service marks of others. Specifications are subject to change without notice. 80126-CPGK (0/15)



power.cummins.com

ANEXO 17: NORMA I.S. 020 – TANQUES SÉPTICOS CON INFORMACIÓN TOMADA SEÑALADA

Se debe considerar un volumen de almacenamiento de natas y espumas, la profundidad máxima de espuma sumergida (H_e , en m) en el es una función del área superficial del tanque séptico (A , en m^2), y se calcula mediante la ecuación.

$$H_e = \frac{0,7}{A}$$

Donde,
 A : área superficial del tanque séptico, en m^2

- b) Debe existir una profundidad mínima aceptable de la zona de sedimentación que se denomina profundidad de espacio libre (H_s , en m) y comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad libre de lodos.
- c) La profundidad libre de espuma sumergida es la distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee o cortina del dispositivo de salida del tanque séptico (H_{es}) y debe tener un valor mínimo de 0,1 m.
- d) La profundidad libre de lodo es la distancia entre la parte superior de la capa de lodo y el nivel inferior de la Tee o cortina del dispositivo de salida, su valor (H_o , en m) se relaciona al área superficial del tanque séptico y se calcula mediante la fórmula:

$$H_o = 0,82 - 0,26 \cdot A$$

Donde,
 H_o , está sujeto a un valor mínimo de 0,3 m

- e) La profundidad de espacio libre (H_l) debe seleccionarse comparando la profundidad del espacio libre mínimo total calculado como $(0,1 + H_o)$ con la profundidad mínima requerida para la sedimentación (H_s), se elige la mayor profundidad.

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

- f) La profundidad total efectiva es la suma de la profundidad de digestión y almacenamiento de lodos ($H_d = V_d/A$), la profundidad del espacio libre (H_l) y la profundidad máxima de las espumas sumergidas (H_e).
La profundidad total efectiva: $H_d + H_l + H_e$
- g) En todo tanque séptico habrá una cámara de aire de por lo menos 0,3 m de altura libre entre el nivel superior de las natas espumas y la parte inferior de la losa de techo.
- h) Cuando en la aplicación de las fórmulas de diseño se obtenga un volumen menor a $3m^3$, la capacidad total mínima se considera en $3 m^3$.
- i) Para mejorar la calidad de los efluentes, los tanques sépticos, podrán subdividirse en 2 o más cámaras. No obstante se podrán aceptar tanques de una sola cámara cuando la capacidad total del tanque séptico no sea superior a los $5 m^3$.
- j) Ningún tanque séptico se diseñará para un caudal superior a los $20 m^3/día$. Cuando el volumen de líquidos a tratar en un día sea superior a los $20 m^3$ se buscará otra solución. No se permitirá para estas condiciones el uso de tanques sépticos en paralelo.
- k) Cuando el tanque séptico tenga 2 o mas cámaras, la primera tendrá una capacidad de por lo menos 50% de la capacidad útil total.

- l) La relación entre el largo y el ancho del tanque séptico será como mínimo de 2:1

Artículo 9°.- Materiales

Para los tanques sépticos pequeños, el fondo se construye por lo general de concreto no reforzado, lo bastante grueso para soportar la presión ascendente cuando el tanque séptico esta vacío. Si las condiciones del suelo son desfavorables o si el tanque es de gran tamaño, puede ser necesario reforzar el fondo. Las paredes son, por lo común, de ladrillo o bloques de concreto y deben enlucirse en el interior con mortero para impermeabilizarlas.

Artículo 10°.- Accesos

Todo tanque séptico tendrá losas removibles, de limpieza y registros de inspección. Existirán tantos registros como cámaras tenga el tanque. Las losas removibles deberán estar colocadas principalmente sobre los dispositivos de entrada y salida.

Artículo 11°.- Dispositivos de entrada y salida del agua

- a) El diámetro de las tuberías de entrada y salida de los tanques sépticos será de 100 mm (4")

ANEXO 18: PLANO DE DESPIECE DEL BIODIGESTOR

