

**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD "RAFAEL BELLOSO CHACÍN"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
MAESTRIA EN PROYECTOS INDUSTRIALES**



Sapientus est hominibus

**ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE GAS A
PARTIR DE AGUA RESIDUAL DEL SECTOR INDUSTRIAL**

Trabajo de Grado para optar al título de Magíster
en Proyectos Industriales

Autor: Ing. Luis Valenzuela

Tutor. Ms. Penelope Lira

Maracaibo, Enero de 2010.

**ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN CON AGUA
RESIDUAL**

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
DECANATO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
PROGRAMA DE POSTGRADO EN: GERENCIA DE PROYECTOS INDUSTRIALES
NIVEL MAESTRIAS

VEREDICTO

Los suscritos profesores, MSc. JOSE GREGORIO SANCHEZ MORLES, MSc. MARIBEL DEL CARMEN CAMACHO BARAZARTE y MSc. PENELOPE LIRA DIAZ, designados como jurado examinador por el Consejo Universitario de URBE, para evaluar el(la) TRABAJO DE GRADO Intitulado(a): ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE GAS A PARTIR DE AGUAS RESIDUALES EN EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL, que presenta el (la) participante: LUIS EDUARDO VALENZUELA COLINA, C.I.: 17.461.273, para optar al grado de MAGISTER SCIENTIARUM EN GERENCIA DE PROYECTOS INDUSTRIALES, bajo la tutoría de MSc. PENELOPE LIRA DIAZ, C.I.: 06.091.744, reunidos previa convocatoria el día 28 del mes de Enero de 2010, a las 06:00 PM en el edificio sede del Vicerrectorado de Investigación y Postgrado de ésta Universidad, después de presenciar la defensa de dicho(a) Trabajo, ha sido calificado como Aprobado, correspondiéndole la valoración de Sobresaliente (19 puntos), de conformidad con el Reglamento General de Investigación y de Estudios para Graduados de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín. Maracaibo, a los 28 días del mes de Enero de 2010.



MSc. PENELOPE LIRA
C.I.: 06.091.744

Univ. o Institución
a la que pertenece
URBS



MSc. JOSE SANCHEZ
C.I.: 07.741.794

Univ. o Institución
a la que pertenece
UJCH



MSc. MARIBEL CAMACHO
C.I.: 05.629.872

Univ. o Institución
a la que pertenece
CORPOZULIA



DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis abuelos que siempre están conmigo son los angelitos que cuidan cada paso que doy y cada senda que elijo

A mi madre que desde que tengo uso de razón esta apoyándome, e n los momentos mas fuertes estuvo conmigo y me brindo una mano amiga

A Wilfredo (Losky) por enseñarme que no saber es el pretexto de la gente para no hacer, gracias por hacerme entender que cada día el ser humano es capaz de lograr lo que se propone si el corazón esta cada paso que da.

A mi abuela gloria que con su preocupación por mis cosas me hace reír, contar cuentos y hasta explicarle que me paso en el día.

A mi hermano que desde que dios lo trajo a este mundo el es un buen motivo para dar buen ejemplo

A mi tía Paula una segunda madre que con ejemplo me enseñó que uno puede lograr lo que se propone

A mi novia Lizdiana que estuvo conmigo de principio a fin, su comprensión, apoyo y solidaridad son las que hicieron esto posible.

A todos aquellos que de alguna u otra forma mediante una entrevista, correo o hasta por un mensaje de texto me colaboraron en mi investigación.

A todos ustedes este triunfo es nuestro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco por el sol cada mañana, por la oportunidad de conocer un poco mas cosas que ni sabia que existían, agradezco por mi familia, mi novia , mis amigos por las personas que están y por las que se fueron agradezco por todo lo bueno, lo malo y lo regular . la combinación de todo lo antes citado es lo que me trajo hasta aquí gracias por ser parte de mi vida

ÍNDICE GENERAL

VEREDICTO	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE GENERAL	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I EL PROBLEMA	3
1. Planteamiento del Problema	3
1.1. Formulación del Problema	7
2. Objetivos de la Investigación	7
2.1. Objetivo General	7
2.2. Objetivos Específicos	7
3. Justificación de la Investigación	8
4. Delimitación	10
CAPITULO II MARCO TEORICO	11
1.....	An
tecedentes de la investigación	11
2.....	Ba
ses teóricas	21
2.1.....	Alt
ernativa tecnológica	22

2.2.....		
Tecnología		24
2.2.1.....	Proceso de identificación y adopción de tecnología	Pr 27
2.3.....		Mo 28
Método de cálculo de producción de biogás		
2.4.....		Vol 29
Cálculo de total de biogás generado y recuperado por la degradación de los lodos		
2.4.1.1.....	Influencia de la composición de los residuos	Infl 31
2.4.1.2.....	Caudal de biogás recuperable	Ca 32
2.4.1.3.....	Cálculo de la velocidad de la generación de biogás	Ca 33
2.4.2.....		Cá 34
Métodos de los biodigestores		
2.4.2.1.....	Método basado en el tiempo de retención	Mé 34
2.4.2.2.....	Método experimental	Mé 37
2.4.2.3.....	Método basado en el factor de carga	Mé 39
2.5.....		De 42
Descripción del proceso		

2.5.1	Pr
eparación y acondicionamiento de los lodos	43
2.5.2	Hi
drólisis	44
2.5.3	Me
tanización	45
2.5.4	Al
macenamiento del digesto compost y el gas	47
2.5.5	De
shidratación del compost	48
2.6	Sis
tema de calentamiento del digestor	53
2.7	Cá
maras de digestión	54
2.7.1	Di
gestor único	55
2.7.2	Di
gestor en dos etapas	57
2.8	As
pectos técnicos del proceso	59
2.8.1	Op
eración	59
2.8.1.1	Ma
no de obra	

2.8.1.2.....	Ma
ntenimiento	60
2.8.1.3.....	Vid
a útil	62
2.8.2	Sis
tema mesofílico y termofílico	64
2.9.....	Ev
aluación económica	65
2.9.1	Co
sto de operación	68
2.9.1.1	Co
sto de mano de obra	69
2.9.1.2	Co
stos de fabricación indirecta	70
2.9.2	Val
or presente neto	71
2.9.3	Ta
sa mínima de retorno	73
2.9.4	An
álisis de sensibilidad	74
2.9.5	Si
mulación de Monte Carlo	76
3.....	De
finición conceptual y operacional de las categorías	77

3.1	Ca	
tegoría: Volumen de producción de gas a partir de aguas residuales		77
3.2	Ca	
tegoría: Alternativa tecnológica para el proceso de digestión anaeróbica		78
3.3	Ca	
tegoría: Aspectos técnicos del proceso		79
3.4	Ca	
tegoría: Aspectos económicos del proceso		80
CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO		82
1	Tip	
o de investigación		82
2	Dis	
eño de la investigación		83
3	Po	
blación de estudio		84
4	Té	
nicas de recolección de información		85
5	Té	
nicas de análisis de información		87
6	Pr	
ocedimiento de la investigación		90

CAPITULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	92
1. Análisis y discusión de los resultados	92
CAPITULO V ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE GAS A PARTIR DE AGUAS RESIDUALES	114
1. Conceptualización de la alternativa tecnológica	114
2. Objetivos de la alternativa tecnológica	115
3. Alcance de la alternativa tecnológica	115
4. Alternativa tecnológica propuesta	116
5. Viabilidad	
CONCLUSIONES	128
RECOMENDACIONES	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Integración de las funciones de los negocios en la gestión tecnológica	26
2	Cargas en los biodigestores	41
3	Valores de varios factores en digestión anaeróbica	41
4	Operalización de la variable	81
5	Población y Muestra	85
6	Formato de Matriz de análisis para la categoría: Volumen de producción de gas a partir de aguas residual. Sub Categoría: Factores que influyen en el volumen de biogás generado	88
7	Formato de Matriz de análisis para la categoría: Volumen de producción de gas a partir de aguas residuales. Sub Categoría: Calculo del caudal de un biodigestor	89

8	Formato de Matriz de análisis para la categoría: Alternativa Tecnológica	89
9	Formato de Matriz de análisis para la categoría: Aspectos técnicos. Sub Categoría: Operación.	90
10	Formato de Matriz de análisis para la categoría: Aspectos técnicos. Sub Categoría: Sistema en el que se desarrolla	90
11	Matriz de análisis para la categoría: Volumen de producción de gas a partir de aguas residual. Sub Categoría: Factores que influyen en el volumen de biogás generado	93
12	Matriz de análisis para la categoría: Volumen de producción de gas a partir de aguas residuales. Sub Categoría: Calculo del caudal de un biodigestor	95
13	Matriz de análisis para la categoría: Alternativa Tecnológica	98
14	Matriz de análisis para la categoría: Aspectos técnicos. Sub Categoría: Operación.	100
15	Matriz de análisis para la categoría: Aspectos técnicos. Sub Categoría: Sistema en el que se desarrolla	103
16	Costos de instalación	106
17	Costos de construcción	107
18	Costos de mantenimiento	107
19	Resumen de costo	108
20	Ingreso Mensual	112
21	Actividades necesarias para la ejecución del proyecto	121
22	Interrelación entre las actividades del proyecto	122
23	Lista de recursos necesarios	123

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico		Pag.
1	Relación temperatura -volumen de gas por kg de sólidos volátiles – tiempo de retención	35
2	Fases de Fermentación	42
3	Análisis de sensibilidad de inversión	110
4	Análisis de sensibilidad de costos de mantenimiento	111
5	Simulación de montecarlo	113
6	Vista posterior del edificio modelo y Vista Frontal del edificio modelo.	118
7	Vista lateral edificio Modelo	118
8	Ubicación del biodigestor dentro del área	120
9	Sistema de digestión anaeróbica	125
10	Sistema de digestión anaeróbica	125

Luis Valenzuela, "Alternativa tecnológica para la producción de gas a partir de aguas residuales". Universidad "Rafael Beloso Chacin". Programa Maestría en Gerencia de Proyectos Industriales Maracaibo 2009.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo proponer una alternativa tecnológica para la producción de gas con aguas residuales. Según Rodríguez (2006) la adquisición de una tecnología en particular es el producto de un estudio de factibilidad técnica y económica por parte de un grupo especializado de personas, considerando esto, se realizó la recolección de datos para la elaboración de dichos estudios, mediante la observación documental y análisis de contenido, utilizando lo expuesto por los siguientes autores: Brown y Maunder (2005), Van Haandel y Van der Lubbe (2007), Agdag (2007), Tchobanoglous, Burton y Stensel (2003), entre otros. En el presente

estudio se recolectan las diferentes tendencias tecnológicas para la producción de gas con aguas servidas, utilizando como instrumento matrices de análisis. Entre los resultados obtenidos podemos mencionar: el gas producido en el proceso es aprovechado solo en un 70%, el agua residual a utilizar debe poseer una alta concentración de compuestos orgánicos, el método más eficiente para el cálculo de la producción de gas es el método basado en el tiempo de retención, ningún autor conserva una opinión excluyente acerca de cual tecnología de digestión utilizar debido a que estas dependen del contexto en el cual se desarrollen, el sistema termofilico es mejor si se tiene como finalidad la producción de gas, el análisis de sensibilidad y la simulación de Montecarlo demostraron que la propuesta es viable económicamente. Tomando en cuenta estos resultados y el análisis de los datos recolectados se propone como alternativa el uso de un biodigestor de dos etapas y la aplicación de un sistema termofilico con el cual se puede obtener una producción de gas capaz de abastecer de energía eléctrica a 32 apartamentos a un costo mensual de 890 BsF, es decir, 27.8 BsF por apartamento.

Palabras claves: Termofilico, biodigestor, gas, aguas residuales, energía

Luis Valenzuela, "Alternativa tecnológica para la producción de gas a partir de aguas residuales". Universidad "Rafael Belloso Chacin". Programa Maestría en Gerencia de Proyectos Industriales Maracaibo 2009.

ABSTRACT

The aim of this investigation is to propose an alternative technology that allows us produce gas from wastewater. According to Rodriguez (2006) to acquire a technology in particular is the result of feasibility, technical and economic studies made by experts, considering this, a recollection of data to manufacture this paper was made, using documental observation, and analysis, using the experts words such as: Brown y Maunder (2005), Van Haandel y Van der Lubbe (2007), Agdag (2007), Tchobanoglous, Burton y Stensel (2003), and others. This research compiles information about different technologies for the gas production through wastewater using analysis matrices. Some of the obtained results: just 70% gas produces can be recover, wastewater use must have a high concentration in organic compounds, the most efficient method to calculate gas production is time

retention based, non author can provide a exclusive opinion about the technology that most be used because this must be determined by the conditions in the development place, thermophilic system is the best if you have by purpose gas production, sensibility analys and Montecarlo simulation shows that this proposal is economical liable. Taking this in consideration, it propose as alternative the use of a two stage digester with a thermophilic range with witch can obtained gas production capable to supply electric energy to 32 apartments with a monthly cost 890 Bsf, this means, 27.8 BsF by apartment.

Palabras claves: Thermophilic, biodigester, gas, wastewater, power

INTRODUCCIÓN

Desde los comienzos del siglo XX, los ingenieros medio ambientales y científicos han ampliado su campo de actuación, desde la provisión de agua limpia destinada al consumo y el tratamiento de aguas residuales para la protección de la salud humana, hasta la inclusión de mejoras de los medios acuáticos y atmosféricos, así como recientemente la generación de energía a través de la utilización de desechos que anteriormente serian vertidos en la naturaleza.

La demanda de gas natural en Venezuela se encuentra altamente

concentrada. El sector petrolero consume un 39% en inyección de pozos, 29% en otras actividades de la industria petrolera para un total del 68% del total de la producción de gas. El 32% restante se encuentra dividido en domestico 1,28%, siderúrgico 6,08%, petroquímico 7,04%, electricidad 10,56%, 7,04% otros usos del sector privado (economía). Lo que desencadena la necesidad de una alternativa capaz de solventar la problemática del suministro gas. Con la finalidad de lograr el objetivo general del estudio, el cuerpo del trabajo se estructuró de la siguiente manera:

Capítulo I, se abordó la problemática de la falta de suministro de gas en Venezuela y de como esta parcializada la distribución de consumo hacia el sector público principalmente y en segundo plano la colectividad del sector publico. En la primera etapa del Capítulo II, se citan autores con sus investigaciones, en el área metodológica y prácticas, con la finalidad de obtener todos los basamentos para desarrollar la investigación. En este mismo capítulo se presentan las bases teóricas, la definición de términos básicos y la definición conceptual y operacional de las categorías.

En el Capítulo III, se presenta la metodología de la investigación, mediante la descripción de su tipo, diseño, universo de estudio, técnicas e instrumento de recolección de datos, que en el caso de esta, fue la matriz de análisis. En el Capítulo IV se procedió analizar los resultados de la investigación, basados en las categorías y sub-categorías, con el fin de obtener la alternativa tecnológica para la producción de gas a partir de agua residual. Es en este capítulo donde los resultados son separados e

interpretado por el autor, basado en las investigaciones anteriores y la triangulación de la misma.

Por último, en el Capítulo V, una vez concluido el análisis de las variables en el capítulo anterior, se realizó la propuesta de puesta en práctica de la alternativa tecnológica en un caso real. Finalizado el desglose de la investigación, se formularon las conclusiones tratando de dar respuesta a los objetivos planteados y proponer así las recomendaciones necesarias en el área de estudio.