

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES



ECUADOR  
UNIVERSIDAD  
INTERNACIONAL  
**SEK**

Arranque y verificación de funcionamiento de un equipo generador de CO<sub>2</sub> que utiliza GLP para la producción de biomasa para su posterior uso en la industria energética a través de control automático.

---

REALIZADO POR: MARÍA GABRIELA RODRÍGUEZ CAICEDO  
TUTOR: ING. RODOLFO RUBIO



# RESUMEN

---

- ❖ A la planta generadora de CO<sub>2</sub> existente, se le realizó la reingeniería y la implementación de un sistema de control automático.
- ❖ El aporte ambiental de este estudio es la captación del CO<sub>2</sub>, que es un gas de efecto invernadero, causante del calentamiento global, en agua, para que se realice el cultivo de microalgas con las que se elaborará biocombustible

# INTRODUCCIÓN

---

## Calentamiento Global por CO<sub>2</sub>

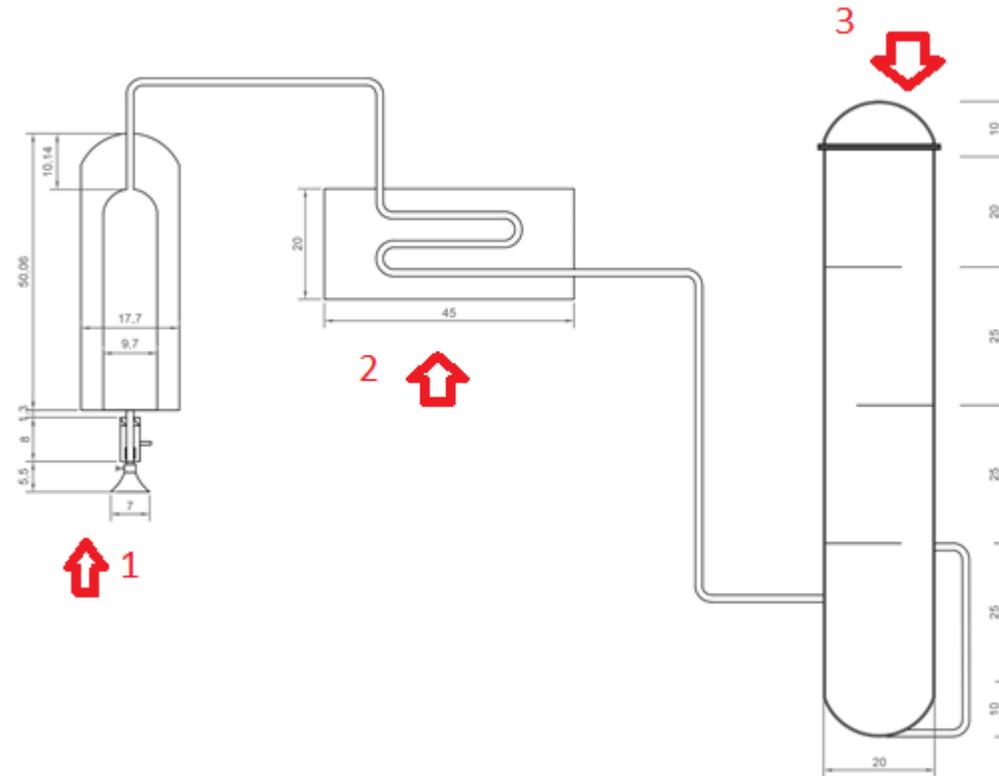
El CO<sub>2</sub> es el mayor impulsor del calentamiento global. Actualmente, existen cerca de 3 trillones de toneladas de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

## Relaciones aire /combustible.

Las relaciones aire/combustible conforme al balance de masa deben mantenerse a un nivel tan bajo como sea posible, lo que permitirá ahorrar combustible. Si no hay exceso de aire en la cámara de combustión, habrá una combustión incompleta.

**GLP:** Consiste principalmente de propano y por lo tanto el LPG generalmente se conoce como propano. Sin embargo, también contiene cantidades variables de butano, propileno y butileno.

# Equipo Generador de CO<sub>2</sub> inicial

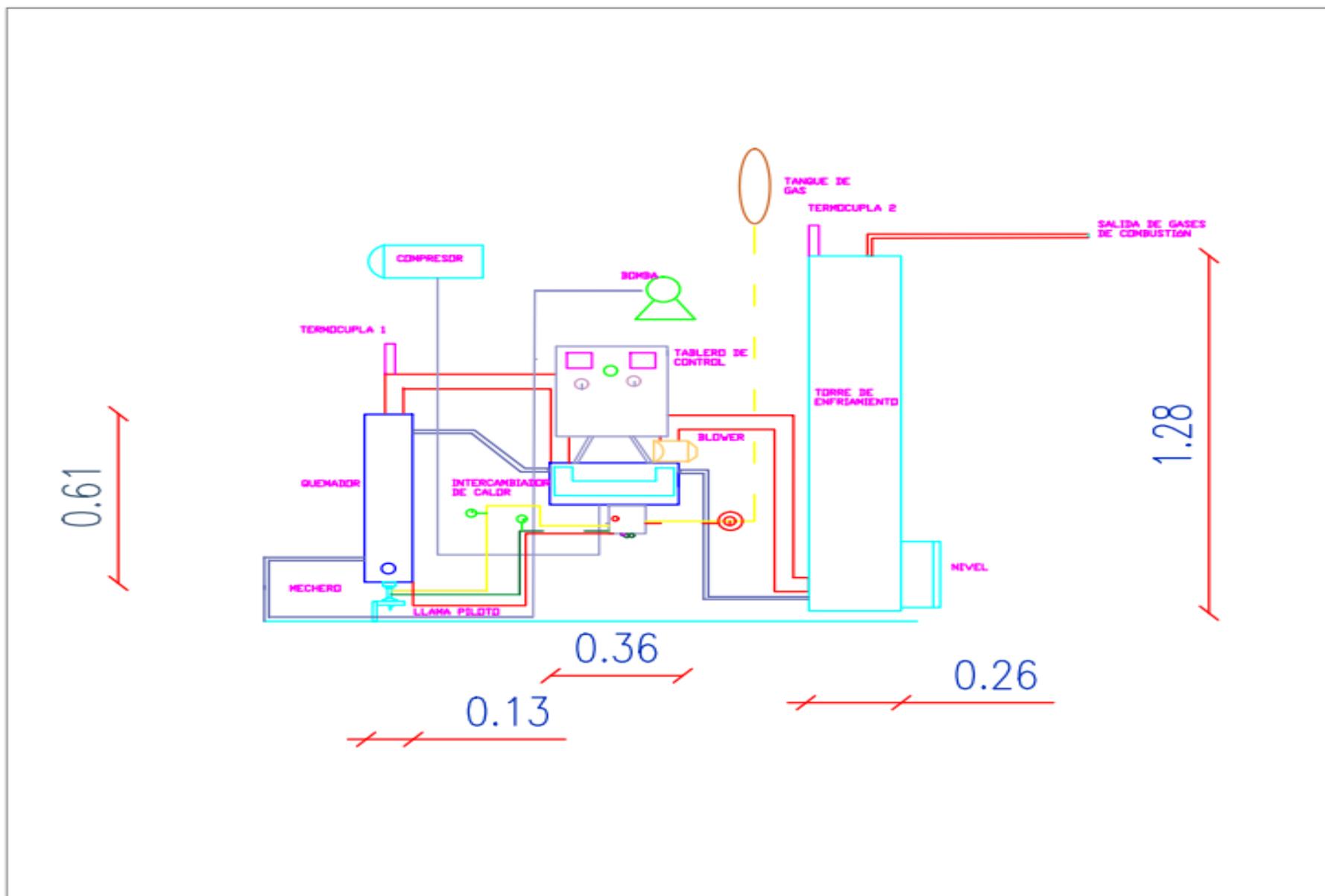


**Fuente:** (Tapia, 2017)

# *Cambios del equipo*

---

- ❖ Cambio de tubería
- ❖ Rediseño de intercambiador
- ❖ Acoplamiento Termocuplas
- ❖ Acoplamiento del Sistema de Control automático
- ❖ Acople de la llama piloto



UBICACION:



MAESTRÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO:

ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO GENERADOR DE CO<sub>2</sub> QUE MUESTRA QUE PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PARA SU POSTERIOR USO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA A NIVEL DE CONTROL AUTOMÁTICO

CONTIENE:

LAYOUT DEL EQUIPO GENERADOR DE CO<sub>2</sub>

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD SEK

CLAVE CATASTRAL:

Nº. FOLIO:

FECHA:

FEBRERO 2018

ESCALA:

1:100

ARCHIVO:

LÁMINA:

M- 01

REALIZADO POR:

MARÍA GABRIELA RODRÍGUEZ CAICEDO

OBSERVACIONES:

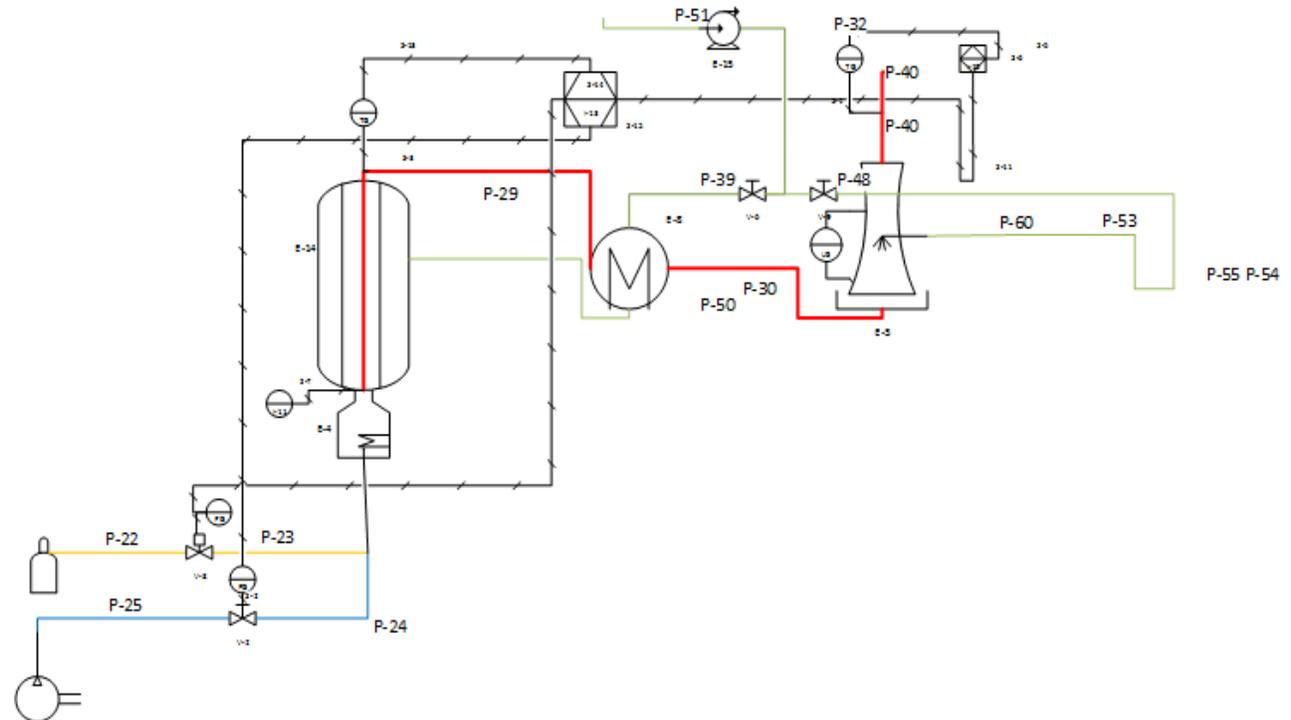
NOTAS:

El plano indicado tiene el plano del equipo después de realizado algunas modificaciones en el diseño para su correcto funcionamiento.

SELLOS:

# Control Automático

El control automático en el encendido permite tener seguridad en la operación del equipo generador de dióxido de carbono, ya que existen riesgos en el uso por combustibles, por tanto el sistema de combustión se selló completamente, las mangueras de paso de GLP son las normadas para este tipo de combustible con el color de seguridad para gases (INEN 2260).



# *Datos tomados después de puesta en marcha del Equipo*

---

- ❖ Se midió las temperaturas de entrada y de salida de agua de enfriamiento que ingresa y caudales.
- ❖ Temperaturas de salida del quemador y salida de la torre

# Temperaturas de gases de salida

---

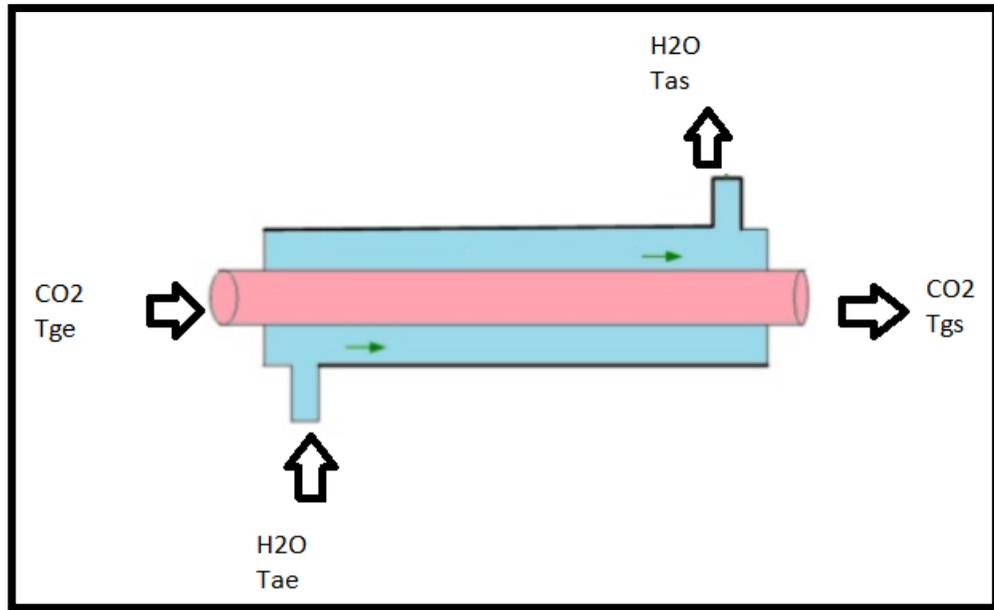
<i>Temperatura de Gases de Salida</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</i>
<b>14</b>	<b>15,5</b>	<b>1</b>
<b>14</b>		
<b>15</b>		
<b>16</b>		
<b>15</b>		
<b>16</b>		

**Temperatura de agua de enfriamiento**

	Temperatura entrada (C)	Temperatura Salida (C)
<b>T1</b>	16	17
<b>T2</b>	16	17,1
<b>T3</b>	17	18

**Caudales de agua de enfriamiento**

Caudal 1 (Q1) (l/min)	Caudal 2 (Q2) (l/min)	Caudal 3 (Q3) (l/min)	Caudal Promedio (l/min)
<b>12</b>	11	13	12



$$Q = 12 \frac{l}{min} * \frac{1Kg}{l} = 12 K g/min$$

$$Energía = m C_p \Delta T \quad Ec. (1)$$

### Cálculo de energía (E1) para Q1

$$Energía (1) = \frac{12Kg}{min} * \frac{4,18KJ}{KgC} * (17 C - 16 C)$$

$$Energía (1) = 50,16 KJ/min$$

Medición	Energía (KJ/min)	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1	50,16	50,16	4,17
2	45,98		
3	54,34		

	Fracción Poder Calórico kJ/kg
C3	45 000

**Fuente:** Manual del Ingeniero Químico Perry, 2011

Del balance de energía realizado para el agua de enfriamiento, la energía ganada por el agua, es la energía cedida por la reacción de combustión del GLP, por tanto para obtener el caudal másico de combustible podemos dividir la energía ganada por el agua, para la el poder calórico del GLP, y nos dará como resultado los gramos de GLP por minuto.

$$\frac{\text{Energía ganada por el agua KJ/min}}{\text{Energía de la reacción de combustión} \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$\text{Energía (promedio 85\%)} = 54,34 \text{ KJ/min}$$

Tomando en cuenta que este valor corresponde a una eficiencia del 85% (Tapia ,2017)

$$\text{Energía (promedio 100\%)} = 58,84 \text{ KJ/min}$$

$$\frac{58,84 \text{ KJ/min}}{\left(\frac{45000 \text{ KJ}}{\text{Kg}}\right)} = 0,00138 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} = 1.4 \text{ g de cumbustible/min}$$

**Reacción de combustión, gas licuado de petróleo**



## BALANCE DE MASA CON REACCIÓN QUÍMICA

<u>Especie Química</u>	<u>Peso molecular</u>	<u>ENTRADA</u>		<u>SALIDA</u>	
		<u>masa</u> <u>g/min</u>	<u>mol</u>	<u>masa</u> <u>g/min</u>	<u>mol</u>
$C_3H_8$	44	1.4	0,03	.....	.....
$O_2$	32	5.76	$= 5(0,03*1.2)$ $= 0,18$	0,96	$=(0,18-0.15)$ $=0,03$
$N_2$	28	19.0	$=(0,18*79/21)$ $=0.68$	19.04	$=0.68$
$CO_2$	44	.....	.....	3.96	0.09
$H_2O_{(v)}$	18	.....	.....	2.16	0.12
<b>ENTRADA</b>		26.1 g	SALIDA	26.1 g	

## CONCLUSIONES

- La temperatura promedio a la que llegan los gases producto de la combustión después de las pruebas es de 16,5 grados centígrados, la temperatura a la que se encuentra el fotobiorreactor es de 26 grados centígrados, a esta temperatura mediante el diagrama indicado se obtiene un valor de 1,5 g de CO<sub>2</sub> por Kg de agua.
- Después de medir los parámetros de funcionamiento del equipo cuando este estuvo en marcha se determinó que por cada 1.4 g de C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> por minuto se obtiene 3.96 g de CO<sub>2</sub> por minuto, el fotobiorreactor tiene una capacidad de 55 litros, es decir tiene una capacidad de 82,5 gramos de CO<sub>2</sub>, lo que corresponde que en 20,8 minutos el agua del fotobiorreactor llegaría a su saturación de CO<sub>2</sub>.
- En funcionamiento el equipo logra generar 3.96 g de CO<sub>2</sub> por minuto por cada 1.4 g /min de C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, con una alimentación de aire con el 20% en exceso que corresponde a 19 g/min de N<sub>2</sub> y 5.76 g/minuto de O<sub>2</sub>, obteniéndose también en los gases de salida 00.96 g/min de oxígeno en exceso, 19 g/min de nitrógeno y 2.16 g/min de vapor de agua.

- Se recomienda limpiar y verificar tanto la mirilla como el quemador, ya que durante su uso el quemador podrá acumular suciedad y provocar que la combustión no fuera eficaz, disminuyendo el rendimiento.
- Se recomienda determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> que captarán las microalgas en un intervalo de tiempo, esto permitirá establecer cada que tiempo el equipo generador deberá encenderse, para alimentar de dióxido de carbono al fotobiorreactor.
- Después de los cálculos realizados con la Ecn 4, se obtiene un valor de energía media por minuto del quemador de 58,84 *KJ/min*, que equivale a una potencia de 980 W, es decir es la cantidad de trabajo que va a realizar el equipo.

**¡GRACIAS!**

