

Mejoramiento de la eficiencia del caldero del comedor universitario utilizando energía solar térmica y Arduino para el monitoreo

Pascual Adriaola Corrales, Mg¹, Harold Chirinos Urday, Mg², and José Esquicha Tejada, Mg³

¹Universidad Nacional de San Agustín, Perú, padriaola@unsa.edu.pe

²Universidad Nacional de San Agustín, Perú, hchirinos@unsa.edu.pe

³Universidad Nacional de San Agustín, Perú, jesquichat@unsa.edu.pe

Resumen– *El desarrollo de mecanismos de tecnologías limpias (MDL) para la disminución de gases efecto invernadero (GEI), conlleva a un ahorro económico en el uso de combustibles fósiles, es así que la presente investigación utiliza fundamentos aplicativos de energía solar térmica, para la alimentación del agua al caldero del comedor de la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA), que permita un ahorro según los flujos de caja, y disminuyendo las emisiones de CO₂ según los balances termodinámicos del proceso. Además de proponer un monitoreo constante de las emisiones de CO₂, mediante la tarjeta Arduino, que alertará la varianza en la emisión del CO₂.*

Palabras Clave -- *Energía Solar Térmica, Caldero, Diésel, comedor, Arduino.*

Abstract– *The development of clean technology mechanisms (CDM) for the reduction of greenhouse gases (GHG) leads to economic savings in the use of fossil fuels. In this way, the present research uses the potful of the dining room of the National University of San Agustín (UNSA), which allows economic savings according to cash flows and CO₂ emissions according to the thermodynamic balance of the process. In addition, it proposes constant monitoring of CO₂ emissions using the Arduino card, which alerts the variance in CO₂ emissions.*

Keywords – *Keywords – Solar Thermal Energy, potful, Diesel, dining room, Arduino.*

INTRODUCCIÓN

La generación de vapor está presente en nuestros días en gran parte de los procesos industriales, de ahí que la búsqueda por mejorar su eficiencia sea uno de los grandes problemas de estos tiempos. [1]

El nivel de contaminación ambiental atmosférica por el consumo de combustibles fósiles es considerable en el mundo, siendo una variable que ocasiona el sobrecalentamiento global [2]. La industria alimentaria, generalmente usa los calderos a combustión para su producción alimenticia, esta combustión contribuye a la generación de gases efecto invernadero como el CO₂, además el costo del combustible utilizado en la

operación diaria es considerable.

La radiación solar en la ciudad de Arequipa es una de las más altas y abundantes a nivel mundial en gran parte del año, debido a su cielo despejado y a la cantidad de horas sol, que debemos aprovechar [3].

Con la popularidad de la placa de Arduino, se presentó una forma de usar sensores y actuadores, sin tener un conocimiento muy avanzado en electrónica y ser utilizado en proyectos propios, pero siendo necesario tener un cierto grado de conocimiento en los lenguajes de programación [4].

A través de cálculos de ingeniería económica y la propuesta de monitoreo (local y remoto), para el control de tal operación del caldero suministrando agua precalentada por energía solar; se conseguirá grandes beneficios ambientales y económicos para la institución.

Por consiguiente, se propone utilizar la energía solar térmica, para precalentar el agua de ingreso al caldero del comedor de la Universidad Nacional de San Agustín, de tal forma que preservemos nuestro medio ambiente, aplicando de forma eficiente la termodinámica y económicamente se mejorara la eficiencia y el rendimiento del caldero.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la Universidad Nacional de San Agustín, brinda el servicio de alimentación a sus estudiantes, el cual consta de servicio de alimentación básica (desayuno, almuerzo y cena) de Lunes a Sábado, superando las 4600 raciones. En la preparación de los alimentos se utiliza el vapor saturado producido por un caldero, el cual debe ser transportado por una línea de vapor saturado de agua; el caldero funciona con la combustión de petróleo Diésel, el cual produce emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Así mismo, el costo aproximado del consumo de combustible, es de 32 mil soles al mes, el cual se pretende reducir.

Esta investigación, propone la reducción de ambas problemáticas mencionadas, por un lado se utiliza la energía solar, con la implementación de paneles solares térmicos, que precalentarán el agua antes de su ingreso al caldero y estará complementado mediante un sistema de monitoreo de emisiones del CO₂.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.60>
ISBN: 978-0-9993443-0-9
ISSN: 2414-6390

15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education”, 19-21 July 2017, Boca Raton FL, United States.

II. SITUACIÓN ACTUAL

La Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, mediante la Oficina de Bienestar Universitario, evalúa y autoriza los servicios de alimentación a una población estudiantil, la cual comprende: desayuno, almuerzo y cena. Para este fin se utiliza un caldero que genera una línea de vapor saturado de agua que transfiere calor a cinco marmitas, en las cuales se preparan los alimentos a una presión promedio de 28 psi, además el vapor es usado para el lavado de vajillas, ver Fig. 1.



Fig. 1. Comedor UNSA [5].

Por esta razón, se dispone de un caldero piro-tubular de combustión de petróleo Diésel, con una circulación de 3 m³ de agua blanda en forma permanente, trabajando un promedio de 14 horas (5 am – 7 pm), el cual origina un consumo diario de 65 galones de petróleo Diésel. El agua de alimentación reporta al inicio de la operación una temperatura entre 7 – 23°C, cuyo promedio es de 15°C (obtenido del registro diario de temperaturas del comedor universitario), la que también es aportada por un condensador que recicla la línea de vapor saturado, una vez iniciada la labor diaria de trabajo, ver Fig. 2.



Fig. 2. Caldero piro-tubular del comedor UNSA [5].

A continuación, se muestra algunos datos técnicos de operación del caldero, Tabla. 1:

Tabla. 1. Datos técnicos caldero comedor UNSA.

Tipo Caldera: Piro-tubular.	Potencia: 60 BHP
Salida de Vapor saturado: 1260 lb/h	Volumen de Agua ingreso: 3 m ³ / 12 horas diarias de trabajo.
Temperatura Agua de ingreso directamente de la red: 7-23 °C	Agua ingreso reciclada del condensador: 60 °C
Periodo de trabajo caldero: 5 am – 7 pm	Consumo diario: 60 – 65 galones Diésel.
Uso línea de vapor: Marmitas, Vajilla y Cámara de Vapor.	Distancia línea de vapor: 10 – 15 metros.
Pérdidas en línea de vapor: 10 – 15%.	Presión de salida vapor agua caldero: 30 psi
Servicio comedor: Desayuno, Almuerzo, Cena.	Días de servicio comedor: Lunes a Viernes, Sábado 12 pm.
Salida de dureza de agua del ablandador: 0 mg/Litro agua	Intercambiador del ablandador: Zeolita.

Fuente: Universidad Nacional San Agustín.

III. PROPUESTA DE MEJORA

Al tomar el agua potable de la red de suministro, esta pasara por el ablandador de resina intercambiadora de iones, para ser elevada por una bomba de agua hacia 6 paneles solares térmicos (dimensiones 2 m x 1.10 m) ubicados en el techo del comedor, dicha agua precalentada se almacenará en dos tanques de 500 litros cada uno; luego descenderá por gravedad hacia el caldero con los siguientes efectos:

- Mejora de la eficiencia del caldero.
- Disminución de la emisión de GEI, específicamente CO₂.
- Disminución de los costos de consumo de petróleo Diésel.

Dicha agua de ingreso alcanzará una temperatura en promedio de 65 °C, comparada con los 15 °C actuales, el cual permitirá disminuir el consumo de petróleo Diésel para el caldero, ver Fig. 3.

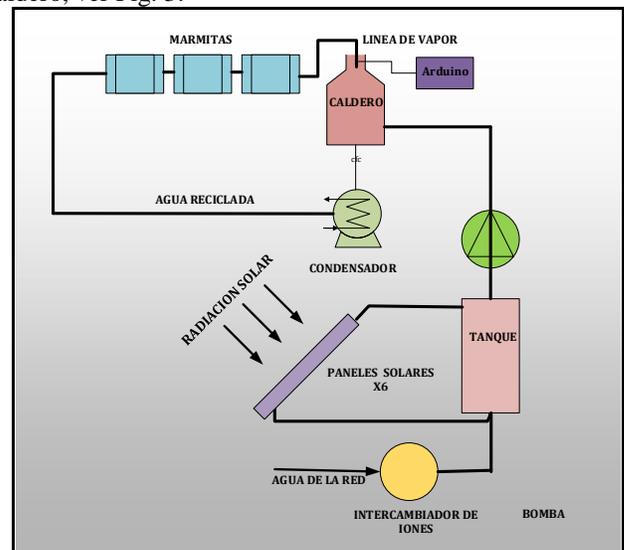


Fig. 3. Diagrama del mejoramiento de la eficiencia del Caldero.

Con la implementación de un sistema de monitoreo, se requiere de los siguientes componentes: Tarjeta Arduino, el sensor de gas de combustión MQ y el Shield SIM 900 GSM.

La tarjeta Arduino (ver Fig. 4), es una placa o tarjeta que permite usar sensores y actuadores, sin tener un conocimiento muy avanzado en electrónica, y es utilizado en proyectos creativos. [4]

El sensor de gas MQ (ver Fig.5), se caracteriza por tener un pequeño calentador interior con un sensor electroquímico, no existen componentes electrónicos en el interior. El sensor de gas de MQ 135 es muy usado para la detección del CO₂, siendo sensible también para el benceno, alcohol y humo. [6]

El Shield SIM 900GSM (ver Fig.6), utiliza la red telefónica celular GSM para recibir datos desde una ubicación remota, como servicios de mensajes cortos, audio y servicio GPRS [7].



Fig. 4. Tarjeta Arduino Uno



Fig. 5. Sensor MQ-135



Fig. 6. Shield SIM 900 GSM

Entonces, en la propuesta de mejora de la combustión, se realizará el monitoreo en la salida de combustión del caldero mediante un sensor de gas MQ -135, que permitirá indicar el grado de emisión de CO₂, este sensor se conectará con la tarjeta Arduino, que enviará alertas al encargado mediante el encendido de leds y en forma remota con el Shield SIM 900 GSM, cuando exista alguna variación de emisión de CO₂. (Ver Fig. 3).

IV. RENDIMIENTO ÚTIL DE LA CALDERA

El calor producido al quemarse un combustible en una caldera no se transmite íntegramente al agua de calefacción, se producen unas pérdidas que serán de mayor o menor magnitud dependiendo del diseño de la caldera y de la regulación de la combustión [8].

El rendimiento útil de una caldera, según Ec. (1):

$$\eta\mu = \frac{P\mu}{Pc} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

P_μ: Potencia útil de la caldera.

P_c: Potencia calorífica obtenida al quemar el combustible.

Potencia útil (P_μ).

La potencia útil de una caldera depende del caudal de agua (Q) que circula a través de ella y del salto térmico del agua que existe a la entrada (T_e) y salida (T_s) de la caldera, según Ec. (2):

$$P\mu = Q \cdot (T_s - T_e) \cdot C_e \cdot P_e \quad (2)$$

Para el agua, se tiene Ec. (3):

$$P\mu = Q(T_s - T_e) \quad (3)$$

Donde:

P_μ: Potencia útil en kcal/h.

Q: Caudal en l/h.

T_s: Temp. del agua a la salida en °C.

T_e: Temp. del agua a la entrada en °C.

C_e: Calor específico en kcal/h. kg. °C (1 para agua).

P_e: Peso específico en kg/dm³ (1 para el agua).

La mayoría de fabricantes de calderas, en sus informaciones técnicas, indican las potencias útiles, ver Fig. 7.

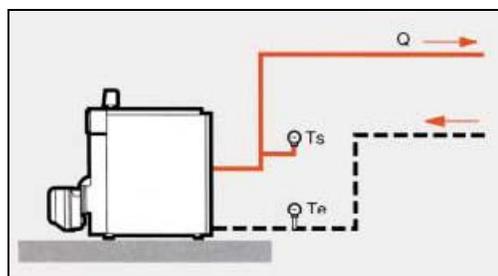


Fig. 7. Potencia útil de la caldera [8].

Potencia combustionada (P_c).

La potencia obtenida al quemar un combustible depende del Poder Calorífico Inferior, siendo éste el calor que

desprende al quemarse una unidad de peso o volumen y de la cantidad de combustible utilizado en una hora, según Ec. (4):

$$P_c = PCI \cdot C \quad (4)$$

Donde:

P_c : Potencia combustionada en kcal/h.

C : Consumo combustible en kg/h ó Nm³/h.

PCI: Poder Calorífico Inferior del combustible:

Gasóleo: 10200 kcal/kg

A esta potencia (P_c), también suele denominarse potencia nominal de la caldera, ver Fig. 8.

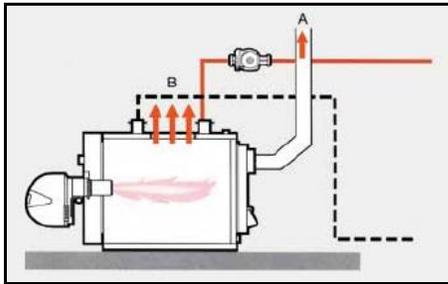


Fig. 8. Potencia calorífica quemada [8].

Entonces, el rendimiento actual del caldero, con agua de ingreso a 15 °C, tenemos:

$$P_u = (250)(100 - 15) = 21250$$

$$P_c = (10200)(20.50) = 209100$$

$$\eta\mu = \frac{21250}{209100} \times 100$$

$$\eta\mu = 10.16\%$$

Luego, el rendimiento del caldero, con agua de ingreso a 65 °C (usando paneles solares), tenemos:

$$P_u = (250)(100 - 65) = 8750$$

$$P_c = (10200)(20.50) = 209100$$

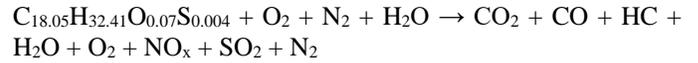
$$\eta\mu = \frac{8750}{209100} \times 100$$

$$\eta\mu = 4.19\%$$

Entonces se tiene: 10.16 – 4.19 = 5.97% de ahorro de eficiencia en combustible. El consumo inicial de 65 galones, disminuirá 3.88 menos en galones diarios siendo ahora de 61.12 galones.

V. EMISION DE DIOXIDO DE CARBONO

Cada galón (3.79 l.) de combustible diésel contiene 2778 gramos de carbono puro. Cada gramo de carbono atómico, cuando se oxida con oxígeno, forma 3.666 gramos de dióxido de carbono (esta es otra manera de decir que cada molécula de CO₂ pesa 3.666 veces más que un átomo de carbono por sí solo) [9].



En un medio líquido de hidrocarburo de combustión del motor, se puede suponer que alrededor de 99 por ciento del combustible se oxida (se supone que algo menos del 1 por ciento fallará para oxidar completamente, y se emite en forma de partículas o hidrocarburos no quemados en lugar de CO₂). Por lo tanto, podemos multiplicar la cantidad de carbono por galón de diésel, por la relación de peso de carbono y peso de CO₂, por 99 por ciento.

$$(2778)(3.666)(0.99) = 10082 \text{ g} = 10.082 \text{ kg}$$

Cada galón (3.79) de combustible diésel produce, en promedio, 10084 g de CO₂.

Entonces, en la emisión diaria de CO₂ actual del caldero, tenemos:

$$(65)(10.082) = 655.33 \text{ kg CO}_2$$

Luego, la emisión de CO₂ con el ahorro en consumo de Diésel diario (usando paneles solares), tenemos:

$$(61.12)(10.082) = 616.21 \text{ kg CO}_2$$

Entonces se tiene: 655.33 – 616.21 = 39.12 kg CO₂ disminución de emisiones GEI diarias.

VI. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

La evaluación económica de un proyecto es comparar los beneficios y los costos, con el objetivo de determinar la factibilidad económica de realizarlo y que se obtenga ventajas económicas de la ejecución del mismo [10].

Para la realización del análisis debemos considerar la inversión que se deba realizar en el proyecto y el correspondiente flujo económico del mismo.

Para nuestro proyecto, se ha determinado mediante los cálculos de eficiencia, un ahorro de combustible de 3.88 galones diarios, por el uso de agua calentada por energía renovable, en este caso la energía solar convertida en energía térmica.

Para el análisis financiero vamos a considerar una vida útil del proyecto de 5 años, así mismo, una tasa de rendimiento del 15% anual que es la tasa utilizada para proyectos internos.

Cuadro del flujo económico.

6 paneles solares térmicos (2 m x 1.10 m) y 2 tanques de 500 litros con un costo de 10500 soles.
Gastos de mantenimiento 10 % de la inversión
Precio del Diésel 9.05 soles.

Cálculo de ahorro.

3.88 galones diarios x 26 días al mes x 12 meses x 9.05 soles galón = 9 543.00 soles x año

Tabla. 2. Cuadro del flujo de caja.

Años	2016	2017	2018	2019	2020
I*	10 500				
G*		1050	1050	1050	1050
A*		9543.768	9543.768	9543.768	9543.768
Q*		8493.768	8493.768	8493.768	8493.768

Donde:

I*= Inversión

G*=gastos de mantenimiento

A*= Ahorros

Q*=Flujos netos positivos

Para realizar la evaluación utilizaremos dos indicadores simples que es el VAN (valor actual neto) y el PR (periodo de recuperación).

Análisis VAN.

Es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá el proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable [10].

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n} \quad (5)$$

Donde:

A = Inversión.

Q_i = Flujos de los ahorros.

(1+k)ⁿ Factor de capitalización.

n = número de periodos de la operación

$$VAN = -10\,500 + ((8493.768/1+0.15) + (8493.768/1+0.15)^2 + (8493.768/1+0.15)^3 + (8493.768/1+0.15)^4 + (8493.768/1+0.15)^5)$$

VAN= 27 975.23

VAN = 27975.23 soles, el VAN es positivo, el proyecto es bueno y rentable.

Tabla. 3. Análisis con el periodo de recuperacion (PR).

Años	2016	2017	2018	2019	2020
In*	10 500				
Flu*		8493.768	8493.768	8493.768	8493.768
Ac*		8493.768	16 987.536		

Donde:

In*=Inversión

Flu*=Flujo positivo

Ac*= Acumulado de Flujo positivo

En periodo de recuperación de la inversión es de 1 año y 2.83 meses

VII. MONITOREO DE LA PROPUESTA

Para el monitoreo se deberá usar los tres pines del Arduino en el funcionamiento del sensor a gas: GND (tierra), VCC (voltaje) y A0 (pin análogo). Se usa los pines análogos para saber la cantidad de gas en el ambiente. El led verde al pin 12, led rojo al pin 11 y el led amarillo al pin 10, ver Fig. 9.

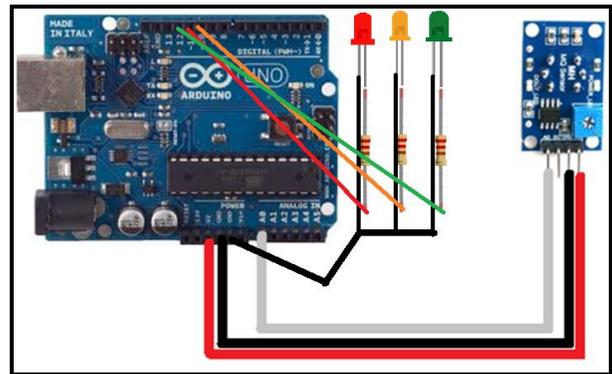


Fig. 9. Diseño del monitoreo.

En la Fig. 9 no se muestra puesto el Shield SIM 900 GSM en la parte superior de la placa de Arduino, la razón solo fue de mostrar la ubicación de los pines digitales y análogos, pero debe considerarse en la propuesta. El código del monitoreo es el siguiente:

```
#include "SIM900.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include "sms.h"
SMSGSM sms;

int MQ135=0; //EL PIN Analogo 0
int CO2=11; //Se enciende un LED Rojo
int Apagado=10; //Se enciende un LED Amarillo
int Normal=12; //se enciende un LED Verde
//Variables para el GSM
boolean started=false;
char sms_position;
char phone_number[20];
char sms_text[100];

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(CO2, OUTPUT);
  digitalWrite(CO2, LOW);
  Serial.begin(9600);
  if (gsm.begin(9600))
  {
    Serial.println("\nstatus=READY");
    started=true;
  }
  else
    Serial.println("\nstatus=IDLE");
}
```

```

void loop() {
MQ135=analogRead(0);
Serial.println(MQ135,DEC);
Serial.println("ppm");
delay(250);
  if (MQ135<56) {
    Serial.println("el caldero esta apagado");
    digitalWrite(CO2,LOW);
    digitalWrite(Apagado,HIGH);
    digitalWrite(Normal, LOW);
    delay(50);
  }
  if (MQ135>=56 && MQ135<=400)
  {
    Serial.println("El caldero esta encendido: Estado Normal");
    digitalWrite(CO2, LOW);
    digitalWrite(Apagado, LOW);
    digitalWrite(Normal, HIGH);
  }
  if (MQ135>400)
  {
    Serial.println("El caldero esta encendido: Estado Critico");
    digitalWrite(CO2, HIGH);
    iniciar();
    sms_position=sms.IsSMSPresent(SMS_UNREAD);
    if (sms_position)
    {
      Serial.print("SMS position:");
      Serial.println(sms_position,DEC);
      sms.GetSMS(sms_position, phone_number, sms_text, 100);
      Serial.println(phone_number);
      Serial.println(sms_text);
    }
  }
}

void iniciar()
{
  if(started)
  { //Coloc... el numero de Celular
    if (sms.SendSMS("+519111111111", "Caldero: Estado Critico"))
    {
      Serial.println("\nSMS sent OK.");
    }
    else
    {
      Serial.println("\nError sending SMS.");
    }
  }
}

```

Para que funcione correctamente el código anterior, requiere adjuntar la librería de MQ-135 [11] y la librería GSM-GPRS [12], para funcione correctamente el sensor de gas MQ-135 y el Shield SIM 900 GSM en la tarjeta Arduino.

El funcionamiento del monitoreo mediante la tarjeta Arduino alertará en tres casos:

- Cuando esta apagado el caldero, se encendera el led amarillo.

- Cuando esta encendido el caldero, se encenderá el led verde, considerando una emisión de CO₂ normal. Para considerar una emisión normal de CO₂ se requiere instalar el sensor en la salida de combustión del caldero por una semana, para conocer los rangos mínimos y máximo que produce el caldero del comedor.
- Cuando esta encendido el caldero, pero emitiendo CO₂ mas de lo habitual, se encenderá el led rojo, indicando al operador una verificación de su caldero. Si no fue calibrado correctamente el sensor, podría generar falsos positivos (falsa alerta).

Para facilitar el trabajo de supervisión al encargado en el proceso monitoreo del caldero, se requiere solo revisar el encendido del caldero, su inicio de funcionamiento y cuando se apague el caldero, lo demás será monitoreado (emiten: alertas locales y remotas), mediante la cantidad de emisión del CO₂.

VIII. DISCUSION

A partir de la propuesta y comparada con la propuesta de un colector solar para aumentar la temperatura del agua [1], donde con la implementación del conjunto de colectores solares se lograron alcanzar temperaturas de alrededor de 50 °C, obteniéndose un ahorro diario de combustible en las calderas de 40 litros aproximadamente; se observa considerables ahorros a largo plazo. Esta propuesta logra alcanzar temperaturas superiores de 65°C, el cual generará un ahorro diario de combustible, que está supeditado al diseño del caldero.

IX. CONCLUSIONES

- Con el uso de la energía solar en la ciudad de Arequipa se ha mejorado la eficiencia del caldero del comedor de la UNSA, el cual optimiza el uso del Diésel de petróleo disminuyendo la emisión de CO₂.
- Con el aprovechamiento de la energía solar como fuente de calentamiento de agua, se redujo el consumo de combustible (petróleo) en el proceso de producción de vapor por el caldero del comedor de la UNSA.
- La emisión de CO₂ en el caldero del comedor de la UNSA, se redujo de 655.33 kg CO₂ a 616.21 kg CO₂ siendo la diferencia de 39.12 kg CO₂, reduciéndose el factor contaminante y por lo tanto un ahorro en el costo de la combustión.

- Con la integración del Arduino Uno y el sensor de gas MQ -135, se realizó el monitoreo del CO₂ del caldero, con el envío de alertas locales (encendido de leds) que visualizará el encargado del caldero.
- El sensor de gas MQ-135, debe disponer de un tiempo de calentamiento para que dé valores reales de la medición de CO₂ en el ambiente.
- Para el monitoreo remoto, se ha utilizado el Shield SIM 900 GSM, que permite alertar mediante un mensaje de texto al operador de turno, cuando el caldero está en estado crítico debido al incremento de emisión del CO₂ en el ambiente.

X. TRABAJO FUTURO

Para el 2018 se le propondrá a la autoridad universitaria la implementación íntegra de la propuesta utilizando sensores de humedad y temperatura; además de una aplicación móvil que permita registrar en tiempo real el estado en el monitoreo del caldero.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa-Perú, por dar las facilidades en la obtención de datos reales para el desarrollo de esta propuesta que va en beneficio del comedor universitario.

REFERENCIAS

- [1] R. Jiménez, J. Madrigal, J. Cabello, "Selección de un colector solar para aumentar la temperatura del agua de alimentación al generador de vapor de la Universidad de Cienfuegos", *Revista Universidad y Sociedad*, pp. 64-71, 2015.
- [2] J. Gómez, "El calentamiento global en el Ecuador y el mundo y cómo influye el gobierno ecuatoriano en defensa del medio ambiente", *Universidad Técnica de Malacha, Ecuador*, pp. 6-9, 2015.
- [3] M. Chumbes, M. Cieza, L. Chávez, G. Palacios, "Plan de negocios para la generación de energía renovable – Tecnología solar", *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú*, pp. 45-47, 2017.
- [4] K. Rosas, E. Cuevas, J. Esquicha, "Construcción de objetos atractivos para incentivar el aprendizaje de programación básica en la Educación secundaria usando Scratch, S4A y Arduino". 14th LACCEI International Multi-conference for Engineering Education and Technology, Costa Rica 2016.
- [5] Página Oficial de la Universidad Nacional de San Agustín. [Online]. Disponible: <http://www.unsa.edu.pe/>
- [6] D. Gironi, "Cheap CO₂ meter using the MQ1355 sensor with AVR Atmega". [Online]. Disponible: http://davigeroni.blogspot.pe/2014/01/cheap-co2-meter-using-mq135-sensor-with.html#.WB8_-S3hAps.
- [7] Página Oficial de Tinyosshop, [Online]. Disponible: <http://www.tinyosshop.com/datasheet/GSM%20Shield%20Datasheet.pdf>
- [8] Dpto. Técnico Calefacción Compañía Roca Radiadores. "Cálculo de rendimientos de las calderas e instalaciones prevención contra las condensaciones y corrosión del agua". [Online]. Disponible: <http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/CALDERAS/Rendimiento%20De%20Calderas.pdf>.
- [9] A. Zvi. "Cómo calcular las emisiones de dióxido de carbono de un generador diésel". [Online]. Disponible: http://www.ehowenespanol.com/calculer-emisiones-dioxido-carbono-generador-diesel-como_160490/
- [10] W. Sullivan G, E. Wicks, C. Koelling, "Engineering Economy", 16th Edition, Pearson, EEUU, pp. 164-185, 2014.
- [11] G. Krockner, "MQ135". Página Oficial de GitHub. [Online]. Disponible: <https://github.com/GeorgK/MQ135>
- [12] M. Martines, "GSM-GPRS-GPS-Shield". Página Oficial de GitHub. [Online]. Disponible: <https://github.com/MarcoMartines/GSM-GPRS-GPS-Shield>