 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ENSAYOS DE EFICIENCIA TÉRMICA PARA GASODOMÉSTICOS Y ELECTRODOMÉSTICOS

Fabian Echeverri Riqueth

Ingeniería electromecánica

Asesor

M. Ing. Luís Fernando Cardona

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERÍA

MEDELLÍN -COLOMBIA

2018

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En el mercado actual existen diferentes tipos de equipos domésticos, con los cuales se puede realizar la cocción de alimentos ya sea en el hogar o en el lugar trabajo. Para estimar la eficiencia térmica de los gasodomésticos se utiliza el método de ensayo descritos en la norma NTC 2832-1 y en la 2832-2. Estas normas no tienen establecidos ensayos de eficiencia para artefactos de cocción eléctricos convencionales o de inducción.

En este trabajo se desarrolla un manual de ensayo de laboratorio con el cual se puede estimar la eficiencia energética de cualquier tipo de artefacto domestico de cocción. Estos pueden ser equipos a gas con diferentes tipos de quemadores, eléctricos con parrillas convencionales (espiral y blindadas) y/o de nueva tecnología (placas de inducción).

En general los resultados con las placas de inducción y ollas de acero inoxidable presentan una mayor eficiencia térmica, del orden del 70%, comparados con otros dispositivos con ollas de aluminio. Por otra parte, la eficiencia de las parrillas blindadas mostró que depende mucho del tiempo de precalentamiento de esta. Los resultados de este trabajo muestran que se debe tener cuidado y transparencia con la forma como se realizan los ensayos de eficiencia térmica y sobre cómo se realizan las intervenciones o cambios a los equipos de cocción, ya que es fácil engañar al usuario final reportando eficiencias artificialmente altas o mostrar un gasodoméstico que, aunque funcione visualmente bien, en realidad tenga eficiencia baja.

Palabras clave: Eficiencia térmica, quemadores, gasodomésticos, electrodomésticos, inducción

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo se lo dedico a mi familia, la que ha apoyado y sacrificado para poder obtener mi título como ingeniero en los buenos y malos momentos. A los docentes de la institución los cual siempre me han alentado y ayudado a afrontar los diferentes obstáculos que se me han presentado en el transcurso del tiempo para poder ver este sueño realidad. A esas personas que me han brindado de su valioso tiempo y esfuerzo para sacarme de dudas y circunstancias donde pensé que no era capaz realizar un trabajo, ejercicio o tema.

a todos aquellos que en el trascurso del tiempo me han brindado de sus sabias palabras, consejos y risas para ver que los sacrificios, tiempo y esfuerzos no son en vano. A los que compañeros los cuales sin o con intereses estuvieron luchando a mi lado para alcanzar los diferentes objetivos. a Dios que me brindo el camino, los medios y las fuerza para luchar y vencer mis miedos y discapacidades.

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

A: Área del inyector (m^2)

C: Coeficiente de descarga (adimensional)

$C_{p_{Agua}}$: Calor específico a presión constante del agua ($kJ/(kg^{\circ}C)$)

$C_{p_{Olla}}$: Calor específico a presión constante del material de la olla ($kJ/(kg^{\circ}C)$)

D: Diámetro de inyector (m)

$E_{entrada}$: Energía de entrada consumida ($kW \cdot s$)

EM-2: Mesa Eléctrica 2 puestos

FEM: Fuerza Electromagnética

f_m : Flujo másico de combustible (kg/h)

$f_{v_{sitio}}$: Flujo volumétrico de combustible en sitio (m^3/h)

$f_{v_{standard}}$: Flujo volumétrico de combustible en condiciones estándar (m^3/h)

GLP: Gas licuado de petróleo

I: Corriente (Amperios)

I.T.M: Instituto Tecnológico Metropolitano

m_{Agua} : Masa del agua (kg)

m_{olla} : Masa de la olla y la tapa (kg)

NTC: Norma Técnica Colombiana

p : presión manométrica (kPa)

P_e : Potencia eléctrica (W)

$P_{Standard}$: Presión estándar (kPa) = 101,3 kPa

P_{Sitio} : Presión absoluta en sitio (kPa)

$P_{suministro}$: Presión manométrica de suministro de combustible (kPa)

PCI_m : Poder calorífico másico inferior del combustible GLP (kWh/kg) = 12,7929 kWh/kg

$PCI_{v_{standard}}$: Poder calorífico volumétrico del combustible GLP en condiciones estándar

$$(MJ/m_{standard}^3) = 95,65 MJ/m_{standard}^3$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

P_T : Potencia térmica (kW)

Quemador DP: Quemador para equipos de más de dos puestos

ρ : densidad del gas en sitio (kg/m^3)

R: Resistencia eléctrica (Ohm)

r: Radio del inyector (m)

RTE: Reglamento Técnico Ecuatoriano

t: Tiempo de un ensayo (h)

T: Temperatura (K)

T_1 : Temperatura inicial del agua en el ensayo de eficiencia (K)

T_2 : Temperatura final del agua en el ensayo de eficiencia (K)

$T_{Standard}$: Temperatura estándar (K) = 288.6 K

$V_{cstandard}$: Volumen de combustible consumido en condiciones estándar (m^3)

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Objetivos	9
1.1.1 Objetivo general	9
1.1.2 Objetivos específicos	9
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Estufas de resistencia eléctrica	10
2.1.1 Parrillas de espiral	11
2.1.2 Parrillas de placa fundida o blindada	12
2.1.3 Parrillas de vitrocerámica	13
2.1.4 Conexiones eléctricas de las estufas de resistencias	14
2.2 Estufas a gas	19
2.3 Estufas de inducción	20
2.4 Ecuaciones y valores estándar	21
2.4.1 Equipos a gas	22
2.4.2 Equipos eléctricos	23
3. METODOLOGÍA	24
3.1 Equipos de cocción evaluados	24
3.1.1 Estufa eléctrica EM-2	24
3.1.2 Cocineta GM 2-STD	25
3.1.3 Placa de inducción portátil 127V	25
3.2 Ollas utilizadas en los experimentos	26
3.3 Equipos de medición	27
3.4 Tipo de energía consumida	29
3.5 Medidas básicas de seguridad	30
3.6 Ensayo de eficiencia en el equipo a gas	31
3.6.1 Datos a registrar en cada ensayo	35
3.6.2 Procedimiento del ensayo	35
3.7 Ensayo de eficiencia en los equipos eléctricos	36
3.7.1 Datos a registrar en cada ensayo	37

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.7.2 Procedimiento del ensayo.....	37
3.8 Ensayo de eficiencia en el equipo de inducción.....	38
3.8.1 Datos a registrar en cada ensayo	39
3.8.2 Procedimiento del ensayo.....	40
3.9 Resumen de ensayos realizados.....	40
3.10 Tabulación de datos	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	50
REFERENCIAS	51
APÉNDICE.....	52

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Las normas Colombianas NTC 2832-1 Y NTC 2832-2 (ICONTEC, 2015) permiten a los diferentes proveedores y fabricantes del mercado local entregar gasodomésticos seguros y eficientes de uso residencial o industrial al consumidor final. Con estas normas las diferentes empresas y fabricantes obtienen el soporte para el diseño, fabricación, importación y distribución de estufas, mesones, parrillas portables o estáticas y con ello brindarle al consumidor la seguridad y satisfacción en cada producto.

El instituto tecnológico metropolitano busca activamente acreditar ensayos de laboratorio que permitan eventualmente prestar servicios metrológicos de alta calidad y valor agregado a la industria. Este servicio se alinearía perfectamente con el proceso misional de extensión y además traería recursos externos a la institución. Es por esto que el laboratorio de energía térmica del I.T.M busca cotejar los criterios dados por la NTC para la verificación de eficiencia energética de gasodomésticos y realizar un manual de procedimientos con el cual otras personas dentro del laboratorio puedan tener bases de cómo aplicar estos ensayos.

Este trabajo se presenta un:

- Manual de análisis de eficiencia térmica para gasodomésticos y electrodomésticos en laboratorio de energía térmica según la norma NTC 2832-1 y NTC2832-2.
- Análisis de eficiencia de equipos gasodoméstico y electrodomésticos comerciales de alta y baja eficiencia.
- Análisis de la tecnología de inducción vs eléctrica y combustión de gas enfocada a artefactos de cocción.

Este trabajo se desarrolla basado en la norma técnica colombiana con la cual se verifican los lineamientos que se dan para evaluar la eficiencia energética de gasodomésticos y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

electrodomésticos comunes del mercado, evaluando y comparando las distintas tecnologías que se encuentra como quemadores de equipos portables y fijos, parrillas de espiral o blindadas y adicionando la tecnología de inducción que en esta norma no está contemplada pero que ha tomado gran aceptación en el mercado.

Con estos resultados se diseñará un manual, de modo que tanto laboratorista como estudiantes puedan realizar de forma adecuada este tipo de pruebas en las instalaciones de la institución.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar experimentalmente la eficiencia térmica de artefactos de cocción a gas y eléctricos de uso común, de acuerdo con la normativa vigente.

1.1.2 Objetivos específicos

- Revisar en la literatura los diferentes estándares, normas y estudios que permitan determinar la eficiencia térmica de artefactos de cocción a gas y eléctricos.
- Determinar experimentalmente la eficiencia térmica de diferentes artefactos de cocción eléctricos y a gas de uso común.
- Analizar y comparar las diferentes tecnologías utilizadas en artefactos de cocción en términos de eficiencia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

En este trabajo se evaluaron 3 de las tecnologías de cocción doméstica más representativas, las cuales se explican brevemente a continuación.

2.1 Estufas de resistencia eléctrica

Son artefactos que convierten la energía eléctrica en energía calórica, la cual es transmitida por convección o radiación hacia el alimento en los procesos de cocción, freír, fundir, asar o hervir. El principio de funcionamiento de calentamiento por resistencias eléctricas fue descubierto por James Prescott Joule en 1841. El calor generado por una corriente eléctrica que pasa por un cable conductor se puede calcular con la siguiente expresión (Cengel & Ghajar, 2011):

$$Q = I^2R$$

Donde Q está en Watts, I es la corriente y está en amperios y R es la resistencia eléctrica y está en Ohms.

Estos tipos de artefactos se pueden encontrar de diferentes presentaciones, servicios, eficiencias, estéticas y tamaños. Con respecto a sus presentaciones se pueden encontrar estufas de uno o varios puestos, de empotrar, sobreponer, portables, mixtas e infinidad de colores y materiales. Se puede decir que se adaptan a las necesidades del usuario final, teniendo en cuenta por ejemplo que son diferentes los requerimientos que posea una familia (hablando de grupo familiar básico) a los que puedan tener una persona que viva sola. Por estos lo fabricantes y distribuidores buscan ser versátiles con los equipos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la eficiencia las diferentes marcas compiten por ganar participación en el mercado, lo que las obliga a que sus productos posean un costo bajo y muy buena eficiencia para el consumidor. Además, se puede ilustrar que, dependiendo del uso y la región en que se encuentre el consumidor, se pueden encontrar varias configuraciones: Por ejemplo, el tipo de alimentación (monofásica o trifásica), con tensiones de 110 o 220 voltios, algunos con sistemas electrónicos incorporados a los equipos, de resistencias de espiral abierta o de placas de hierro fundido o blindadas (este último es el apodo comercial con el que se comercializan en Medellín, Antioquia).

2.1.1 Parrillas de espiral

Es la más común o comercial que podemos encontrar en el mercado, ver en la *Figura 1*; su nombre es tomado por la forma y construcción de la resistencia que genera el calor. En general el tubo se fabrica de acero inoxidable (304/316) o cobre, operan con un voltaje entre 36V-380V y desarrollan una potencia entre 50W y 5000W (Electromechanical, 2018).



Figura 1. Modelado CAD de parrilla en espiral.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.1.2 Parrillas de placa fundida o blindada

Su mayor utilización es en los equipos de empotrar o sobre poner; se pueden encontrar también en equipos portables o de uno o dos puestos. Su diseño es tomado de los sistemas que utilizaban los combustibles sólidos donde eran placas de hierro que absorbían el calor.

Son placas que cuentan con una resistencia incrustada en ellas, que les permite ganar o absorber la energía calórica de la resistencia y transferirla al utensilio de cocina que se esté utilizando (ver *Figura 2*). Su ventaja respecto a las de espiral convencionales es que la transferencia de calor a la olla o utensilio es más homogénea y constante ya que no posee espacios vacíos en su área (el aire no enfría los espacios entre espiras). Su desventaja es que, por tener más masa que calentar, demoran mucho más tiempo para alcanzar la temperatura deseada. Típicamente se fabrica de acero inoxidable (304 o 316), funcionan a 110 / 240V y permiten desarrollar una potencia entre 200W y 4000W.

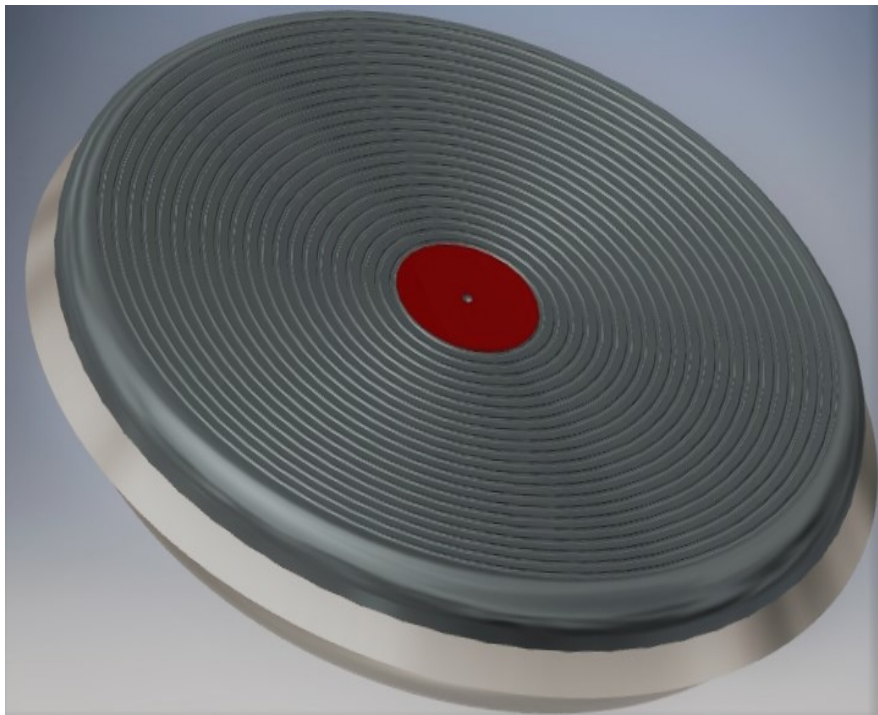


Figura 2. Modelado CAD de parrilla blindada o de placa fundida.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.1.3 Parrillas de vitrocerámica

Esta es una de las últimas tecnologías que se ha desarrollado para el mercado buscando mayor eficiencia. Es una placa compuesta de material de hierro y otros componentes que dan semejanza al vidrio, con características de tenacidad y resistencia, capaz de soportar altas temperaturas.

Su funcionamiento es por medio de resistencias, las cuales están dirigidas al espacio de trabajo y no irradian a otros lugares del equipo (ver *Figura 3*). Es de fácil limpieza y muy elegante, además con respecto a otras tecnologías calienta o trabaja con cualquier tipo de utensilio metálico. Sus desventajas es que por ser un sistema eléctrico su consumo es alto y tiende a rayarse en la superficie (gatoo, 2018).



Figura 3. Parrilla Vitro cerámica (gatoo, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.1.4 Conexiones eléctricas de las estufas de resistencias

Los equipos de cocción o calentamiento eléctrico poseen conexiones especiales para su funcionamiento. A continuación, se describirá algunos de los circuitos eléctricos para su alimentación (Molina Amaya & Rodriguez, 1986). Para entenderlos mejor cabe mencionar la simbología utilizada, mostrada en la *Figura 4*.













	Tomacorriente doble
	Tomacorriente doble para enchufe puesto a tierra
	Tomacorriente trifilar
	Tomacorriente especial
	Conexión a tierra
	Piloto
	Borne
	Punto de conexión
	Interruptor de tres calores
	Termostato
	Enchufe monofásico con conexión a tierra
	Enchufe trifásico con conexión a tierra

Figura 4. Simbología de Instalaciones de estufas de resistencias eléctricas.

Cabe recordar que los equipos de resistencias eléctricas se clasifican en monofásicos (ver *Figura 5* y *Figura 6*) y trifásicos (ver *Figura 7*, *Figura 8* y *Figura 9*).

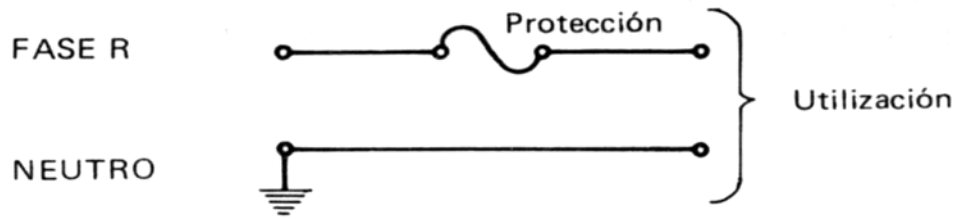


Figura 5. Alimentación monofásica.

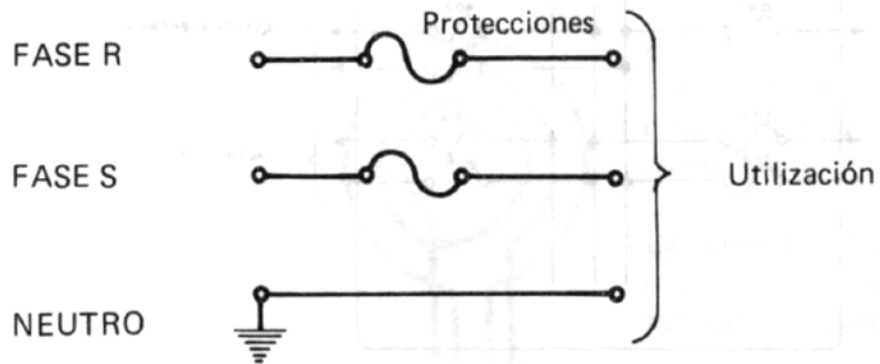


Figura 6. Alimentación bifilar monofásica.

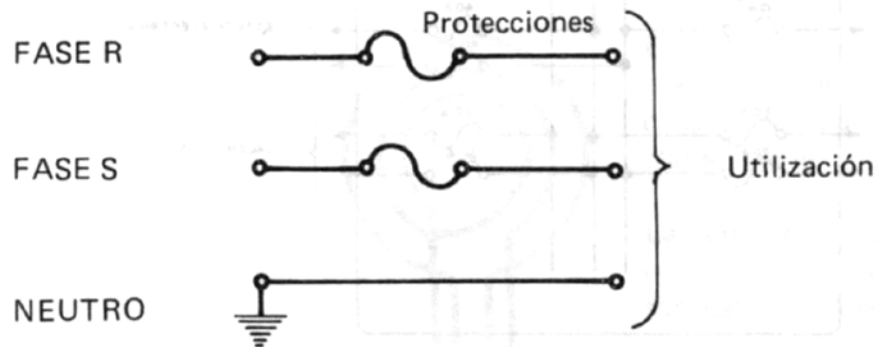


Figura 7. Alimentación trifásica bifilar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

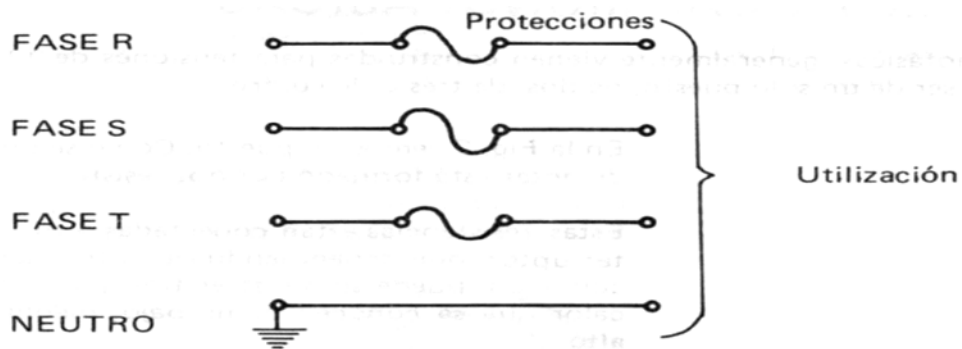


Figura 8. Alimentación trifásica tetrafilar.

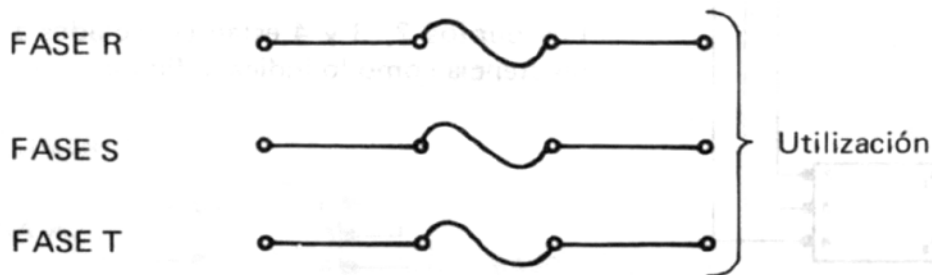


Figura 9. Alimentación trifásica trifilar.

Las estufas eléctricas monofásicas se conectan a un interruptor, que dependiendo de la forma de conexión suministran 3 tipos de calor: bajo, medio, alto. En la *Figura 10* se puede ver la forma de conectar estas estufas (Los puntos P₁ y P₂ son conectadas a la fuente de energía mientras que los bornes 2, 3 y 4 se conectan a la resistencia) (Molina Amaya & Rodriguez, 1986).

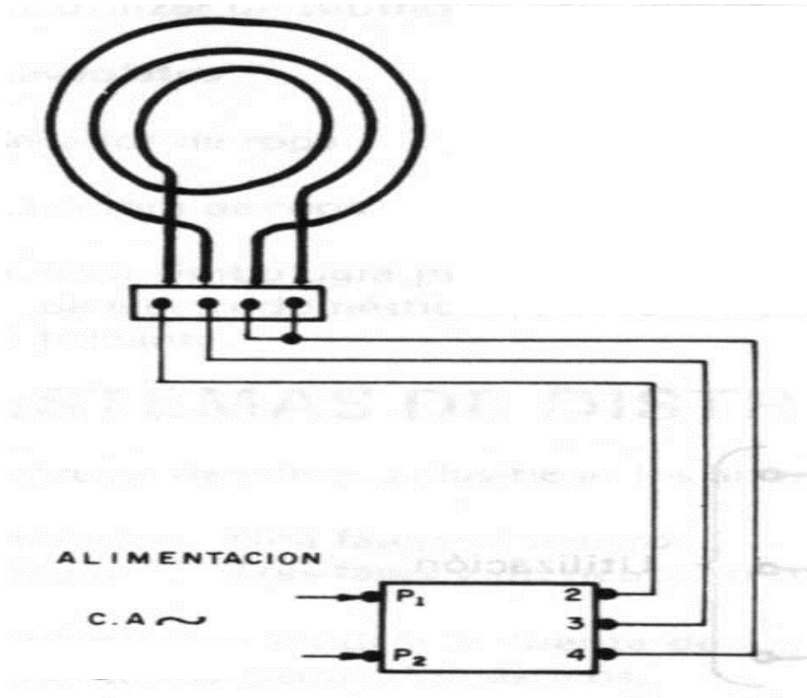


Figura 10. Conexión de estufas monofásicas.

Por su parte, las estufas eléctricas trifilares bifásicas disponen de dos fases y un neutro y se conectan como se muestra en la Figura 11.

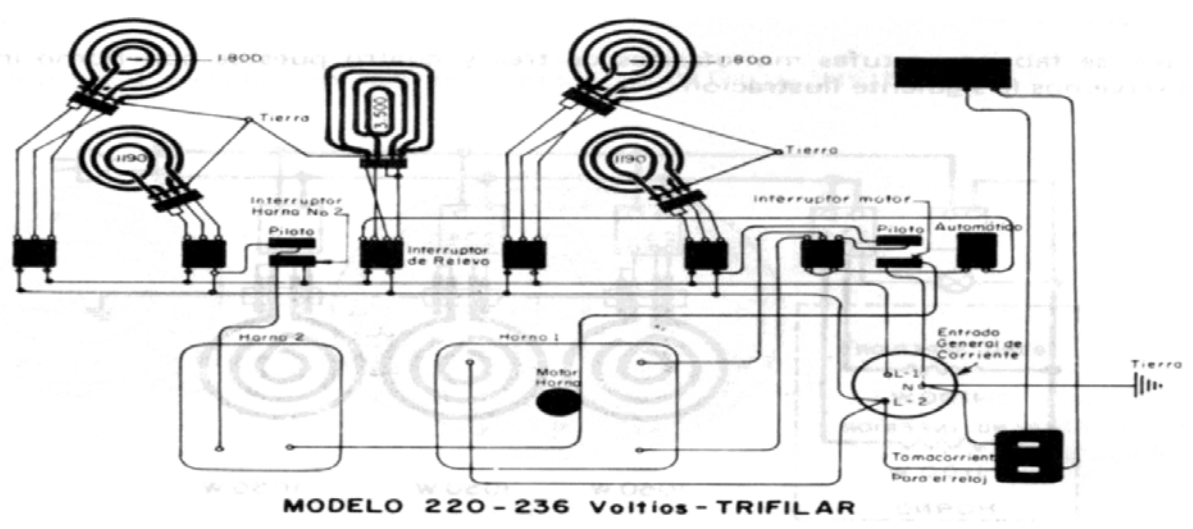


Figura 11. Conexión de estufas trifilares.

Para estas conexiones es de importancia la distribución de cargas, ya que de esto depende la intensidad (consumo de amperios) que distribuye por cada línea, permitiendo equilibrar el circuito, evitando caídas de tensión.

Para el caso de estufas eléctricas trifásicas típicas, su conexión es constituida por 3 fases y un neutro. Por obligación requiere de la tierra, aclarando que ninguna de las resistencias posee una conexión directa con las 3 fases, ver *Figura 12*. Las parrillas solo poseen solo dos bornes los cuales permite que se le conecte ya sea una de las fases con el neutro o dos de las fases, teniendo en cuenta que se debe buscar que las intensidades de las conexiones sean equilibradas para así no generar sobrecargas en la red.

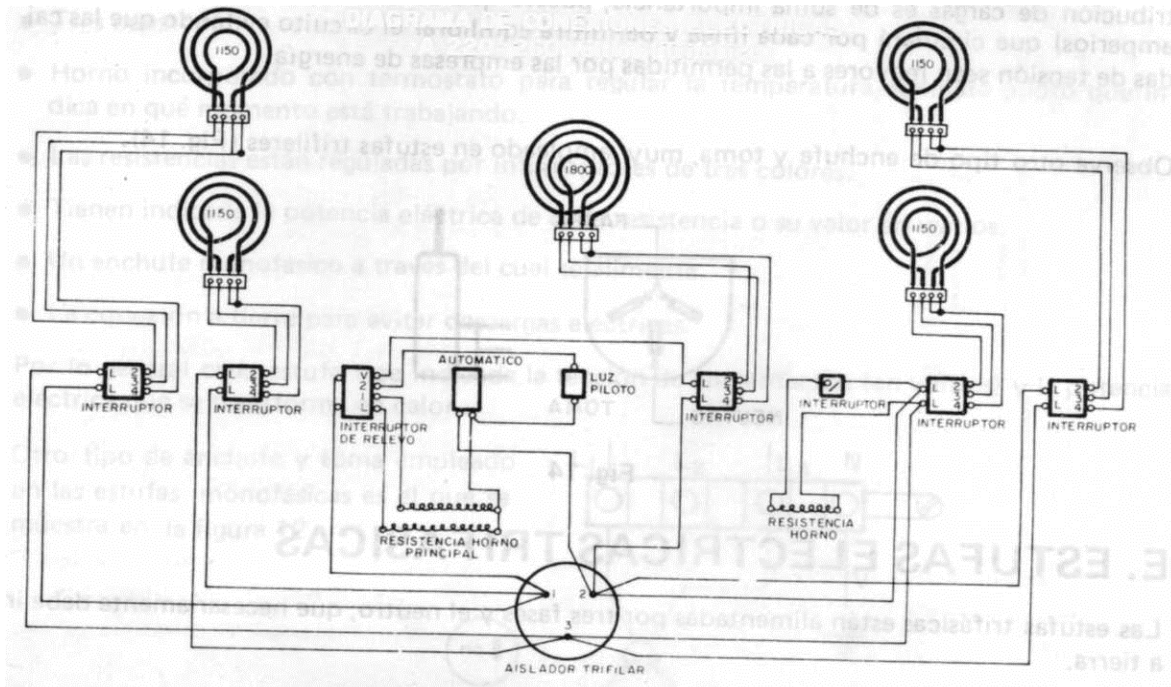


Figura 12. Conexión estufa trifásica a 220-260 V.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2 Estufas a gas

Son sistemas de cocción que funcionan por la inyección a presión del gas combustible a los quemadores, los cuales están diseñados para realizar una mezcla de gas y oxígeno para producir una llama (ver *Figura 13*). La regulación de la relación aire-combustible no es muy precisa, ya depende de la apertura del Venturi que succiona aire al sistema. Este aire primario no es suficiente para que la combustión se desarrolle completamente, por lo que se la combustión es parcialmente premezclada (se completa la reacción con aire ambiente cercano a la llama). El combustible utilizado en estas estufas es comúnmente GLP (mezcla de 60% propano y 40% butano, % en volumen) o gas natural (principalmente metano).

Se encuentran en todos los tipos de presentaciones, configuraciones y precios, portables o estacionarios, empotrable o auto sustentados. Comparada con otras tecnologías, las parillas a gas resultan más económicas de operar en muchas aplicaciones y además su peso en general es menor. No poseen restricciones de uso de utensilios ya que su llama trabaja en cualquier tipo de material conocido.

Con respecto a la seguridad, la norma NTC 2832-1 en su extenso contenido define muchos de los factores de prevención y seguridad con los cuales se deben fabricar y distribuir estos artefactos en nuestro entorno. Pero es delicado su operación y cuidado, ya que por utilizar gases inflamables se debe manipular con las estrictas normas que agrupa el uso de estos ya sea en su operación e instalación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

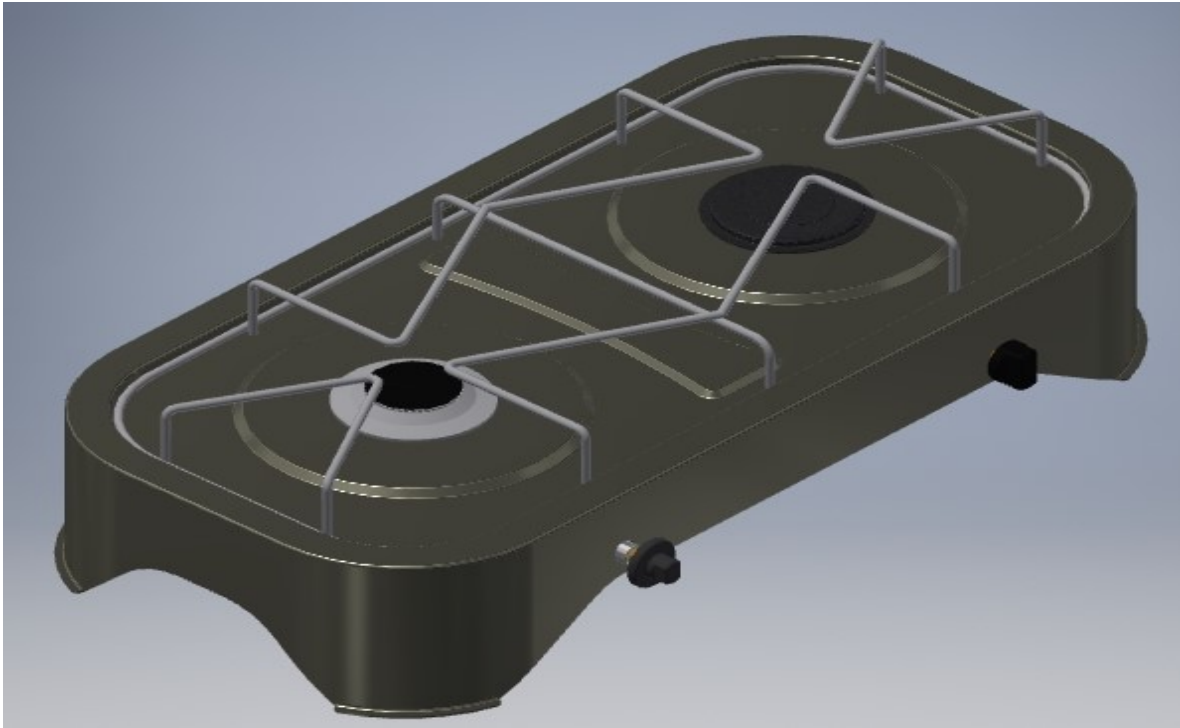


Figura 13. Modelado CAD de estufas a gas.

2.3 Estufas de inducción

Una cocina de inducción es un tipo de cocina vitrocerámica que calienta directamente el recipiente mediante un campo electromagnético. Estas cocinas utilizan un campo magnético variable que magnetiza el material ferromagnético del recipiente, ver *Figura 14*. Al agitarse magnéticamente, la energía absorbida se desprende en forma de calor calentando el recipiente.

El principio de operación de estos equipos está basado en la ley de Faraday, la cual relaciona la razón de cambio de flujo magnético que pasa a través de una espira (o lazo) con la magnitud de la *fuerza electromotriz* (Voltaje) \mathcal{E} inducida en la espira. Este proceso tiene menos pérdidas de energía que otras tecnologías mostradas anteriormente. Sin embargo, los recipientes deben contener un material ferromagnético al menos en la base, por lo que

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

los de aluminio, terracota, cerámica, vidrio o cobre no son utilizables con este tipo de cocinas (Lema & Alvear Rodríguez, 2014).

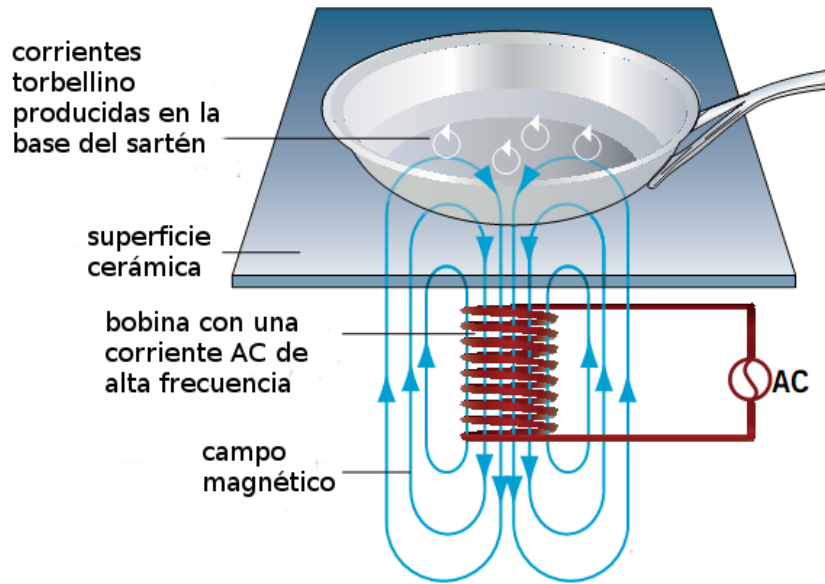


Figura 14. Circuito básico de las estufas de inducción (*Dux college parramatta, 2018*)

2.4 Ecuaciones y valores estándar

A continuación, se presentan ecuaciones para calcular parámetros importantes para las parillas utilizadas en este trabajo. Estas ecuaciones fueron tomadas principalmente en artículo de investigación del profesor Andres Amell Arrieta y colegas (Andres Amell Arrieta, Junio de 2001; Copete Lopez, 2004), las normas técnicas Colombianas NTC 2832-1 y NTC 2832-2 (ICONTEC, 2015) y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 101 (Ministerio de industrias y productividad Ecuatoriano, 2017).

La idea detrás de la medición de eficiencia en estas referencias es en esencia el mismo: se calienta una masa conocida de agua, desde la temperatura ambiente hasta los 90°C. Se

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

registra el tiempo del experimento para determinar el consumo de energía durante el ensayo y se compara contra el peso del agua evaporada durante el mismo.

2.4.1 Equipos a gas

- **Potencia térmica (P_T):** $P_T = C \times A \times \sqrt{2p\rho} \times PCI_m$

El coeficiente de descarga es un parámetro adimensional que depende de la geometría del inyector (ver *Figura 15*):

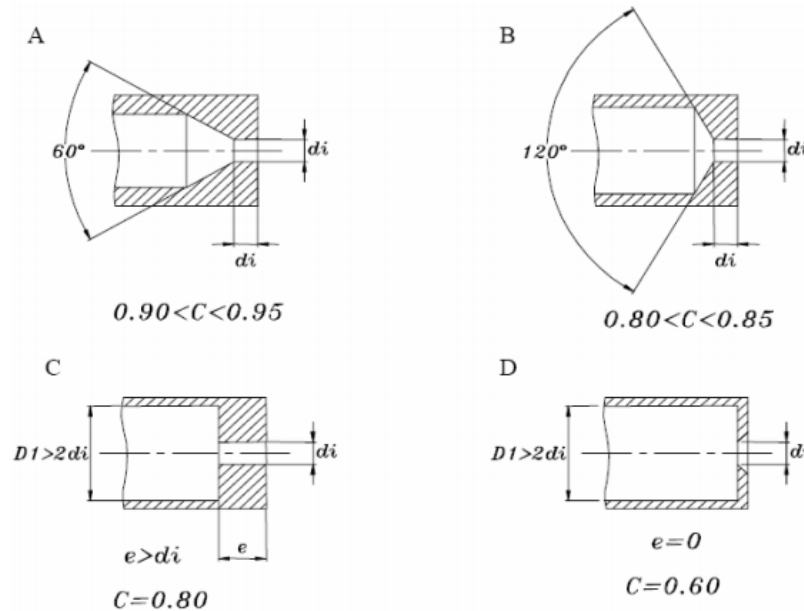


Figura 15. Coeficientes de descarga según la geometría del inyector (*Copete Lopez, 2004*).

- **Área del inyector (A):** $A = \pi \times r^2 = \pi \times \frac{D^2}{4}$
- **Flujo másico de combustible (f_m):** $f_m = \frac{P_T}{PCI_m}$
- **Flujo volumétrico de combustible en sitio ($f_{v_{sitio}}$):** $f_{v_{sitio}} = \frac{f_m}{\rho}$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Flujo volumétrico combustible estándar ($f_{v_{standard}}$):**

$$f_{v_{standard}} = f_{v_{sitio}} \times \left[\left(\frac{T_{standard}}{P_{standard}} \right) \times \left(\frac{P_{sitio}}{T_{sitio}} \right) \right]$$

- **Volumen de combustible consumido estándar ($V_{c_{standard}}$):**

- Si se conoce el flujo volumétrico estándar: $V_{c_{standard}} = f_{v_{standard}} \times t$

- En caso de que se pueda medir el volumen de combustible (V_{medido}) en un medidor de sello húmedo:

$$V_{c_{standard}} = V_{medido} \times \left(\frac{P_{sitio} + P_{suministro} + P_w}{101.3} \right) \times \left(\frac{288.15}{273.15 + T_{sitio}} \right)$$

- **Eficiencia térmica (η):** $\eta = m_{Agua} \times C_{p_{Agua}} \times \left(\frac{T_2 - T_1}{V_{c_{standard}} \times PCI_{v_{standard}}} \right) * 100$

2.4.2 Equipos eléctricos

- **Energía de entrada consumida ($E_{entrada}$):** $E_{entrada} = P_e \times t * 3.6$

- **Eficiencia de acuerdo con la norma NTE 101 (η):**

$$\eta = \left[(m_{Agua} \times C_{p_{Agua}}) + (m_{olla} \times C_{p_{olla}}) \right] \frac{(T_2 - T_1)}{E_{Entrada}} * 100$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

3.1 Equipos de cocción evaluados

Para evaluar las tres tecnologías de cocción (eléctrica, a gas y de inducción) se adquirió una referencia de cada tecnología. Se utilizó el laboratorio de energía térmica del I.T.M sede Boston, sótano 2, bloque M. A continuación, se describen brevemente estos equipos.

3.1.1 Estufa eléctrica EM-2

Se adquirió una estufa eléctrica marca Haceb de 2 puestos (ver Figura 16), con una alimentación a 220 V con toma de seguridad y dos parrillas en espiral de 1100 W cada una. Se procedió a cambiar una de las parrillas de fábrica por una de tipo blindada de 1000W, adaptando también el selector de posición de calor.



Figura 16. Estufa de dos puestos eléctrica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.1.2 Cocineta GM 2-STD

Se adquirió una estufa a gas natural de dos puestos marca Haceb (ver *Figura 17*). Se adaptan los quemadores para trabajar con GLP; originalmente el equipo contaba con un quemador convencional de \varnothing 1.5 mm y el otro rápido de \varnothing 2.5 mm. Después del cambio quedaron de 0,7 y 0,85 mm de diámetro respectivamente. El cilindro de GLP utilizado en las pruebas fue de 33 libras.



Figura 17. Estufa a gas de dos puestos.

3.1.3 Placa de inducción portátil 127V

Se adquirió una placa de inducción portátil marca Tramontina 127V (ver *Figura 18*), alimentada 127 V con una potencia de 1300W, de 1 puesto con área de calentamiento entre 120-200 mm, mandos táctiles y superficie de vitrocerámica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 18. Placa de inducción Tramontina.

3.2 Ollas utilizadas en los experimentos

En los experimentos se utilizaron dos ollas de material diferente: aluminio y acero inoxidable. La olla de aluminio utilizada se presenta en la *Figura 19*. Tiene un diámetro de base de 220 mm y pesa 550 gramos con tapa incluida.

Para los ensayos con la tecnología de inducción fue necesario utilizar una olla de acero inoxidable (material ferromagnético), para que el circuito de inducción mostrado en la *Figura 14* pudiera cerrar. Esta olla tiene un diámetro de base de 220 mm y pesa 3773 gr con tapa incluida. Esta olla se muestra en la *Figura 20*.


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Figura 19. Olla de aluminio.



Figura 20. Olla de acero inoxidable.

3.3 Equipos de medición

Se utilizó una pesa digital marca Sartorius ED4202S, la cual pesa en gramos y presenta dos dígitos de precisión (0.01 gramos). Tiene una capacidad máxima de 4200 gramos. Esta pesa se presenta en la *Figura 21*.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 21. Pesa digital.

Para las diferentes medidas de temperatura se utilizó un medidor FLUKE 50 con termopares tipo K, tal como se muestra en la *Figura 22*. El tiempo de cada toma de datos durante los ensayos se registró utilizando un cronometro digital con una resolución de 0,01 s.



Figura 22. Medidor temperatura (izquierda) y termopar (derecha).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para registrar la presión manométrica de suministro del combustible (GLP) se utilizó un manómetro tipo Bourdon, con una escala de 0 a 100 mbar, con una resolución de 2 mbar. Este manómetro se muestra en la *Figura 23*.



Figura 23. Manómetro de suministro de gas.

3.4 Tipo de energía consumida

En los ensayos con estufas a gas se utilizó GLP (gas licuado de petróleo), el cual para Antioquia tiene una composición aproximada de 60% Propano (C_3H_8) y el 40% Butano (C_4H_{10}). Es un gas de la familia 3, de acuerdo con las normas técnicas Colombianas NTC 2832-1 y NTC 2832-2. El cilindro utilizado en los experimentos fue de 33 libras, tal como se muestra en la *Figura 24*.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 24. Cilindro de GLP.

En los ensayos con estufas eléctricas se utilizó suministro a voltajes de 110 y 220 V. En el caso de la toma de 220 V, se utilizó un enchufe de seguridad (ver *Figura 25*).

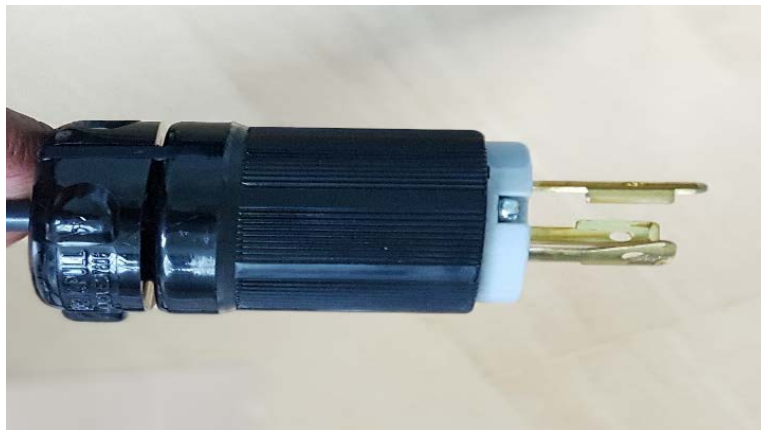


Figura 25. Toma 220 V de seguridad

3.5 Medidas básicas de seguridad

1. Conocer las reglas de seguridad del laboratorio.
2. Utilizar los implementos de seguridad mínimo para estar en laboratorio.
 - Gafas
 - Guantes

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Bata
3. Inspeccionar las conexiones eléctricas en donde se van a conectar los diferentes equipos, ya sea a 110 o 220V. También inspeccionar los diferentes conexiones y cables de los equipos eléctricos.
 4. Para los equipos que consumen gas, se debe tener mayor precaución, ya que se debe garantizar que no presenten fugas por ninguna de las conexiones o mangueras del equipo. Realizar pruebas de funcionamiento para verificar que no hay fugas.
 5. Al manipular objetos calientes utilizar guantes de carnaza y tener las gafas de seguridad.

3.6 Ensayo de eficiencia en el equipo a gas

Para este ensayo se utiliza un equipo de dos puestos; uno de los puestos se modifica para adaptarle un quemador de alta eficiencia (utilizado en placas de más de dos puestos), como se muestra en la Figura 26. Para efecto del trabajo se integró estos diferentes tipos de quemadores, para ver la diferencia de desempeño entre ambos.



Figura 26. Estufa a gas. Derecha: quemador convencional, izquierda: quemador modificado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la Figura 27 se puede observar el quemador modificado sin la tapa superior. Se puede ver que, a diferencia de uno convencional, la tapa no tiene agujeros por donde se estabiliza la llama, sino que es la parte de abajo en aluminio la que tiene canales por los cuales sale la mezcla aire combustible antes de quemarse.



Figura 27. Quemador modificado sin la tapa superior.

Para implementar el quemador fabricado en aluminio se modificó el inyector, la tubería de alimentación de gas y la entrada de aire (Venturi), ya que por su configuración trabaja de forma diferente al convencional.

En el quemador convencional (ver Figura 28), la válvula reguladora inyecta el gas a presión por un tubo de acero al carbono que posee una muesca que es cubierta por otro tubo desplazable generando un efecto Venturi del gas y el aire, para realizar la mezcla y poder conseguir la llama adecuada.



Figura 28. Detalle del Venturi en quemador convencional.

En el quemador modificado (ver *Figura 29*), el mezclador va conectado a un tubo de cobre de 1/8" terminado en una boquilla que inyecta el gas por la presión de salida, reduciendo la distancia de aplicación del gas. La altura de la boquilla a la entrada del quemador realiza

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

la captación de aire (efecto Venturi) que se requiera para realizar la mezcla y generar la llama.



Figura 29. Detalle del Venturi en quemador modificado.

Después de realizar las adaptaciones y puestas a punto de los equipos se pueden comenzar a realizar las diferentes pruebas. Se realizaron 8 pruebas con el equipo a gas (ver sección 3.9 de este documento), las cuales se dividieron por el tipo de olla, volumen de agua a evaluar y equipo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.6.1 Datos a registrar en cada ensayo

Para cada ensayo se registran los siguientes datos:

- Fecha y hora de ensayo
- Tipo de quemador.
- Presión de suministro del GLP. En todos los ensayos se fijó en 54,5 mbar.
- Material de olla.
- Peso de la olla.
- Peso total del agua y la olla. Se debe verificar que el agua antes del ensayo sea 2 kg o 3.7 kg según norma.
- Temperatura inicial del agua.
- Temperatura del agua cada 30 segundos.
- Temperatura final del agua: aunque el ensayo se termina a los 90 °C, se debe también registrar la máxima temperatura alcanzada.
- Peso de la olla al final del ensayo.

3.6.2 Procedimiento del ensayo

- Se inicia tomando el peso de cada olla vacía (reglamentada) para después llenarlo con el peso de agua (a temperatura ambiente) a evaluar y se toma el peso total.
- Inmediato a esto se prepara el cronómetro y termómetro digital instalando en el interior de la olla.
- Se procede a encender la estufa a máxima potencia, dejando el recipiente con su respectiva tapa encima de la parrilla.
- Se toman y registran medidas de temperatura del agua cada 30 segundos.
- Al alcanzar la temperatura de 90°C se apaga el equipo y se registra la máxima temperatura alcanzada.
- Se pesa la olla con tapa y se calcula la cantidad de agua que se pierde en el proceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Una vez terminado el proceso se registran los parámetros requeridos y se deja reposar el utensilio de cocina para realizar la siguiente prueba.

3.7 Ensayo de eficiencia en los equipos eléctricos

Como el equipo a gas, también se modificó un puesto de la parrilla original. En este caso se modificó para que el equipo permitiera ensayar una resistencia en espiral y otra de fundición o blindada (ver *Figura 30*).



Figura 30. Estufa de dos puestos eléctrica. Derecha: resistencia en espiral. Izquierda: blindada.

Para esta tecnología se realizaron 8 pruebas (ver sección 3.9 de este documento). A diferencia de los equipos a gas en algunas pruebas se generó precalentamiento de las parrillas y en otras la curva de calentamiento se tomó desde temperatura ambiente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.7.1 Datos a registrar en cada ensayo

Para cada ensayo se registran los siguientes datos:

- Fecha y hora de ensayo
- Tipo de parrilla (en espiral o blindada).
- Potencia nominal
- Voltaje
- Corriente
- Tiempo de precalentamiento (en caso de que se haya precalentado el equipo)
- Material de olla.
- Peso de la olla.
- Peso total del agua y la olla. Se debe verificar que el agua antes del ensayo sea 2 kg o 3.7 kg según norma.
- Temperatura inicial del agua.
- Temperatura del agua cada 30 segundos.
- Temperatura final del agua: aunque el ensayo se termina a los 90 °C, se debe también registrar la máxima temperatura alcanzada.
- Peso de la olla al final del ensayo.

3.7.2 Procedimiento del ensayo

- Se inicia tomando el peso de cada olla vacía (reglamentada) para después llenarlo con el peso de agua (a temperatura ambiente) a evaluar y se toma el peso total.
- Inmediato a esto se prepara el cronómetro y termómetro digital instalando en el interior de la olla.
- Se procede a encender la estufa a máxima potencia, dejando el recipiente con su respectiva tapa encima de la parrilla. En las pruebas con precalentamiento, se

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

permite que pase un tiempo predeterminado antes de colocar la olla sobre el equipo.

- Se toman y registran medidas de temperatura del agua cada 30 segundos.
- Al alcanzar la temperatura de 90°C se apaga el equipo y se registra la máxima temperatura alcanzada.
- Se pesa la olla con tapa y se calcula la cantidad de agua que se pierde en el proceso.
- Una vez terminado el proceso se registran los parámetros requeridos y se deja reposar el utensilio de cocina para realizar la siguiente prueba.

3.8 Ensayo de eficiencia en el equipo de inducción

El equipo que se utilizó en este trabajo es de un solo puesto portable. Para este equipo se realizaron 2 pruebas con la olla inoxidable. Estos equipos solo funcionan con elementos ferromagnéticos y la olla debe siempre estar centrada en el arrea de calentamiento. No se debe utilizar con la superficie mojada o sucias por fluidos. El contacto entre la olla y la superficie del equipo debe de ser del 100%, ya que superficies irregulares, salientes o ásperas aumentan el tiempo de cocción, consumo de energía y dañar el equipo. En seguridad son los mejores ya que poseen temporizadores programables (ver *Figura 31* y *Figura 32*).

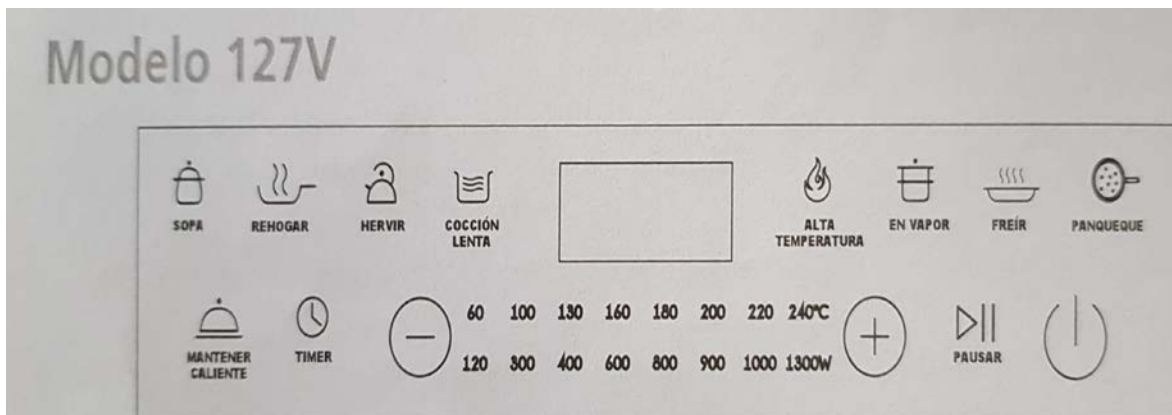


Figura 31. Mandos placa inducción (TRAMONTINA, 2016).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Modelo 127V

Función	Tiempo de cocción estándar - Timer (h)	Intervalo de tiempo ajustable - Timer	Potencia estándar (W)	Intervalo de potencia ajustable (W)
Sopa	2	1 h - 3h	1300	120 - 1300
Rehogar	1	1 min - 3h	1300	120 - 1300
Hervir	*	*	1300	120 - 1300
Cocción lenta	3	30 min - 4h	300	**
Alta temperatura	1	1 min - 3h	1300	120 - 1300
En vapor	2	1 min - 3h	900	120 - 1300
Freir	1	1 min - 3h	800	120 - 1300
Panqueque	1	1 min - 3h	1000	120 - 1300
Mantener caliente	2	30 min - 3h	120	**

Figura 32. Tiempos programables para el equipo de inducción (*TRAMONTINA, 2016*)

3.8.1 Datos a registrar en cada ensayo

Para cada ensayo se registran los siguientes datos:

- Fecha y hora de ensayo.
- Tipo de parrilla (inducción).
- Voltaje.
- Corriente.
- Material de olla (acero inoxidable).
- Peso de la olla.
- Peso total del agua y la olla. Se debe verificar que el agua antes del ensayo sea 2 kg o 3.7 kg según norma.
- Temperatura inicial del agua.
- Temperatura del agua cada 30 segundos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Temperatura final del agua: aunque el ensayo se termina a los 90 °C, se debe también registrar la máxima temperatura alcanzada.
- Peso de la olla al final del ensayo.

3.8.2 Procedimiento del ensayo

- Se inicia tomando el peso de cada olla vacía (reglamentada) para después llenarlo con el peso de agua (a temperatura ambiente) a evaluar y se toma el peso total.
- Inmediato a esto se prepara el cronómetro y termómetro digital instalando en el interior de la olla.
- Se procede a programar la parrilla a la máxima potencia, dejando el recipiente con su respectiva tapa encima de la parrilla.
- Se toman y registran medidas de temperatura del agua cada 30 segundos.
- Al alcanzar la temperatura de 90°C se apaga el equipo y se registra la máxima temperatura alcanzada.
- Se pesa la olla con tapa y se calcula la cantidad de agua que se pierde en el proceso.
- Una vez terminado el proceso se documenta los parámetros requeridos y se deja reposar el utensilio de cocina para realizar la siguiente prueba.

3.9 Resumen de ensayos realizados

La *Tabla 1* muestra el total de ensayos realizados en este trabajo. En total se realizaron 18 ensayos distribuidos entre tipo de equipo, material de la olla y peso del agua a evaporar (Gas de alta es el quemador modificado, gas de baja el quemador convencional). En las pruebas donde hubo notable variabilidad del resultado se realizó una replica para verificar el comportamiento (por ejemplo, para el ensayo 6). Aunque el tratamiento estadístico de los datos de este trabajo no es estrictamente riguroso, sirve para encontrar tendencias generales en la operación de los diferentes equipos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 1. Resumen de pruebas realizadas en este trabajo

EQUIPO	OLLA	LITROS (kg)	PRUEBA
GAS ALTA	ALUMINO	2	PRUEBA 12
	INOX	2	PRUEBA 13
	ALUMINO	3,7	PRUEBA 4
	INOX	3,7	PRUEBA 10
GAS BAJA	ALUMINO	2	PRUEBA 14
	INOX	2	PRUEBA 15
	ALUMINO	3,7	PRUEBA 3
	INOX	3,7	PRUEBA 11
PARRILLA EXPIRAL	ALUMINO	2	PRUEBA 8
	INOX	2	PRUEBA 16
	ALUMINO	3,7	PRUEBA 17
	INOX	3,7	PRUEBA 7
BLINDADA	ALUMINO	2	PRUEBA 6
	INOX	2	PRUEBA 9
	ALUMINO	3,7	PRUEBA 18
	INOX	3,7	PRUEBA 19
INDUCCION	INOX	2	PRUEBA 5
	INOX	3,7	PRUEBA 20

3.10 Tabulación de datos

Una vez terminadas las pruebas y recolectados los datos requeridos, se tabula la información de forma organizada en Excel. Con esta herramienta se puede recopilar la información en un solo sitio y efectuar los cálculos necesarios para hallar la eficiencia de cada equipo. A continuación, se presentan la Tabla 2 y Tabla 3, las cuales son plantillas donde se puede consignar la información recopilada durante cada ensayo y posteriormente realizar el cálculo de eficiencia.


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 2. Plantilla para recopilación de datos de los ensayos con equipos eléctricos

PRUEBA #			T inicial (°C)			PESO INICIAL (g)			TIPO QUEMADOR			MASA OLLA (g)			η		
FECHA			T final (°C)			PESO FINAL (g)			TEMP. AMBIENTE (°C)			MASA TAPA (g)			E _{entrada} (kJ)		
HORA			ΔT (K)			POTENCIA (W)			MATERIAL OLLA			PESO INICIAL (g)			Cp olla (kJ/(kg°C))		
			T PRECAL (°C)			CORRIENTE (A)			TEMP. OPERACIÓN (°C)			PESO FINAL (g)			Cp agua (kJ/(kg°C))		
#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo
1			17			33			49			65			81		
2			18			34			50			66			82		
3			19			35			51			67			83		
4			20			36			52			68			84		
5			21			37			53			69			85		
6			22			38			54			70			86		
7			23			39			55			71			87		
8			24			40			56			72			88		
9			25			41			57			73			89		
10			26			42			58			74			90		
11			27			43			59			75			91		
12			28			44			60			76			92		
13			29			45			61			77			93		
14			30			46			62			78			94		
15			31			47			63			79			95		
16			32			48			64			80			96		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 3. Plantilla para recopilación de datos de los ensayos con equipos a gas.

PRUEBA #		T inicial (°C)			PRESIÓN -SUMIN (mbar)			TIPO QUEMADOR			MASA OLLA (g)			η			
FECHA		T final (°C)			PESO INICIAL (g)			TEMP. AMBIENTE (°C)			MASA TAPA (g)			Vc, standard			
HORA		ΔT (K)			PESO FINAL (g)			MATERIAL OLLA			Masa total olla (kg)			PCI, v standard			
#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo	#	Temp	Tiempo
1			17			19			35			51			67		
2			18			20			36			52			68		
3			19			21			37			53			69		
4			20			22			38			54			70		
5			21			23			39			55			71		
6			22			24			40			56			72		
7			23			25			41			57			73		
8			24			26			42			58			74		
9			25			27			43			59			75		
10			26			28			44			60			76		
11			27			29			45			61			77		
12			28			30			46			62			78		
13			29			31			47			63			79		
14			30			32			48			64			80		
15			31			33			49			65			81		
16			32			34			50			66			82		

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La *Figura 33* muestra la evolución de la temperatura con el tiempo para todos los ensayos realizados con 2 kg de agua (2 litros). El ensayo más rápido fue la prueba #15, el cual se realizó con un quemador convencional con la olla de acero inoxidable. Su curva es totalmente incremental y la pendiente constante y en comparación de las otras gráficas no posee irregularidades durante el proceso. Este ensayo tomó un tiempo total de 605 segundo para llegar a la temperatura de 90°C.

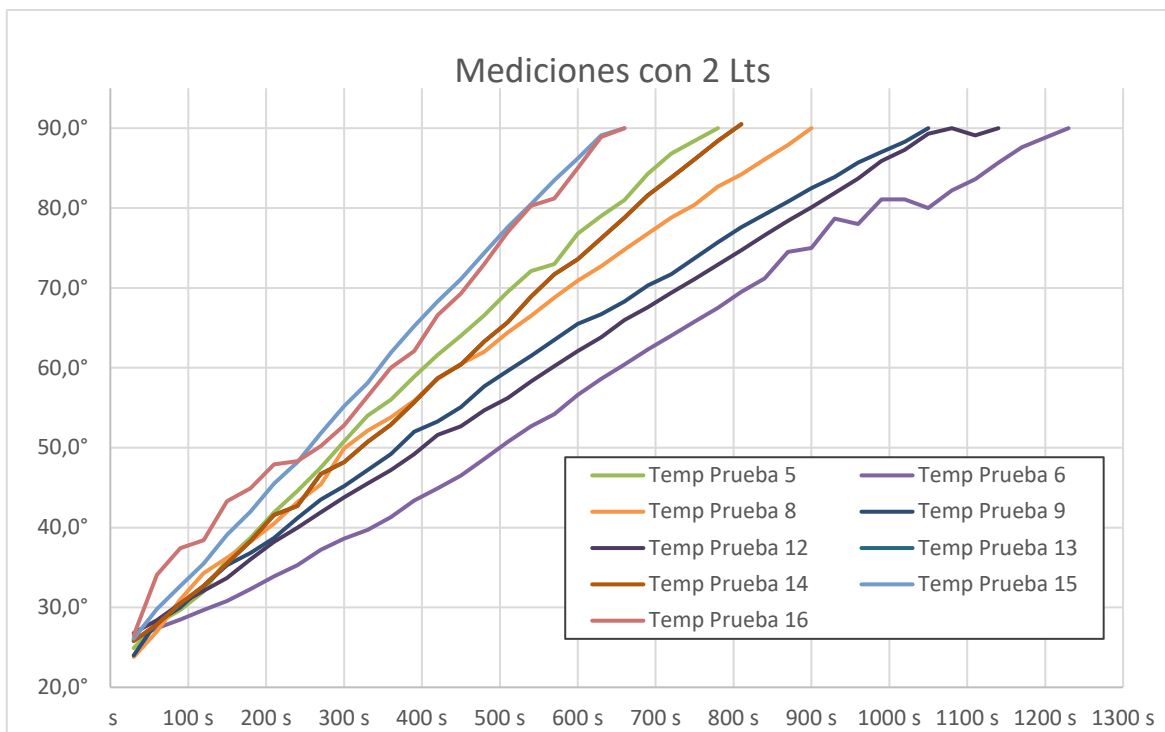


Figura 33. Evolución de la temperatura con el tiempo para ensayos con 2 litros de agua.

Cabe anotar que el ensayo más rápido no necesariamente es el más eficiente, ya que hace falta determinar la energía consumida durante este ensayo. Sin embargo, es interesante observar que el segundo ensayo más rápido (prueba # 16) se realizó con una parrilla de espiral y con una olla inoxidable, en un tiempo de 845 seg. (tiempo de precalentamiento de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3 minutos). Entre ambos ensayos el único parámetro en común fue el material de la olla (acero inoxidable).

En el otro extremo está el ensayo más lento: la prueba 6. Esta se realizó con la parrilla blindada en una olla de aluminio con un precalentamiento de 3 minutos. Este resultado no es sorprendente, ya que como se mencionó en el marco teórico, la principal desventaja de estas parrillas es la inercia térmica por vencer, es decir, que toman mucho tiempo en calentarse. Aún con 3 minutos de precalentamiento previo al ensayo, al agua le tomó unos 1200 seg. para llegar a la temperatura de 90°C.

La *Figura 34* muestra las curvas de calentamiento para ensayos que utilizaron 3.7 litros de agua (3.7 kg). El ensayo que obtuvo el mejor resultado es la prueba # 7, la cual se realizó en una resistencia en espiral con una olla de acero inoxidable, en un tiempo de 870 Segundos, con un precalentamiento de 3 minutos. Con quemadores a gas, el mejor tiempo lo tuvo la prueba # 11, en una olla de inoxidable, con un quemador convencional en un tiempo de 1049 seg.

De estos resultados queda claro que los ensayos con las ollas de inoxidable mostraron mejor comportamiento para la cocción de agua en relación del tiempo. Los resultados más lentos se obtienen con las ollas de aluminio. Por ejemplo, para el caso de 3,7 kg de agua, la peor prueba es la # 18, la cual es realizada con resistencia blindada, dando un tiempo de 1440 seg. y con olla de aluminio.

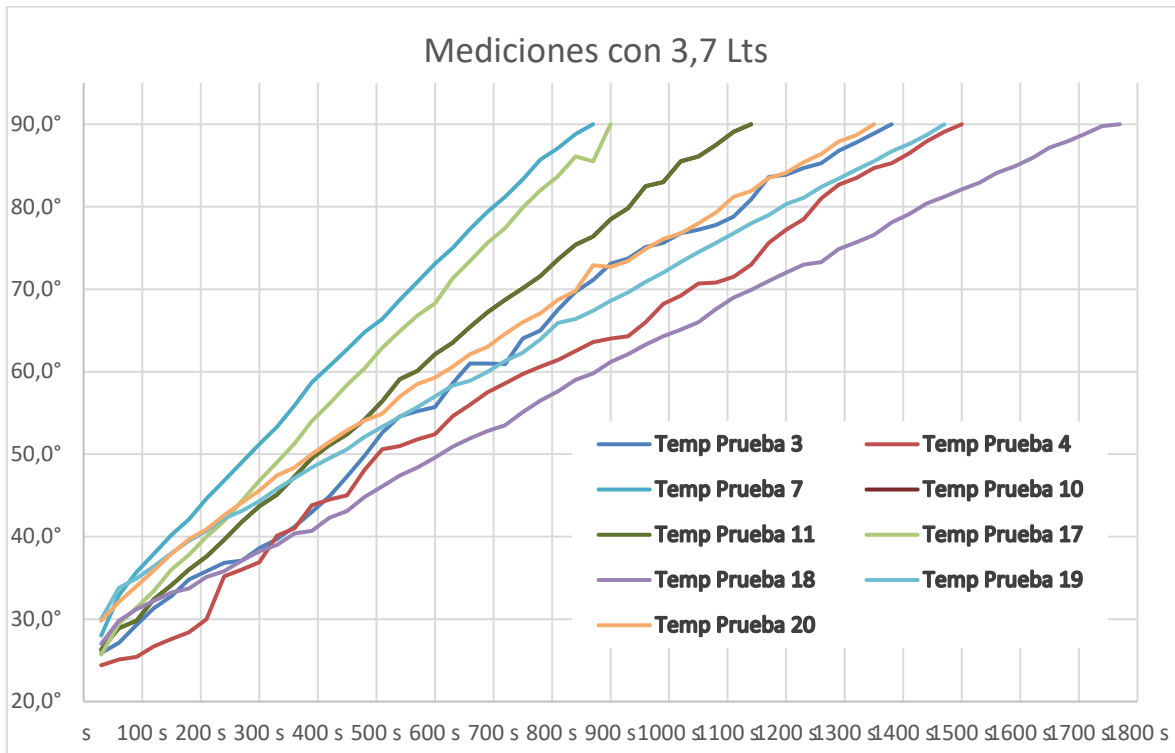


Figura 34. Evolución de la temperatura con el tiempo para ensayos con 3.7 litros de agua.

En la *Tabla 4* se muestran los resultados del cálculo de eficiencia para los ensayos con los gasodomésticos evaluados en este trabajo. El mejor resultado lo tuvo la prueba # 11, la cual arroja un resultado de 58.3 % de eficiencia, calentando una masa de 3.7 Kg en una olla de inoxidable, con un costo de 91.18 pesos relativo al gas consumido.

También se observa que las pruebas # 14- 15 en donde se calientan 2 kg dan una eficiencia de 55.1%, ambos con quemador convencional (independientemente del material de la olla). La prueba # 4 presenta la ineficiencia más alta, con un porcentaje de 24.44, realizada en quemador para equipos de dos puestos. Esta ineficiencia se puede adjudicar a que el quemador fue modificado y no es el que viene con el equipo, causando que en la adaptación se pudo presentar inconsistencias para su funcionamiento. También se presenta mejor eficiencia utilizando la olla en inoxidable, corroborando lo dicho al principio de este capítulo.

Tabla 4. Eficiencia térmica de ensayo con gas y costo por ensayo

prueba 3	0,0610667 m ³ /h	Vc	0,02340890 m ³	PESO	3,7 Kg	Eficiencia
tiempo	1380 S 0,38 H			OLLA	ALUMINIO	45,72
prueba 4	0,1134096 m ³ /h	Vc	0,04630891 m ³	PESO	3,7 Kg	Eficiencia
tiempo	1470 S 0,41 H			OLLA	ALUMINIO	23,08
prueba 10	0,1134096 m ³ /h	Vc	0,03499945 m ³	PESO	3,7 Kg	Eficiencia
tiempo	1111 S 0,31 H			OLLA	INOX	44,28
prueba 11	0,0610667 m ³ /h	Vc	0,01779416 m ³	PESO	3,7 Kg	Eficiencia
tiempo	1049 S 0,29 H			OLLA	INOX	58,33
prueba 12	0,1134096 m ³ /h	Vc	0,02205186 m ³	PESO	2,0 Kg	Eficiencia
tiempo	700 S 0,19 H			OLLA	ALUMINIO	25,76
prueba 13	0,1134096 m ³ /h	Vc	0,02457207 m ³	PESO	2,0 Kg	Eficiencia
tiempo	780 S 0,22 H			OLLA	INOX	23,44
prueba 14	0,0610667 m ³ /h	Vc	0,01039830 m ³	PESO	2,0 Kg	Eficiencia
tiempo	613 S 0,17 H			OLLA	ALUMINIO	55,05
prueba 15	0,0610667 m ³ /h	Vc	0,01026260 m ³	PESO	2,0 Kg	Eficiencia
tiempo	605 S 0,17 H			OLLA	INOX	55,10

La *Tabla 5* muestran los resultados del cálculo de eficiencia para los ensayos con los electrodomésticos evaluados en este trabajo. Se observa que la prueba # 9 arroja la mejor eficiencia con un resultado de 81.34 %, con un precalentamiento de 10 minutos. La parrilla que se utiliza para esto es la fundida o blindada, una masa de agua 2 kg en una olla de inoxidable. También se observa una eficiencia anormalmente alta en la prueba # 19, donde se evalúa una masa de 3.7 kg dando una eficiencia de 76.664, en resistencia fundida o blindada, en olla inoxidable y un precalentamiento de 10 minutos.

Esto indica que este tipo de parrillas blindadas son muy eficientes DESPUES de un periodo de precalentamiento importante. Es debatible si en la práctica el equipo operaría de esta manera.

Tabla 5. Eficiencia térmica de ensayos con electricidad

1	Prueba 5	Masa H2O	2,0 Kg	ΔT	64,7	η RTE101	65,891	η ARTICULO	6,310
	Cp OLLA Y TAPA	0,5 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	1,773 Kg	Consumo Ene				
2	Prueba 6	Masa H2O	2,0 Kg	ΔT	65,0	η RTE101	48,005	η ARTICULO	2,722
	Cp OLLA Y TAPA	0,9 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	0,55 Kg	Consumo Ene				
3	Prueba 6,2	Masa H2O	2,0 Kg	ΔT	64,0	η RTE101	69,852	η ARTICULO	3,961
	Cp OLLA Y TAPA	0,9 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	0,5 Kg	Consumo Ene				
4	Prueba 7	Masa H2O	2,0 Kg	ΔT	66,3	η RTE101	64,152	η ARTICULO	6,141
	Cp OLLA Y TAPA	0,5 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	1,77 Kg	Consumo Ene				
5	Prueba 8	Masa H2O	2,0 Kg	ΔT	66,6	η RTE101	53,55	η ARTICULO	3,036
	Cp OLLA Y TAPA	0,9 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	0,5 Kg	Consumo Ene				
6	Prueba 9	Masa H2O	2,0 Kg	ΔT	65,8	η RTE101	81,339	η ARTICULO	7,798
	Cp OLLA Y TAPA	0,5 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	1,77 Kg	Consumo Ene				
7	Prueba 16	Masa H2O	2,0 Kg	ΔT	65,4	η RTE101	65,059	η ARTICULO	7,036
	Cp OLLA Y TAPA	0,5 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	1,77 Kg	Consumo Ene				
8	Prueba 17	Masa H2O	3,7 Kg	ΔT	63,5°	η RTE101	52,979	η ARTICULO	1,668
	Cp OLLA Y TAPA	0,9 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	0,55 Kg	Consumo Ene				
9	Prueba 18	Masa H2O	3,7 Kg	ΔT	60,9°	η RTE101	67,488	η ARTICULO	2,080
	Cp OLLA Y TAPA	0,9 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	0,55 Kg	Consumo Ene				
10	Prueba 19	Masa H2O	3,7 Kg	ΔT	60,9°	η RTE101	76,664	η ARTICULO	4,156
	Cp OLLA Y TAPA	0,5 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	1,77 Kg	Consumo Ene				
11	Prueba 20	Masa H2O	3,7 Kg	ΔT	64,7	η RTE101	71,141	η ARTICULO	3,857
	Cp OLLA Y TAPA	0,5 KJ/Kg*K	Masa Olla y tap	1,77 Kg	Consumo Ene				

La prueba # 20 obtiene una eficiencia también muy alta (71.174%), con la diferencia de que esta se realiza con una resistencia de inducción en la cual no se puede realizar un precalentamiento. Esto indica que la combinación de olla inoxidable + parrilla de inducción es en la práctica la combinación que mejor eficiencia presenta, lo cual es un resultado acorde con lo que se reporta en la literatura.

También se observa en la prueba # 6 se obtiene la ineficiencia más alta, la cual se realiza en una resistencia blindada sin precalentamiento. Su eficiencia es de 48% en una olla de aluminio con una masa de 2 kg. Queda claro que las resistencias blindadas son dispositivos cuya eficiencia de calentamiento es muy sensible al tiempo de precalentamiento y que la eficiencia real arrancando desde frío es inclusive menor que las de gas convencionales.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cabe anotar que la *Tabla 5* presenta en la última columna los resultados de eficiencia térmica de acuerdo al artículo del profesor Amell y colegas (Andres Amell Arrieta, Junio de 2001). Se observa que la fórmula para determinar la eficiencia de equipos eléctricos discrimina (omite) las propiedades del agua, que para un resultado en un proceso de eficiencia deben siempre tenerse en cuenta. Debido a esto las eficiencias que se calculan con dicha fórmula son muy bajas, comparadas con las de la norma ecuatoriana, la cual se recomienda utilizar en estos casos y se presentó en la sección 2.4.2.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Hay que manejar mucha precisión al momento de hacer adaptaciones de equipos a gas, ya que esto puede causar problemas para alcanzar la máxima eficiencia de estos. Claramente se pudo observar en la eficiencia de los equipos a gas, en la cual por una inspección visual podía dar conformidad (llama azul), pero al momento de evaluar el proceso arroja datos reales de ineficiencia.
- En los procesos eléctricos, el omitir reportar el tiempo de precalentamiento de un equipo cuestiona la eficiencia real de este, ya que este resultado es muy sensible a dicho tiempo. Por ejemplo, en parrillas blindadas se pueden obtener buenas eficiencias con tiempos de precalentamiento de 10 minutos en adelante, cercanas al 80%. En la práctica esta energía de precalentamiento se perdería y ese consumo de electricidad no se tiene en cuenta en la fórmula de eficiencia, por lo cual se obtendría un dato de eficiencia alto muy engañoso.
- Las ollas de fabricación en acero inoxidable muestran tener mayor eficiencia al momento de realizar una cocción, a pesar de que su C_p es menor que al de las ollas de fabricación en aluminio. Esto se evidencia en los resultados de las pruebas, donde los mejores tiempos o la mayor eficiencia se obtiene con las de inoxidable. Se requiere de mayor estudio para determinar si la menor conductividad térmica del acero inoxidable respecto al aluminio contribuye a aislar térmicamente la olla y a aumentar la eficiencia térmica de la misma.
- Para poder realizar estas pruebas, el laboratorio de la universidad presenta escasez de recursos con los cuales uno podría desarrollar una investigación de resultados más precisos y veraces. Por ejemplo, faltan instrumentos importantes como el medidor de volumen de gas tipo sello húmedo, lo cual dificultó la obtención de datos que se obtuvieron por métodos más indirectos y aproximados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- academy, k. (03 de Marzo de 2018). *khan academy*. Obtenido de es.khanacademy.org
- Andres Amell Arrieta, F. J. (Junio de 2001). Analisis comparativo de eficiencia en cocción con gas natural y electricidad. (22), 98-105.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa - Fundamentos y aplicaciones*. Mexico: McGraw Hill.
- Copete Lopez, H. (2004). Optimizacion de un sistema de combustion. *Grupo de ciencia y tecnologia del gas y uso racional de la energia*, 77-80.
- Electromechanical, X. T. (23 de febrero de 2018). *Xiamen Taide Electromechanical*. Obtenido de aliexpress: www.taideheating.com
- gatoo. (28 de 08 de 2018). *gatoo*. Obtenido de <https://www.gatoo.es/placa-vitrocera-mica-portatil-jata.html>
- ICONTEC. (2015). NTC 2832. *Norma Tecnica Colombiana*, 1, 154.
- Lema, L. L., & Alvear Rodríguez, J. (2014). *Cocina de inducción magnética- Proyecto 2*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Ministerio de industrias y productividad Ecuatoriano. (2017). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 101*. Quito: Gobierno Ecuatoriano.
- Molina Amaya, C., & Rodriguez, J. J. (1986). *Instalación de electrodomésticos de potencia*. Bogota: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- TRAMONTINA. (Abril de 2016). Manual de Instructivos Placa de inducción Portatil. *Manual de Instructivos Placa de inducción Portatil*, 1, 0-15. TRAMONTINA.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO				Código	FDE 089
					Versión	03
					Fecha	2015-01-22

APÉNDICE

A continuación, se presentan los datos tomados en las pruebas descritas en este trabajo.

PRUEBA	3	FECHA	5/24/2016		HORA	13:52	TIPO QUEMADOR	Gas Bajas	η	45,72
MASA OLLA	469 g	Sp	90°		PRECION -SUMIN	54,5 mb	Tem Ambi		Vc	0,0234 m3
MASA TAPA	77,38 g	T inicial	24,2°		PESO INICIAL	550,08 g	OLLA	Aluminio	Hs	95,65 MJ/m3
MASA AGUA	3,7 g	T final	90,3°		PESO FINAL	3811,68			Consumo	2,239 Mj
Masa Kg	0,55008	T K°	66,1°						\$	53,57 \$/Mj
									V Comsu	\$ 119,95
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp					
30	25,9°	510	52,6°	990	75,6°					
60	27,1°	540	54,6°	1020	76,8°					
90	29,3°	570	55,2°	1050	77,2°					
120	31,3°	600	55,7°	1080	77,8°					
150	32,8°	630	58,6°	1110	78,8°					
180	34,8°	660	61,0°	1140	80,9°					
210	35,8°	690	61,0°	1170	83,6°					
240	36,8°	720	60,9°	1200	83,9°					
270	37,1°	750	64,0°	1230	84,7°					
300	38,6°	780	65,0°	1260	85,3°					
330	39,7°	810	67,5°	1290	86,8°					
360	41,2°	840	69,7°	1320	87,8°					
390	43,0°	870	71,1°	1350	88,9°					
420	44,9°	900	73,1°	1380	90,0°					
450	47,3°	930	73,7°							
480	49,8°	960	75,1°							

PRUEBA	4	FECHA	5/24/2016		HORA	13:52 PM	TIPO QUEMADOR	Gas Alta	OLLA	Aluminio
MASA OLLA	,469 KL	Sp	90°		PRECION -SUMIN	55,0mb	Tem Ambi		η	23,07785076
MASA TAPA	,08 kl	T inicial	24,4°		PESO INICIAL	4,25 g			Vc	0,04630891 m3
MASA AGUA	3,7 KI	T final	90,4°		PESO FINAL	4095,00 g			Hs	95,65 MJ/m3
Masa Kg	4,246 g	T K°	343,0°						Consumo	4,429 Mj
									\$	53,57 \$/Mj
									V Comsu	\$ 237,30
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp			
0 seg	24,4°	480 seg	50,6°	960 seg	68,2°	1440 seg	89,1			
30 seg	25,1°	510 seg	51,0°	990 seg	69,2°	1470 seg	90			
60 seg	25,4°	540 seg	51,8°	1020 seg	70,7°					
90 seg	26,7°	570 seg	52,4°	1050 seg	70,8°					
120 seg	27,6°	600 seg	54,6°	1080 seg	71,5°					
150 seg	28,4°	630 seg	56,0°	1110 seg	73,0°					
180 seg	30,0°	660 seg	57,5°	1140 seg	75,6°					
210 seg	35,2°	690 seg	58,6°	1170 seg	77,2°					
240 seg	36,0°	720 seg	59,7°	1200 seg	78,5°					
270 seg	36,9°	750 seg	60,6°	1230 seg	81,0°					
300 seg	40,1°	780 seg	61,4°	1260 seg	82,7°					
330 seg	41,0°	810 seg	62,5°	1290 seg	83,5°					
360 seg	43,8°	840 seg	63,6°	1320 seg	84,7°					
390 seg	44,5°	870 seg	64,0°	1350 seg	85,3°					
420 seg	45,0°	900 seg	64,3°	1380 seg	86,5°					
450 seg	48,1°	930 seg	66,0°	1410 seg	87,9					

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO				Código	FDE 089
					Versión	03
					Fecha	2015-01-22

PRUEBA	6,2	FECHA	5/27/2016	HORA	13:38	TIPO QUEMADOR	BLINDADA	OLLA	ALUMINIO	Cp a 20°C	,9 KJ/KgK	RTE-101	69,8523933
MASA OLLA	468,84 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	n/a	TEM.OPE		CORIENTE	4,5 l	η	3,96076768		
MASA TAPA	77,38 g	T inicial	28,0°	PESO INICIAL	2546,22 g	POTENCIA	1000 W	TIP. PRECAL	20	Valor Kwh	552,72		
MASA AGUA	2000,0 g	T final	92,0°	PESO FINAL	2492,20 g	VOLTAGE	220 V	E _R	812 KJ	Costo	\$ 124,67		
Masa Kg	0,54622	T K°	337,2°					Kwh	0,22555556				
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp										
0 seg	28,0°	480 seg	66,4°										
30 seg	32,9°	510 seg	68,7°										
60 seg	35,7°	540 seg	70,9°										
90 seg	37,9°	570 seg	73,1°										
120 seg	40,2°	600 seg	75,0°										
150 seg	42,1°	630 seg	77,3°										
180 seg	44,6°	660 seg	79,4°										
210 seg	46,8°	690 seg	81,2°										
240 seg	49,0°	720 seg	83,3°										
270 seg	51,2°	730 seg	85,7°										
300 seg	53,3°	780 seg	87,1°										
330 seg	55,9°	810 seg	88,8°										
360 seg	58,7°	812 seg	90,0°										
390 seg	60,7°	0,23 seg											
420 seg	62,7°												
450 seg	64,8°												

PRUEBA	7	FECHA	5/26/2016	HORA	10:30	TIPO QUEMADOR	ESPIRAL	OLLA	INOX	Cp a 20°C	,5 KJ/KgK	RTE-101	64,1523511
MASA OLLA	1464,60 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	n/a	TEM.OPE		CORIENTE	5,0 l	η	6,141409875		
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	23,8°	PESO INICIAL	1776,65 g	POTENCIA	1100 W	TIP. PRECAL	3	Valor Kwh	552,72		
MASA AGUA	3,7 g	T final	90,1°	PESO FINAL	3738,35 g	VOLTAGE	220 V	E _R	957 KJ	Costo	\$ 146,93		
Masa Kg	1,77295	T K°	341,8°			consumo	0,26583333	Kwh	0,26583333				
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp										
0 seg	23,8°	600 seg	72,7°										
30 seg	27,0°	630 seg	74,8°										
60 seg	31,0°	660 seg	76,8°										
90 seg	34,3°	690 seg	78,8°										
120 seg	36,2°	720 seg	80,4°										
150 seg	38,2°	730 seg	82,7°										
180 seg	40,5°	780 seg	84,2°										
210 seg	43,2°	810 seg	86,1°										
240 seg	45,4°	840 seg	87,9°										
270 seg	49,9°	870 seg	90,0°										
300 seg	52,1°	0,24 seg											
330 seg	53,8°												
360 seg	55,9°												
390 seg	58,6°												
420 seg	60,5°												
450 seg	62,0°												
480 seg	64,4°												
510 seg	66,5°												
540 seg	68,8°												
570 seg	70,9°												

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO								Código	FDE 089
									Versión	03
									Fecha	2015-01-22

PRUEBA	8	FECHA	5/26/2016		HORA	11:38	TIPO QUEMADOR	Espiral	OLLA	aluminio	Cp a 20°C	,9 KJ/KgK	RTE-101	53,5514418
MASA OLLA	468,84 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	n/a	TEM.OPE	470C°	CORIENTE	5,0 l	η	3,03647177			
MASA TAPA	77,38 g	T inicial	24,0°	PESO INICIAL	2546,22 g	POTENCIA	1100 W	TIP. PRECAL	3	Valor Kwh	552,72			
MASA AGUA	2000,0 g	T final	90,6°	PESO FINAL	2508,00 g	VOLTAGE	220 V	E_R	1102 KJ	Costo	\$ 169,22			
Masa Kg	0,54622	T K°	66,6°			consumo	0,30616667	Kwh	0,30616667					
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp											
0 seg	24,0°	600 seg	66,7°											
30 seg	28,2°	630 seg	68,3°											
60 seg	30,0°	660 seg	70,3°											
90 seg	32,7°	690 seg	71,7°											
120 seg	35,3°	720 seg	73,7°											
150 seg	36,8°	750 seg	75,7°											
180 seg	38,7°	780 seg	77,6°											
210 seg	41,2°	810 seg	79,2°											
240 seg	43,5°	840 seg	80,8°											
270 seg	45,2°	870 seg	82,5°											
300 seg	47,2°	900 seg	83,9°											
330 seg	49,2°	930 seg	85,7°											
360 seg	52,0°	960 seg	87,0°											
390 seg	53,3°	990 seg	88,3°											
420 seg	55,1°	1002 seg	90,0°											
450 seg	57,7°	0,28 seg												
480 seg	59,6°													
510 seg	61,5°													
540 seg	63,5°													
570 seg	65,5°													

PRUEBA	9	FECHA	5/27/2016		HORA	9:00	TIPO QUEMADOR	BLINDADA	OLLA	INOX	Cp a 20°C	,5 KJ/KgK	RTE-101	81,339312
MASA OLLA	1464,60 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	N/A	TEM.OPE	430C°	CORIENTE	4,5 l	η	7,7981357			
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	28,0°	PESO INICIAL	3772,95 g	POTENCIA	1000 W	TIP. PRECAL	10	Valor Kwh	552,72			
MASA AGUA	2000,0 g	T final	93,8°	PESO FINAL	2284,95 g	VOLTAGE	220 V	E_R	748 KJ	Costo	\$ 114,84			
Masa Kg	1,77295	T K°	339,0°			consumo	0,20777778	Kwh	0,20777778					
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp											
0 seg	28,0°	600 seg	77,2°											
30 seg	34,5°	630 seg	78,3°											
60 seg	37,2°	660 seg	79,1°											
90 seg	41,0°	690 seg	83,1°											
120 seg	44,1°	720 seg	86,6°											
150 seg	45,9°	750 seg	89,5°											
180 seg	48,7°	748 seg	90,0°											
210 seg	51,0°	0,21 seg												
240 seg	52,4°													
270 seg	53,0°													
300 seg	53,6°													
330 seg	53,9°													
360 seg	55,6°													
390 seg	58,1°													
420 seg	60,0°													
450 seg	64,4°													
480 seg	65,9°													
510 seg	71,1°													
540 seg	73,1°													
570 seg	75,9°													

PRUEBA	10	FECHA	5/27/2016		HORA	14:43	TIPO QUEMADOR	gas alta	OLLA	INOX	NOTAS : Se realiza peso en olla de aluminio
MASA OLLA	1464,60 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	58mb	TEM.OPE	C°	η	44,27705612		
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	26,3°	PESO INICIAL	5472,95 g	POTENCIA	N/A	Vc	0,03499945 m3		
MASA AGUA	3700,0 g	T final	91,0°	PESO FINAL	3973,35 g	VOLTAGE	N/A	Hs	95,65 MJ/m3		
Masa Kg	5,47295	T K°	64,7°		1499,60			Consumo	3,347697803		
								\$	53,5723		
								V Comsu	\$ 179,34		
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp								
0 seg	26,3°	600 seg	63,5°								
30 seg	28,9°	630 seg	65,4°								
60 seg	29,8°	660 seg	67,2°								
90 seg	32,4°	690 seg	68,7°								
120 seg	34,1°	720 seg	70,1°								
150 seg	36,0°	750 seg	71,6°								
180 seg	37,6°	780 seg	73,6°								
210 seg	39,6°	810 seg	75,4°								
240 seg	41,8°	840 seg	76,4°								
270 seg	43,7°	870 seg	78,5°								
300 seg	45,1°	900 seg	79,8°								
330 seg	47,3°	930 seg	82,5°								
360 seg	49,5°	960 seg	83,0°								
390 seg	51,1°	990 seg	85,5°								
420 seg	52,4°	1002 seg	86,1°								
450 seg	54,2°	1050 seg	87,5°								
480 seg	56,4°	1080 seg	89,1°								
510 seg	59,1°	1111 seg	90,0°								
540 seg	60,1°										
570 seg	62,1°										

PRUEBA	11	FECHA	5/27/2016		HORA	15:27	TIPO QUEMADOR	GAS BAJA	OLLA	INOX	NOTAS : Se realiza peso en olla de aluminio
MASA OLLA	1464,60 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	58mb	TEM.OPE	C°	η	58,33062278		
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	26,8°	PESO INICIAL	5473 g	POTENCIA	N/A	Vc	0,01779416 m3		
MASA AGUA	3700,0 g	T final	90,9°	PESO FINAL	3670 g	VOLTAGE	N/A	Hs	95,65 MJ/m3		
Masa Kg	5,47 Kg	T K°	339,3°		1802,95			Consumo	1,702011007		
								\$	53,5723		
								V Comsu	\$ 91,18		
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp								
0 seg	26,8°	600 seg	63,8°								
30 seg	28,4°	630 seg	66,0°								
60 seg	30,5°	660 seg	67,6°								
90 seg	32,1°	690 seg	69,4°								
120 seg	33,7°	720 seg	71,1°								
150 seg	36,0°	750 seg	72,9°								
180 seg	38,2°	780 seg	74,7°								
210 seg	40,0°	810 seg	76,6°								
240 seg	41,9°	840 seg	78,4°								
270 seg	43,8°	870 seg	80,1°								
300 seg	45,5°	900 seg	81,9°								
330 seg	47,2°	930 seg	83,7°								
360 seg	49,2°	960 seg	85,9°								
390 seg	51,6°	990 seg	87,3°								
420 seg	52,7°	1002 seg	89,3°								
450 seg	54,7°	1049 seg	90,0°								
480 seg	56,2°										
510 seg	58,3°										
540 seg	60,2°										
570 seg	62,1°										

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO						Código	FDE 089
							Versión	03
							Fecha	2015-01-22

PRUEBA	12	FECHA	5/30/2016		HORA	12:50	TIPO QUEMADOR	GAS ALTA	OLLA	ALUMINIO
MASA OLLA	469,00 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	55,5mb	TEM.OPE	C°	η	25,75987125	
MASA TAPA	77,38 g	T inicial	26,5°	PESO INICIAL	2546 g	POTENCIA	N/A	Vc	0,02205186 m3	
MASA AGUA	2000,0 g	T final	91,4°	PESO FINAL	2531 g	VOLTAGE	N/A	Hs	95,65 MJ/m3	
Masa Kg	2,54638	T K°	340,1°					Consumo	2,109260542	
								\$	53,5723	
								V Comsu	\$ 113,00	
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp							
0 seg	26,5°	600 seg	82,2°							
30 seg	28,1°	630 seg	84,9°							
60 seg	30,5°	660 seg	87,0°							
90 seg	32,7°	690 seg	89,7°							
120 seg	36,1°	700 seg	90,0°							
150 seg	38,8°									
180 seg	43,9°									
210 seg	46,1°									
240 seg	49,7°									
270 seg	51,1°									
300 seg	54,1°									
330 seg	58,0°									
360 seg	61,2°									
390 seg	63,2°									
420 seg	66,2°									
450 seg	69,2°									
480 seg	71,9°									
510 seg	74,3°									
540 seg	76,4°									
570 seg	79,1°									

PRUEBA	13	FECHA	5/30/2016		HORA	13:27	TIPO QUEMADOR	GAS ALTA	OLLA	INOX	NOTAS : SE COLOCA TACOS (TUERCAS)DE 7 MM DE ALTURA EN LA PARRILLA PARA MEJORAR EL CONTACTO DE LA LLAMA A LA OLLA
MASA OLLA	1464,60 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	56mb	TEM.OPE	C°	η	23,43841946		
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	25,8°	PESO INICIAL	3773 g	POTENCIA	N/A	Vc	0,02457207 m3		
MASA AGUA	2000,0 g	T final	91,6°	PESO FINAL	3765 g	VOLTAGE	N/A	Hs	95,65 MJ/m3		
Masa Kg	3,77295	T K°	65,8°					Consumo	2,35031889		
								\$	53,5723		
								V Comsu	125,9119887		
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp								
0 seg	25,8°	600 seg	76,2°								
30 seg	27,9°	630 seg	78,8°								
60 seg	30,5°	660 seg	81,6°								
90 seg	32,7°	690 seg	83,8°								
120 seg	35,5°	700 seg	86,1°								
150 seg	38,3°	682 seg	88,4°								
180 seg	41,6°	780 seg	90,5°								
210 seg	42,7°										
240 seg	46,7°										
270 seg	48,2°										
300 seg	50,7°										
330 seg	52,9°										
360 seg	55,7°										
390 seg	58,7°										
420 seg	60,4°										
450 seg	63,3°										
480 seg	65,7°										
510 seg	68,9°										
540 seg	71,7°										
570 seg	73,6°										

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO						Código	FDE 089
							Versión	03
							Fecha	2015-01-22

PRUEBA	12	FECHA	5/30/2016		HORA	11:00	TIPO QUEMADOR	GAS BAJA	OLLA	ALUMINIO
MASA OLLA	469,00 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	56mb	TEM.OPE	C°	η	55,05029079	
MASA TAPA	77,38 g	T inicial	26,1°	PESO INICIAL	2546 g	POTENCIA	N/A	Vc	0,010398 m3	
MASA AGUA	2000,0 g	T final	91,5°	PESO FINAL	2521 g	VOLTAGE	N/A	Hs	95,65 MJ/m3	
Masa Kg	2,54638	T K°	340,6°					Consumo	0,994597471	
								\$	53,5723	
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp					V Comsu	\$ 53,28	
0 seg	26,1°	390 seg	68,3°							
30 seg	29,8°	420 seg	71,1°							
60 seg	32,7°	450 seg	74,4°							
90 seg	35,5°	480 seg	77,6°							
120 seg	39,1°	510 seg	80,5°							
150 seg	42,0°	540 seg	83,5°							
180 seg	45,5°	570 seg	86,2°							
210 seg	48,2°	600 seg	89,1°							
240 seg	51,8°	613 seg	90,0°							
270 seg	55,2°									
300 seg	58,1°									
330 seg	61,9°									
360 seg	65,2°									

PRUEBA	15	FECHA	5/30/2016		HORA	11:50	TIPO QUEMADOR	GAS BAJA	OLLA	INOX
MASA OLLA	1464,58 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	55,5mb	TEM.OPE	C°	η	55,09592603	
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	26,5°	PESO INICIAL	1775 g	POTENCIA	N/A	Vc	0,010263 m3	
MASA AGUA	2,0 K	T final	91,1°	PESO FINAL	1666 g	VOLTAGE	N/A	Hs	95,65 MJ/m3	
Masa Kg	1,77493	T K°	339,8°			1,09		Consumo	0,981617406	
								\$	53,5723	
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp					V Comsu	\$ 52,59	
0 seg	26,5°	330 seg	60,0°							
30 seg	34,1°	360 seg	62,1°							
60 seg	37,4°	390 seg	66,6°							
90 seg	38,4°	420 seg	69,3°							
120 seg	43,3°	450 seg	73,0°							
150 seg	44,9°	480 seg	77,0°							
180 seg	47,9°	510 seg	80,3°							
210 seg	48,3°	540 seg	81,2°							
240 seg	50,2°	570 seg	85,0°							
270 seg	52,8°	600 seg	88,9°							
300 seg	56,4°	605 seg	90,0°							

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO						Código	FDE 089
							Versión	03
							Fecha	2015-01-22

PRUEBA	16	FECHA	5/30/2016		HORA	15:12	TIPO QUEMADOR	ESPIRAL	OLLA	INOX	Cp a 20°C	,5 KJ/KgK	RTE-101	65,0585058
MASA OLLA	1464,58 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	,0mb	TEM.OPE	520C°	CORIENTE	5,0 l		η	7,03604088		
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	25,7°	PESO INICIAL	3773 g	POTENCIA	1100 W	TIE. PRECAL	3	Valor Kwh		552,72		
MASA AGUA	2000 g	T final	91,1°	PESO FINAL	3767 g	VOLTAGE	220 V	E _R	930 KJ	Costo		\$ 142,71		
Masa Kg	1,77293	T K°	338,6°					Kwh	0,25819444					
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp											
0 seg	25,7°	540 seg	66,8°											
30 seg	29,4°	570 seg	68,3°											
60 seg	31,4°	600 seg	71,3°											
90 seg	33,4°	630 seg	73,4°											
120 seg	36,0°	660 seg	75,6°											
150 seg	37,8°	690 seg	77,4°											
180 seg	40,0°	720 seg	79,9°											
210 seg	41,9°	750 seg	82,0°											
240 seg	44,3°	780 seg	83,7°											
270 seg	46,8°	810 seg	86,1°											
300 seg	49,0°	840 seg	85,5°											
330 seg	51,3°	845 seg	90,0°											
360 seg	54,0°	0,23 seg												
390 seg	56,1°													
420 seg	58,4°													
450 seg	60,4°													
480 seg	62,9°													
510 seg	64,9°													

PRUEBA	17	FECHA	5/30/2016		HORA	15:41	TIPO QUEMADOR	ESPIRAL	OLLA	ALUMINIO	Cp a 20°C	,9 KJ/KgK	RTE-101	52,978606
MASA OLLA	469,00 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	mb	TEM.OPE	520C°	CORIENTE	5,0 l		η	1,6676865		
MASA TAPA	77,38 g	T inicial	27,0°	PESO INICIAL	4246 g	POTENCIA	1100 W	TIE. PRECAL	0	Valor Kwh		552,72		
MASA AGUA	3700,0 g	T final	90,5°	PESO FINAL	4210 g	VOLTAGE	220 V	E _R	1914 KJ	Costo		\$ 293,86		
Masa Kg	0,54638	T K°	336,7°					Kwh	0,5316667					
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp							
0 seg	27,0°	450 seg	44,8°	900 seg	62,1°	1350 seg	78,1°							
30 seg	29,8°	480 seg	46,1°	930 seg	63,3°	1380 seg	79,1°							
60 seg	31,2°	510 seg	47,4°	960 seg	64,3°	1410 seg	80,4							
90 seg	32,2°	540 seg	48,4°	990 seg	65,1°	1440 seg	81,2							
120 seg	33,2°	570 seg	49,6°	1020 seg	66,0°	1470 seg	82,1							
150 seg	33,7°	600 seg	50,9°	1050 seg	67,6°	1500 seg	82,9							
180 seg	35,1°	630 seg	51,9°	1080 seg	69,0°	1530 seg	84,1							
210 seg	35,8°	660 seg	52,8°	1110 seg	69,9°	1560 seg	84,9							
240 seg	37,1°	690 seg	53,5°	1140 seg	71,0°	1590 seg	85,9							
270 seg	38,2°	720 seg	55,1°	1170 seg	72,0°	1620 seg	87,2							
300 seg	39,0°	750 seg	56,5°	1200 seg	73,0°	1650 seg	87,9							
330 seg	40,4°	780 seg	57,6°	1230 seg	73,3°	1680 seg	88,8							
360 seg	40,7°	810 seg	59,0°	1260 seg	74,9°	1710 seg	89,8							
390 seg	42,3°	840 seg	59,8°	1290 seg	75,7°	1740 seg	90							
420 seg	43,1°	870 seg	61,2°	1320 seg	76,6°	0,48 seg								

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO				Código	FDE 089
					Versión	03
					Fecha	2015-01-22

PRUEBA	18	FECHA	5/30/2016	HORA	17:15	TIPO QUEMADOR	BLINDADA	OLLA	ALUMINIO	Cp a 20°C	,9 KJ/KgK	RTE-101	67,4879505
MASA OLLA	469,00 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	mb	TEM.OPE	450C°	CORIENTE	4,5 l	η	2,07965888		
MASA TAPA	77,38 g	T inicial	30,0°	PESO INICIAL	550 g	POTENCIA	1000 W	TIE. PRECAL	0	Valor Kwh	552,72		
MASA AGUA	3,7 g	T final	90,9°	PESO FINAL	4212 g	VOLTAGE	220 V	E_R	1440 KJ	Costo	\$ 221,09		
Masa Kg	0,55008	T K°	60,9°					Kwh	0,4				
MASA OLLA	0,54638												
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp								
0 seg	30,0°	480 seg	53,3°	960 seg	72,0°								
30 seg	33,8°	510 seg	54,5°	990 seg	73,3°								
60 seg	34,9°	540 seg	55,7°	1020 seg	74,5°								
90 seg	36,4°	570 seg	57,0°	1050 seg	75,6°								
120 seg	38,0°	600 seg	58,3°	1080 seg	76,8°								
150 seg	39,5°	630 seg	58,9°	1110 seg	78,0°								
180 seg	40,7°	660 seg	60,0°	1140 seg	79,0°								
210 seg	42,2°	690 seg	61,3°	1170 seg	80,3°								
240 seg	43,1°	720 seg	62,3°	1200 seg	81,1°								
270 seg	44,3°	750 seg	63,9°	1230 seg	82,4°								
300 seg	45,8°	780 seg	65,9°	1260 seg	83,4°								
330 seg	47,1°	810 seg	66,4°	1290 seg	84,5°								
360 seg	48,4°	840 seg	67,4°	1320 seg	85,5°								
390 seg	49,5°	870 seg	68,6°	1350 seg	86,7°								
420 seg	50,6°	900 seg	69,6°	1380 seg	87,6°								
450 seg	52,1°	930 seg	70,9°	1410 seg	88,7								
				1440 seg	90								
				,40 seg									

PRUEBA	19	FECHA	5/30/2016	HORA	16:43	TIPO QUEMADOR	BLINDADA	OLLA	INOX	Cp a 20°C	,5 KJ/KgK	RTE-101	76,663981
MASA OLLA	1464,58 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	mb	TEM.OPE	450C°	CORIENTE	4,5 l	η	4,1559445		
MASA TAPA	308,35 g	T inicial	29,8°	PESO INICIAL	5473 g	POTENCIA	1000 W	TIE. PRECAL	15	Valor Kwh	552,72		
MASA AGUA	3700,0 g	T final	90,7°	PESO FINAL	4150 g	VOLTAGE	220 V	E_R	1299 KJ	Costo	\$ 199,44		
Masa Kg	1,77293	T K°	334,1°			Consumo	0,3608	Kwh	0,3608333				
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp								
0 seg	29,8°	450 seg	54,1°	900 seg	73,4°								
30 seg	32,1°	480 seg	54,9°	930 seg	74,9°								
60 seg	34,0°	510 seg	57,0°	960 seg	76,1°								
90 seg	35,9°	540 seg	58,5°	990 seg	76,8°								
120 seg	37,9°	570 seg	59,3°	1020 seg	78,0°								
150 seg	39,7°	600 seg	60,6°	1050 seg	79,3°								
180 seg	40,9°	630 seg	62,1°	1080 seg	81,2°								
210 seg	42,6°	660 seg	63,0°	1110 seg	81,9°								
240 seg	44,1°	690 seg	64,6°	1140 seg	83,5°								
270 seg	45,6°	720 seg	66,0°	1170 seg	84,1°								
300 seg	47,4°	750 seg	67,1°	1200 seg	85,4°								
330 seg	48,4°	780 seg	68,7°	1230 seg	86,4°								
360 seg	50,0°	810 seg	69,8°	1260 seg	87,9°								
390 seg	51,5°	840 seg	72,9°	1290 seg	88,7°								
420 seg	52,9°	870 seg	72,7°	1299 seg	90,0°								
				,36 seg									

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO								Código	FDE 089
									Versión	03
									Fecha	2015-01-22

PRUEBA	20	FECHA	5/30/2016	HORA	18:30	TIPO QUEMADOR	INDUCCIO	OLLA	INOX	Cp a 20°C	,5 KJ/KgK	RTE-101	71,1407
MASA OLLA	1,46 g	Sp	90°	PRECION -SUMIN	mb	TEM.OPE	240C°	CORIENTE	11,8 l	η	3,8565281		
MASA TAPA	,31 g	T inicial	25,6°	PESO INICIAL	5 g	POTENCIA	1300 W	TIE. PRECAL	0	Valor Kwh	552,72		
MASA AGUA	3,7 g	T final	90,3°	PESO FINAL	3203 g	VOLTAGE	110 V	E_R	1487 KJ	Costo	\$ 228,33		
Masa Kg	1,77 g	T K°	337,9°	64,7				Kwh	0,4131111				
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp						
0 seg	25,6°	390 seg	47,2°	780 seg	70,0°	1144 seg	90,0°						
30 seg	26,1°	420 seg	49,7°	810 seg	71,0°	,318 seg							
60 seg	27,1°	450 seg	51,0°	840 seg	72,3°								
90 seg	29,4°	480 seg	53,1°	870 seg	74,8°								
120 seg	31,3°	510 seg	55,1°	900 seg	76,5°								
150 seg	32,7°	540 seg	57,3°	930 seg	77,9°								
180 seg	35,4°	570 seg	58,5°	960 seg	79,3°								
210 seg	36,8°	600 seg	60,7°	990 seg	80,7°								
240 seg	38,7°	630 seg	62,9°	1020 seg	82,6°								
270 seg	40,6°	660 seg	63,7°	1050 seg	84,3°								
300 seg	43,2°	690 seg	64,8°	1080 seg	86,6°								
330 seg	44,1°	720 seg	66,5°	1110 seg	88,2°								
360 seg	47,2°	750 seg	68,3°	1140 seg	89,9°								

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES 

FIRMA ASESOR 

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO APROBADO

10:00 AM FECHA ENTREGA: 31/07/2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO__ ACEPTADO__ ACEPTADO CON MODIFICACIONES__

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____