



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE METALURGIA - ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO INGENIERO ELÉCTRICO

*ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS
CARGAS ELÉCTRICAS DEL SECTOR
RESIDENCIAL EN CUBA*

Autor: Daniel Argota Pupo

Tutor: Ms.C. Reineris Montero Laurencio

Moa, 2012

“Año 54 de la Revolución”

Declaración de Autoridad

En decisión conjunta, el autor Daniel Argota Pupo y el tutor Ms.C. Reineris Montero Laurencio, certificamos nuestra propiedad intelectual en este Trabajo de Diploma con título “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS DEL SECTOR RESIDENCIAL EN CUBA”. El Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Daniel Argota Pupo

Autor

Ms.C Reineris Montero Laurencio

Tutor

Pensamientos

"Invertir en conocimientos produce siempre los mejores beneficios".

Benjamín franklin.

"Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad."

Albert Einstein.

Dedicatoria

Este trabajo que va a definir el curso de mi vida se lo dedico a las personas que han consagrado más de 23 años a instruirme, guiarme, y darme todo el amor que se le puede dar a un hijo, A mis padres, Noel Argota Leyva y Maritza Pupo Gámez, a mi hermana Daniela y a mi novia por el apoyo incondicional prestado.

También dedico este trabajo a mis abuelas y tías, al resto de mi familia y amigos, por su ayuda incondicional bajo cualquier circunstancia.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a todas las personas que de una forma u otra me apoyaron, con su ayuda fue posible la culminación de este trabajo de diploma. Dentro de ellas:

- *A mi tutor Ms.C. Reineris Montero Laurencio por su infinita colaboración y su gran experiencia puesta en función de este trabajo, por tantas horas de dedicación y por su empeño.*
- *A mis padres, a mis tías, a mi primo Amauri Vecino y al resto de los familiares.*
- *A mis amigos y compañeros de estudio por la ayuda, armonía y coherencia en las relaciones de equipo.*
- *Agradezco especialmente a mis familiares y amigos por su fe, amor, confianza, y apoyo brindado durante estos años de estudiante.*

Resumen

Se conoce que las características de las cargas eléctricas definen el comportamiento de la demanda y el consumo. En Cuba el consumo de energía eléctrica en el sector residencial representa el 52 % del total y recientemente se ha alertado sobre su progresivo crecimiento. En la presente investigación se abordan trabajos precedentes vinculados con las cargas eléctricas en el sector residencial, las normativas de la explotación de los circuitos eléctricos de distribución secundaria, así como aspectos de la Revolución Energética estrechamente relacionados. Mediante el empleo de equipos electrónicos de medición de alta precisión, enlazados a una computadora, se realiza un estudio de la demanda y el consumo de electricidad de múltiples equipos electrodomésticos. Se prioriza el análisis de las cargas que deciden el comportamiento energético. Se ofrece una panorámica de varias marcas de equipos así como las regularidades de la potencia eléctrica durante diferentes condiciones de operación. El estado técnico del equipamiento es un factor que obliga a un punto de atención por el impacto social que provoca, ya que aproximadamente el 90 % de los hogares cubanos utilizan la electricidad para la cocción de alimentos. Se propone un modelo matemático de la estructura de la facturación eléctrica tomando como base los datos de varias rutas compuestas únicamente por viviendas independientes. Como resultado se presenta una expresión polinómica de sexto orden con coeficiente de correlación de 0,96. Esta expresión relaciona el rango de la factura eléctrica con los valores porcentuales de la cantidad de cliente por niveles de facturación. Mediante un caso de estudio de un taller de reparaciones, se evalúa el comportamiento técnico de los equipos de alto consumo en el sector residencial y sus correspondientes implicaciones económicas.

Abstract

It is known that the characteristics of the electric loads define the behavior of the demand and the consumption. In Cuba the electric power consumption in the residential sector represents 52% of the total one and recently it has been alerted about its progressive growth. In the present investigation precedent works are approached linked with the electric loads in the residential sector, the normative of the exploitation of the electric circuits of secondary distribution, as well as aspects of the closely related Energy Revolution. By means of the employment of electronic teams of mensuration of high precision, connected to a computer, it is carried out a study of the demand and the consumption of electricity of multiple teams appliances. The analysis of the loads is prioritized that decide the energy behavior. He/she offers a panoramic of several marks of teams as well as the regularities of the electric power during different operation conditions. The technical state of the equipment is a factor that force since approximately to a point of attention for the social impact that causes, 90% of the Cuban homes they use the electricity for the cooking of foods. A mathematical model of the structure of the electric billing intends taking like base the data of several compound routes only for independent housings. As a result a polynomial expression of sixth order is presented with coefficient of correlation of 0,96. This expression relates the range of the electric invoice with the percentage values of the quantity of client for levels of billing. By means of a case of study of a shop of repairs, the technical behavior of the teams of high consumption is evaluated in the residential sector and its corresponding economic implications.

Índice

	Introducción general.....	1
Capítulo 1	Antecedentes y estado actual de las cargas eléctricas en el sector residencial en Cuba.....	5
1.1	Introducción.....	5
1.2	Trabajos precedentes.....	5
1.2.1	Comportamiento de los equipos en Standby.....	10
1.2.2	Principales cargas eléctricas en el sector residencial.....	14
1.3	Estructuras de los circuitos de distribución secundaria en viviendas independientes.....	19
1.4	Principio de las mediciones eléctricas que favorecen los estudios de carga eléctricas.....	21
1.4.1	Instrumentación utilizada durante la investigación.....	25
1.5	Conclusiones del capítulo.....	27
Capítulo 2	Estudio de la potencia y la energía que caracterizan la utilización de las cargas eléctricas en el sector residencial.....	28
2.1	Introducción.....	28
2.2	Comportamiento de las cargas eléctricas del sector residencial.....	28
2.3	El refrigerador: consumo de varias marcas y ejemplo de la dinámica diaria.....	30
2.4	Equipos de cocción de alimentos.....	32
2.4.1	La Hornilla eléctrica: niveles de potencia, energía y calentamiento de agua.....	33
2.4.2	El calentador de agua: energía y potencia para diferentes volúmenes....	38
2.4.3	La olla de presión: potencia y energía en la cocción de diferentes alimentos.....	41
2.4.4	La olla arrocera: potencia y energía para diferentes volúmenes.....	44
2.5	La plancha: energía y potencia durante pruebas de funcionamiento.....	47

2.6	El microwave.....	50
2.7	La Iluminación: lámparas fluorescentes y bombillos ahorradores.....	50
2.8	Equipos de ventilación y acondicionamiento del aire.....	52
2.9	La Lavadora: comportamiento de la demanda de potencia activa.....	55
2.10	Equipos de audio y video: Medición de potencia y de energía.....	56
2.11	Otros equipos del hogar: Medición de la demanda.....	58
2.12.	Comportamiento de la rotura de equipos electrodomésticos: un caso de estudio.....	59
2.12.1	Análisis económico de la rotura de equipos.....	61
2.13	Modelación de la estructura de la facturación eléctrica.....	66
2.14	Conclusiones del capítulo.....	69
	Conclusiones generales.....	70
	Recomendaciones.....	71
	Bibliografía.....	72
	Anexos.....	

Introducción general

En la sociedad moderna la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y duración de vida de los seres humanos, actualmente en el mundo el 80% de la producción de energía se produce a través de los combustibles fósiles como el carbón, gas natural y el petróleo.

La disponibilidad de energía eléctrica es uno de los más claros indicadores del desarrollo y de hecho se emplea como indicador de crecimiento económico. La demanda mundial de electricidad está creciendo rápidamente en los últimos tiempos a un ritmo vertiginoso de un 2,7 % anual entre 1980 y 1997. Los países occidentales siguen aumentando lentamente la producción debido al estancamiento de la población y a las nuevas tecnologías en ahorro energético en equipos de uso industrial y comercial.

Se espera que el porcentaje de participación de las fuentes fósiles en la producción de electricidad se mantenga para dar paso previsiblemente a fuentes renovables en un mediano plazo, con cada vez menos probabilidades para la energía nuclear debido al rechazo social y las grandes inversiones necesarias y por otro el daño a la salud humana y al medio ambiente.

Cuba, al igual que la mayoría de los países, carece de recursos energéticos y satisface la mayor parte de sus necesidades para el transporte, la transformación y en menor medida para la producción de electricidad con la importación de combustibles fósiles. El sector con más consumo energético es el residencial, con el 51,96 % del consumo eléctrico nacional.

En Cuba se han producido cambios radicales en determinados conceptos relacionados con el Sistema Electroenergético Nacional que han conllevado a una verdadera revolución en el terreno de la producción, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Estos cambios se deben al incremento de la demanda, fundamentalmente en el sector residencial con la incorporación de nuevas cargas, por lo que es necesario el estudio en los circuitos de distribución residenciales en las nuevas condiciones de explotación.

A pesar de que existen estudios de las cargas eléctricas del sector residencial, estos solos se concretan en mediciones puntuales de la demanda sin embargo no se ha hecho hincapié en la energía como variable que implica además otros elementos termoenergéticos. En este caso se podrían mencionar el calentamiento del agua, la cocción de diferentes alimentos, el desempeño energético de los refrigeradores, entre otras cargas de importancia presentes en el hogar. Existe además un conjunto de instrumentos modernos que se pueden poner a disposición de estudios más profundos de las cargas en aras de llegar a identificar regularidades entorno al consumo eléctrico. Por otra parte los circuitos eléctricos residenciales están caracterizados no solo por las cargas presentes, si no por componentes socioeconómicos que caracterizan la vida en el hogar, lo cual estructura el comportamiento de los consumos de electricidad. Estos elementos no han sido interrelacionados en la literatura y propician un antecedente para el perfeccionamiento de los métodos de pronóstico energéticos. Por todo lo planteado anteriormente se declara como **problema** de la investigación el siguiente:

El insuficiente conocimiento del comportamiento energético de las cargas eléctricas del sector residencial en Cuba, no favorece la toma de decisiones en el hogar en aras de incrementar la cultura energética para favorecer el ahorro energético.

Objeto de estudio:

Cargas Eléctricas del Sector Residencial

Campo de acción:

Patrones de comportamiento de las cargas eléctricas y su incidencia en la estructura del consumo de electricidad.

Objetivo General:

Realizar un estudio de la demanda y el consumo de las cargas eléctricas en el sector residencial.

Objetivos Específicos:

- Identificar los patrones de comportamiento de las principales cargas eléctricas residenciales facilitando la información oportuna para el incremento de la cultura energética.
- Analizar los aspectos socioeconómicos vinculados a las roturas de los equipos electrodomésticos del hogar mediante un caso de estudio.
- Determinar el modelo de comportamiento de la estructura de la facturación eléctrica de un grupo de rutas del servicio eléctrico.

Hipótesis:

Si se realiza un estudio de las cargas eléctricas del sector residencial en Cuba, se puede obtener información oportuna que facilite la toma de decisiones ante las diferentes condiciones de explotación de los equipos electrodomésticos en las actuales condiciones de crecimiento del consumo.

Tareas de la investigación:

- Análisis bibliográfico.
- Levantamiento y procesamiento de las informaciones relacionadas con el consumo de energía y las cargas que caracterizan los circuitos de distribución.
- Estudio de las particularidades de las cargas eléctricas residenciales: pruebas experimentales.
- Procesamiento de los datos.
- Análisis de los resultados.

- Preparación del Informe.

Métodos de Investigación

- Métodos de investigación empíricos para contribuir a la descripción y caracterización de las cargas eléctricas en el sector residencial y sus principales regularidades.
- Métodos de compilación de conocimientos mediante entrevistas, revisión de bibliografía, y búsqueda informaciones en la Empresa Eléctrica para la sistematización del conjunto de conocimientos relacionadas con el objeto de estudio.
- Métodos de las matemáticas, específicamente los que se derivan del uso de los análisis de regresión y el tratamiento de datos para la evaluación computacional de diferentes estados de las cargas eléctricas y la obtención del modelo matemático de la estructura porcentual de la factura eléctrica.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO 1. Antecedentes y estado actual de las cargas eléctricas en el sector residencial en Cuba

1.1. Introducción

En este capítulo se abordarán los trabajos precedentes sobre investigaciones similares. Se abordan temas relacionados con la estructura de los circuitos eléctricos de distribución secundaria, así como aspectos de la Revolución Energética en el sector residencial. Se mencionan las principales características del Sistema Electroenergético Nacional así como las particularidades de los diferentes programas energéticos a nivel de país. Los comentarios reflejan el trabajo integral necesario para poder aprovechar las potencialidades en el uso de energías alternativas y el uso de equipos eficientes que mejoren los indicadores energéticos. Se relacionan los métodos de las mediciones empleadas y las características de la instrumentación utilizada. El objetivo del capítulo es actualizar sobre los temas técnicos y socioeconómicos más relacionados con el uso de energía eléctrica en las viviendas.

1.2. Trabajos precedentes

Por trabajos precedentes se puede apreciar en la figura 1.1 la estructura que brinda la Generación Eléctrica en Cuba, donde se observa de forma porcentual el aporte de la generación de electricidad de las distintas fuentes productoras. Se observa que el mayor por ciento de la generación eléctrica es producido por termoeléctricas, que para su funcionamiento necesitan fundamentalmente el petróleo. Actualmente se está desarrollando otras maneras de producir electricidad que sean menos costosa para el país y que no contaminen el medio ambiente. Por ejemplo en el territorio cubano, con un poco más de 110 mil kilómetros cuadrados (sin contar los mares adyacentes), se recibe una radiación solar equivalente a 50 millones de toneladas de petróleo cada día. O sea, la radiación solar que recibe Cuba, en un solo día, es mucho mayor, en su valor energético, que todo el petróleo que se consume durante cinco años.

Dicho de otra forma: en Cuba se recibe 1 800 veces más energía solar que el petróleo que consume, es ahí la importancia de explotar esta fuente inagotable y otras más, menos contaminantes y más económicas para cualquier país.

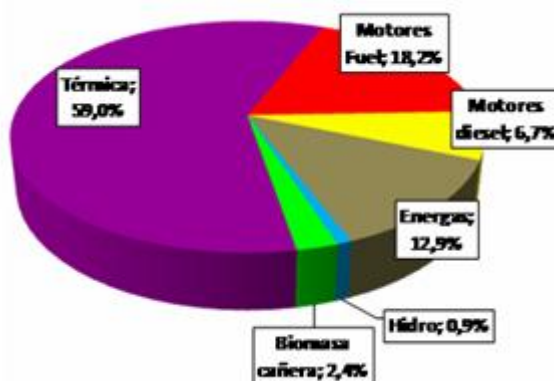


Fig.1.1 Estructura de la generación eléctrica en Cuba

En la siguiente tabla se muestran los valores de la generación actual, la demanda máxima, el porcentaje de insumos, las pérdidas totales, de transmisión y de distribución, así como el porcentaje de la electrificación y el número de clientes residenciales.

Tabla1.1 Comportamiento de las características actuales del SEN

Generación Anual	16 mil 900 GWh
Máxima Demanda	2 mil 950 MW
% Insumos	6,1 %
% Pérdidas Totales	17,4 %
% Pérdidas Transmisión	5,8 %
% Pérdidas Distribución	14,0 %
% Electrificación	98 %
Clientes Residenciales	3,4 Millones

Una de las variables más difíciles de definir a la hora de llevar a cabo cualquier estudio en las redes de distribución, es sin dudas el comportamiento de las cargas, entre las que se encuentran las del sector residencial, que se compone de elementos de consumos moderados o reducidos como equipos electrónicos, de iluminación eficiente, etc, y equipos con demandas elevadas como los de calor empleados en la elaboración de los alimentos; estos últimos son los que lógicamente tienen mayor influencia en el

gráfico de carga. Por todos estos cambios realizados en las cargas del sector residencial cubano, el sector con más consumo energético es el residencial. Debido a la alta proporción de los equipos resistivos en la carga total, es evidente esperar un alto factor de potencia durante el horario en que estos tienen la mayor probabilidad de operar, o sea durante el horario diurno. El factor de potencia es alto a las horas de cocción de alimentos y más bajo durante los demás horarios. El consumo de potencia reactiva aumenta con la iluminación.

Conocer el comportamiento en cada momento de las variables eléctricas permite a los usuarios y a las empresas distribuidoras tomar medidas efectivas a tiempo. Para un comportamiento horario es prácticamente obligatorio analizar mediciones en instalaciones ya existentes estudiando, además, la composición de los receptores asociados. Los gráficos de carga del sector residencial se caracterizan por una elevada demanda en las primeras horas de la noche cuando la mayor parte de la familia regresa al hogar y se intensifica el uso de los equipos electrodomésticos.

La estructura que presenta hoy en día el comportamiento del consumo de la energía eléctrica en el sector residencial se muestra en la figura 1.2.

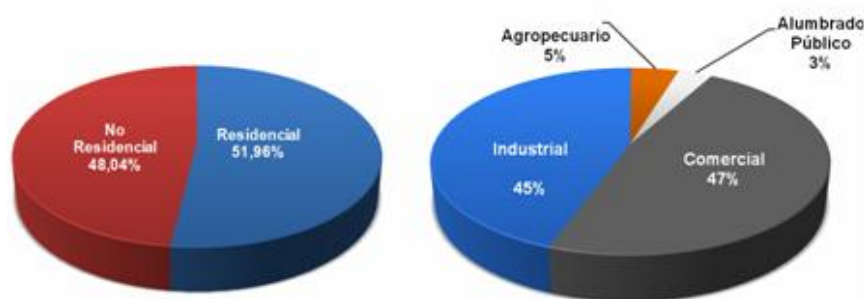


Fig.1.2 Estructuras de los consumos de energía en Cuba

Dentro del sector residencial, los refrigeradores constituyen uno de los principales consumidores, aumentando su peso en los países de menor desarrollo económico. En los Estados Unidos, los refrigeradores domésticos representan 7 % del consumo de electricidad, equivalente a toda la producción de las centrales nucleares instaladas en

ese país. En Brasil, 33 % del consumo de electricidad en el sector residencial corresponde a los refrigeradores domésticos y en Nicaragua el 39 %.

Rodríguez en el 2009 [6] plantea que el estudio de los circuitos de distribución reviste una gran importancia debido a que en ellos se concentran los usuarios finales de la energía eléctrica. A partir de que los dispositivos de protección y medición NU-LEC instalados en los sistemas de distribución eléctrica, se aprovecha esta facilidad como base para presentar los resultados de la investigación. Se describe las particularidades del circuito # 21 del municipio de Moa, partiendo de: las características de las cargas eléctricas, el comportamiento del consumo de un edificio multifamiliar. También se establecieron las curvas características de la demanda por cada uno de los días de la semana, teniendo en cuenta el horario de verano e invierno. Se determinan las pérdidas por desequilibrio hasta los primeros transformadores de cada una de las fases. Se presenta un modelo de predicción de la demanda basado en Redes Neuronales Artificiales con un ajuste de más del 90% para todos los meses del año. A pesar de todos estos resultados no se aprecian los comportamientos energéticos de los equipos electrodomésticos de forma individual.

Rodríguez en el 2010 [7] realizó un estudio en un circuito secundario de distribución urbana, específicamente el MB62 perteneciente al municipio de Mayarí. Se realizó un levantamiento de la carga instalada y al mismo tiempo se aplicó una encuesta para conocer el tiempo de utilización de las mismas pero no se hizo un análisis profundo del consumo energético de las nuevas cargas en el sector residencial. A partir de estos elementos se estimó el consumo de energía corroborando este comportamiento con los datos reales de las facturaciones de los 81 clientes residenciales. Se tomaron algunas referencias del circuito primario que alimentan al secundario seleccionado. Se estructuró por los niveles de consumo promedio a los clientes para todo un año característico, resultando que el 82% consumen hasta 250 kWh mensual. Se realizaron mediciones con un analizador de redes y mediciones puntuales que permitieron principalmente caracterizar las variables tensión, el THD de voltaje, y los cambios en las restantes variables en nodos de una vivienda a partir del funcionamiento de diferentes familias de equipos pero no se realizaron mediciones de

las demandas ni los consumos de forma individual. Para complementar el estudio se comprobó los niveles de iluminación tomando tres viviendas como referencias demostrándose la dependencia de la eficiencia de los factores constructivos. Se realiza una propuesta de mejoras del circuito secundario, basada en lo fundamental en su división, esto permite además, reducir las caídas de tensión y mejoras en cuanto a elementos constructivos y tecnológicos.

López en el 2011 [4] realizó un estudio dirigido al análisis de los circuitos eléctricos urbanos de distribución primaria, donde se tiene en cuenta sus características estructurales y el comportamiento de la demanda pero no se realizaron los estudios en los circuitos de distribución secundaria. Se presenta la propuesta de un procedimiento que facilita el manejo de las informaciones comerciales y de explotación de estos sistemas con énfasis en la demanda. Se selecciona un circuito de distribución como caso de estudio para implementar el procedimiento. En el trabajo aparece un estudio en detalles del comportamiento de los consumos del sector residencial, tomando como base los datos de la facturaciones y su interrelación con las rutas y transformadores secundarios, pero no se realizaron mediciones en el nodo de la vivienda para determinar el comportamiento de los consumos y las demandas de los diferentes equipos existentes en el hogar. Se establecen los gráficos de carga característicos para los días de la semana, no solo en el circuito analizado, sino también en el nodo principal del transformador de fuerza del sistema. Se determinó la estructura general del consumo del circuito destacándose el sector residencial con un 64 % de incidencia. Fue caracterizado el comportamiento de las principales variables eléctricas para valores promedio de todo un año característico.

En el séptimo taller Internacional de la Energía y Medio Ambiente (2012) [6] se abordó el tema de los Índices energéticos para la vivienda de bajos recursos en Mexicali, Baja California, México donde se analizó el comportamiento energético de siete tipologías representativas de la vivienda de interés social construidas. El interés de este trabajo está más centrado en el efecto de los factores constructivos en la energética de las viviendas debido al alto impacto en el consumo que tiene la climatización.

Para estos estudios el área acondicionada varió desde 39 m² hasta 99 m² y en todos los casos consistió de una sola planta sencilla. La muestra se seleccionó de esta manera debido a los requerimientos establecidos por el gobierno del Estado para promover e implementar acciones específicas de ahorro y uso eficiente de la energía con apoyo gubernamental así como la obtención de confort de sus habitantes. Las principales acciones consideradas fueron: aislamiento térmico en muros y techo, cubierta reflectiva en techo, sustitución de unidades de aire acondicionado por la capacidad adecuada, sustitución de refrigeradores. Así mismo se instalaron sistemas de monitoreo del consumo y comportamiento energético de viviendas seleccionadas para dar seguimiento a las medidas adoptadas. Los resultados mostrados corresponden a una muestra de ochenta y dos viviendas agrupadas por tipología de una muestra total de seiscientos usuarios residenciales de bajos ingresos. El estudio sienta las bases para implementar políticas energéticas de apoyo al ahorro y uso eficiente de la energía para el sector residencial.

En el 2008 el MINBAS realizó una exposición de los resultados de la Revolución Energética en Cuba. Todos estos programas se realizaron sin hacer un estudio profundo de las incidencias de las nuevas cargas eléctricas en relación a la eficiencia energética de los propios equipos para las condiciones de Cuba, es por ello la necesidad de realizar una investigación donde se profundice los estudios del comportamiento de los consumos y las demandas de las nuevas cargas que existen en estos momentos en los hogares cubanos.

Varios son los trabajos que se han realizados entorno al tema del consumo de energía en el sector residencial, no obstante los resultados en su mayoría se han dirigido a las respuesta generales de los circuitos eléctricos residenciales tanto primarios como secundarios. En el caso de los comportamientos individuales de los equipos electrodomésticos no se han estudiado lo suficiente como para conocer los patrones que identifiquen la operación de los mismos.

1.2.1. Comportamiento de los equipos en Standby

En el séptimo taller Internacional de Energía y Medio Ambiente celebrado en Cienfuegos en el año 2012 se presenta el trabajo óSutiles pérdidas de potencia,

cuantiosas pérdidas de energía del autor Enrique Arturo Padrón. El artículo tiene como objetivo mostrar los consumos de energía en modo Standby de un grupo de electrodomésticos en distintas condiciones de trabajo. Las mediciones se efectuaron con un instrumento digital de alta sensibilidad que permite leer potencias del orden de los mW y cuantifica la energía consumida.

Las mediciones se realizaron con un instrumento digital monofásico modelo P4400 Kill A WATTTM mostrado en la figura 1.3 y registra los siguientes parámetros de tensión, intensidad, potencia activa, potencia aparente, factor de potencia, frecuencia, energía activa y tiempo de conexión.



Fig. 1.3 Instrumento para medir consumo de energía en equipos para estados de Standby

Es una preocupación mundial los incrementos de la cantidad de equipos trabajando en Standby, con el consiguiente incremento de los consumos de energía por este concepto. En consecuencia a esto algunos países han normalizados dichos consumos con las respectivas restricciones para la producción y para la importación de aparatos electrónicos. Entonces las nuevas tecnologías se han puesto en función de disminuir los consumos de energía eléctrica en modo Standby.

Tabla 1.2 Potencia y energía de algunos equipos en modo Standby

Equipo	Potencia act consumida (W)	Energía Act diaria (Wh)	Energía Act mensual (kWh)
TV, CRT, m arca ATEC, 21 pulg	6,4	153	4,6
TV, LCD Led M arca LG , 32	1	24	0,7
Video, VHS	12	290	8,5
Teléfono Inalám brico.	8,7	208	6,24
DVD	15	360	10,8
Horno Microwave	14,5	348	10,4
Estabilizadores de tensión	15,7	376	11,3
Cargador de celular	5,1	122	3,6
M onitor LCD Led , 24	6,9	165	4,9
M onitor CRT 14	10	240	7,2

Si las fuentes primarias de energía más utilizadas no fueran agotables y no contaminaran al medio ambiente, estos sutiles consumos de potencia no fueran una preocupación mundial. La situación es extremadamente alarmante cuando se tienen en cuenta los incrementos vertiginosos de consumos de energía a partir de los combustibles fósiles con la consecuente degradación del medio ambiente.

Tabla 1.3 Consumos en modo Standby de las distintas tecnologías de TV

Standby pasivo promedio	2001(W)	2002W)	2003W)	2004W)	2005W)	2006W)	2007W)	2009W)	2010W)
CRT	6,1	5,2	5,9	4,2	3,5	3,4	3,4	3,5	3,0
LCD		4,9	5,1	4,0	3,2	1,9	1,2	1,3	1
Plasma	1,3		2,4	2,4	2,3	1,4	1,5	1,4	1,4

En Australia, el *National Appliance and Equipment Energy Efficiency Program* realizó un estudio a una muestra de 88 equipos receptores de televisión de cada tecnología que se encontraban en el mercado en el año 2006, abarcando una amplia gama de fabricantes. Los resultados se muestran en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Consumos en modo Standby de distintas tecnologías de TV

Tecnología	Valores Promedio (W)	Valores M áximos (W)	Valores M ínimos (W)
CRT	3,4	9,2	0,5
LCD	1,5	18,4	0,2
Plasma	1,4	3,2	0,1

Es apreciable el margen de variación en cuanto a los valores máximos y mínimos, sobre todo en las tecnologías CRT y LCD lo cual es lógico por ser dichas tecnologías las que mayor variedad de fabricantes presentan. En la tabla 1.5 se detallan los límites obligatorios de consumo en modo Standby en algunos etiquetados voluntarios (última etapa).

Tabla 1.5 Límites obligatorios de consumo en modo Standby

Etiquetado	Consumo en modo Standby .
Eco Label - Europa	< 1 W
Energy Star	< 1 W
E F M P , Calif o r n i a	< 3 W
The Europe a n Industry	< 1 W
Association for Inform ation	
System , com m unica tion	
Technologies and	
consum er electronics.	
(EICTA)	
Code of conduct on energy	< 1,5 W
e f f i c i e n c y o f D i g i t a l T V	
Service System s.	
e - standby - Corea	< 1 W

A pesar de que la potencia consumida por los equipos electrónicos en modo Standby es relativamente pequeña, si estos se mantienen conectados las 24 horas del día y los 30 días del mes, la factura de energía eléctrica, por este concepto, puede llegar a ser del orden del 20 % de la factura total. Existe una apreciable variación en cuanto a los consumos en modo Standby para los diferentes fabricantes de equipos receptores de TV. En los últimos doce años los fabricantes de equipos electrónicos han tenido una tendencia a disminuir los consumos en modo reposo y de hecho muchos países han restringido la importación y la producción de equipos electrónicos estableciendo límites máximos de consumo en modo Standby. En nuestro país la solución es desconectar el equipo de la red, inmediatamente que se termine el modo de consumo activo.

1.2.2. Revolución Energética en el sector residencial

En los antecedentes del consumo de la energía eléctrica en nuestro país, en el sector residencial existía gran cantidad de electrodomésticos ineficientes en los hogares cubanos, El 75% de la población cocinaba con *Queroseno*, con muchas dificultades para garantizar su disponibilidad a todas las familias del país.

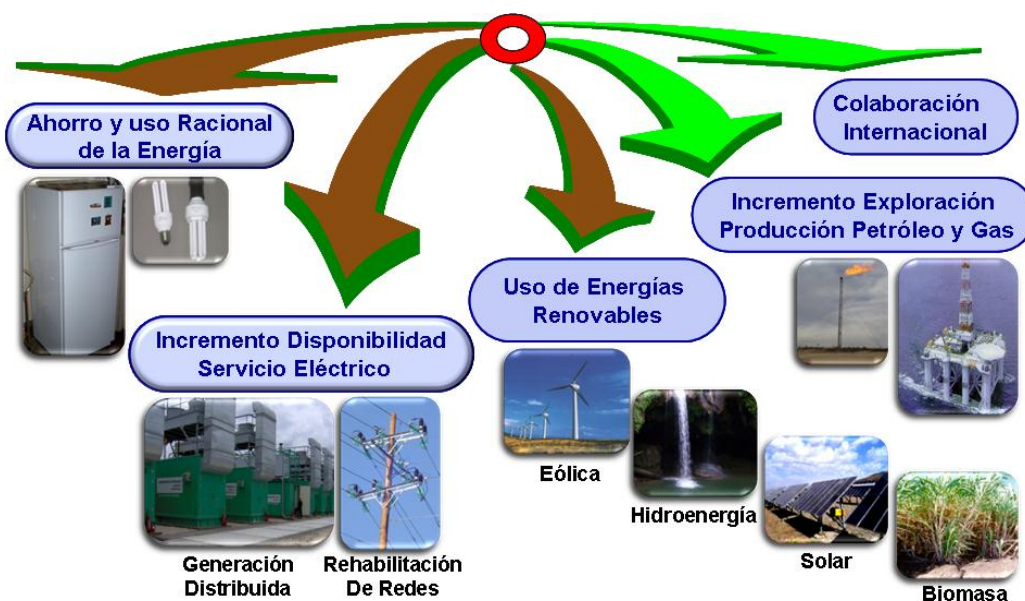


Fig.1.4 Programas de la Revolución Energética en Cuba

Entre las dificultades acumuladas se pueden mencionar como:

- Las tarifa eléctrica residencial que no estimulaba al ahorro, además de la insuficiente cultura de ahorro tanto en el sector residencial como en el estatal.
- El incremento de las afectaciones de los huracanes provocando grandes averías en las redes de transmisión.
- El crecimiento sostenido de los precios de los combustibles.
- El deterioro de las plantas productoras de electricidad.

Estas situaciones conllevaron a la puesta en práctica de nuevas concepciones que conformaron los Programas de la Revolución Energética (ver figura 1.4), bajo la premisa

de la reducción del consumo de combustible y el incremento de la generación con tecnologías más eficientes.

Una de las estrategias fundamentales en el terreno económico y social lo constituye la Revolución Energética. La Revolución energética en Cuba trajo varios cambios importantes para el mejoramiento y el ahorro de la energía eléctrica en nuestro país, uno de los ejemplos que lo demuestran fue el cambio de 9.4 millones de bombillos incandescentes por ahorradores (LFC) como lo muestra la figura 1.5.

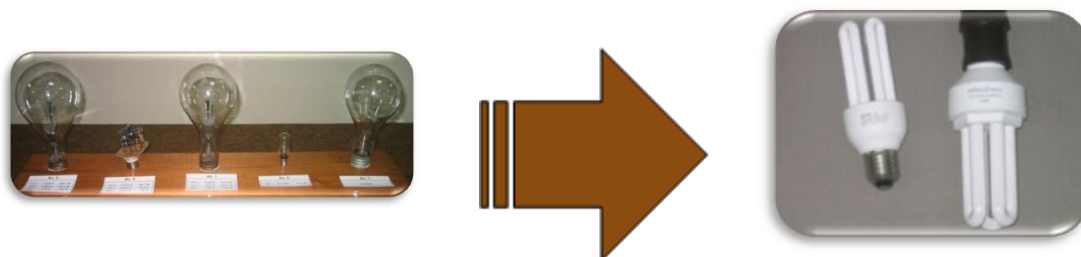


Fig.1.5 Cambio de bombillos incandescentes por ahorradores

Por cada millón de bombillos sustituidos la máxima demanda de los Sistemas se reduce en más de 25 MW. Otras de las acciones fue el cambio de 2 mil 500 bombas ineficientes en acueductos, la ejecución de 3152 supervisiones energéticas, la planificación del consumo de electricidad según índices de consumo, la reducción del consumo de electricidad en iluminación por cambio de 800 mil lámparas de 40 W T-12 con balastro electromagnético por lámparas tubulares T-8 de 32 W con balastro electrónico y reflector especular. Una imagen de referencia se aprecia en la figura 1.6



Fig.1.6 Cambio de lámparas de 40 W por lámparas de 32 W

Estos cambios de lámparas permiten ahorrar desde un 40 hasta el 60% de electricidad manteniendo o mejorando el nivel de iluminación.

Otro elemento de importancia constituye el cambio de 4.4 millones de electrodomésticos ineficientes como lo demuestra la figura 1.7.



Fig.1.7 Imagen del programa de ahorro y uso racional de la energía: cambio de equipos ineficientes

La sustitución de la cocción de queroseno por electricidad en el 75 % de la población, y la modificación de la tarifa eléctrica como lo muestra la figura 1.8 han provocado ajustes en el esquema energético residencial.

ANTERIOR	RANGOS DE CONSUMO	ACTUAL	ANTERIOR	RANGOS DE CONSUMO	ACTUAL
0,30	Mayor de 300	1,30	1,30	Mayor de 5000	5,00
0,20	De 251 a 300	0,80		De 1001 a 5000	3,00
0,20	De 201 a 250	0,60		De 501 a 1000	2,00
0,20	De 151 a 200	0,40		De 351 a 500	1,80
0,20	De 101 a 150	0,30		De 301 a 350	1,50
0,09	De 0 a 100	0,09			
PESOS POR KWH	KWH	PESOS POR KWH	PESOS POR KWH	KWH	PESOS POR KWH

Fig.1.8 Tarifa eléctrica anterior y actual

Otros de los cambios realizados por la Revolución Energética fue la instalación de 2 mil 400 MW eliminándose los apagones en mayo del 2006. Se incrementó la eficiencia de la generación en un 25 % y se disminuyó las pérdidas de energía en la transmisión en un 9,2%. Algo positivo constituye la generación en microsisistemas aislados ante afectaciones de huracanes lo cual garantiza la invulnerabilidad ante estos fenómenos. De forma general hasta abril del 2012 se ejecutaron más de 580 000 acciones de mejoras en la redes de distribución que contribuyeron a disminuir las pérdidas de energía en un 13% (ver figura 1.9).

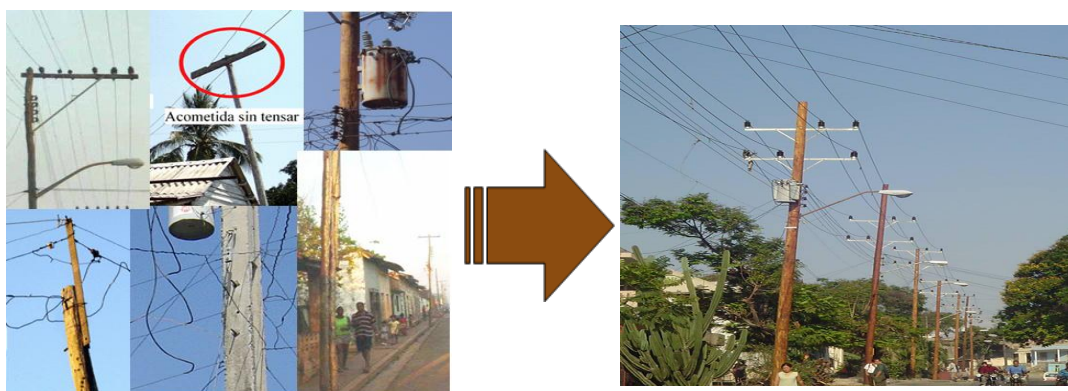


Fig.1.9 Mejoras en las redes de distribución

Dentro de las acciones de mejoras en la redes se encuentran la sustitución de 215 000 postes, cambio de 6115 km de calibre primario, 1 771 000 acometidas, cambio de 33700 circuitos secundarios y el cambio de un 1 897 000 mil metros contadores como lo demuestra la figura 1.10. Los cambios en los contadores mejoran la precisión en la medición y disminuyen la energía interna que consumían los contadores electromecánicos.

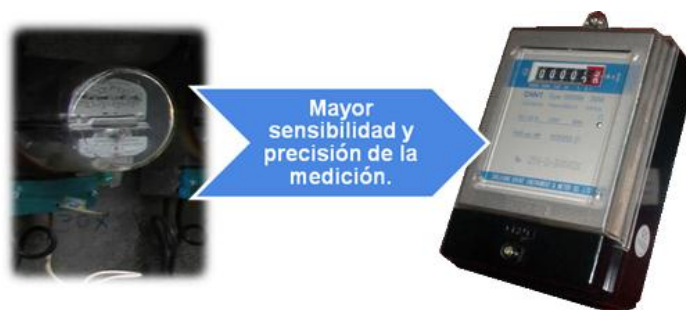


Fig.1.10 Cambio de los metrocontadores electromecánicos por electrónicos

En la tabla 1.5 se muestra algunos de los equipos cambiados por la Revolución Energética en el sector residencial. Es válido señalar que en el 2005 se emitió la *resolución 190* que prohíbe la importación de las lámparas incandescentes.

Tabla 1.5 Cambios de algunos equipos efectuados por la Revolución Energética

Equipos	Cantidad Sustituida
Refrigeradores	2,6 millones
Aires Acondicionados	230 mil
Ventiladores	1,0 millón
Televisores	247 mil
Motobombas	260 mil

Como resultado del programa del uso de las fuentes renovables de energía se pueden mencionar las siguientes acciones:

Instalación de 11,25 MW en tres parques eólicos de prueba.

- Confección del mapa de potencial eólico con 1180 MW comprobados.
- Se han Instalados 65 MW distribuidos en 181 minihidroeléctricas.
- Se han Instalados 8111 sistemas fotovoltaicos y más de 8 mil calentadores solares.
- Instalación de 478,5 MW en la industria azucarera.

En nuestro país el programa del uso racional de la energía eléctrica trajo consigo la sustitución de la cocción con queroseno por electricidad, como consecuencia se introdujeron nuevas cargas eléctricas en el sector residencial como se menciona a continuación:

- 2.6 millones de refrigeradores.
- 230 000 acondicionadores de aire
- Un millón de ventiladores.
- 247 000 ventiladores.

- 260 mil motobombas
- 3.5 millones de ollas arroceras
- 3.2 millones de ollas multipropósitos
- 3.2 millones de hornillas eléctricas
- Tres millones de calentadores
- 3.6 millones de set embaces eficientes para la cocina.

1.3. Estructuras de los circuitos de distribución secundaria en viviendas independientes

Los circuitos de distribución secundaria para el sector residencial están compuestos por transformadores monofásicos cuyas capacidades son de 10; 15; 25; 37,5; 50; 75 y 100 kVA. El calibre de los conductores de circuitos secundarios soterrado en el tronco es de Cu # 3/0 y 2/0 del tipo ACSR 70mm² y Cu #2 del tipo AAAC78 mm². En los extremos de los circuitos secundarios el cableado soterrados es de Cu #1/0; #2 y #4 del tipo ACSR 35 mm²; ACSR70 mm²; AAAC78 mm²; AAC55 mm² y AAC85 mm².

En el caso de los conductores de circuitos secundarios aéreos, en el tronco del circuito es de Cu #1/0 del tipo ACSR 70mm² y Cu #2 del tipo AAAC78 mm² y en los extremos es de Cu #2 y Cu #4 del tipo ACSR35 mm²; ACSR70 mm²; AAAC78 mm²; AAC55 mm² y AAC85 mm².

En los circuitos de distribución se emplean dispositivos de protección para proteger al contador como es el caso del uso de Breakers de 32 A que en realidad este nivel de amperaje varía en dependencia de la carga instalada. Se emplean aisladores de polea de 600V, el esquema de conexión que se emplea en los transformadores de distribución residencial y alumbrado público es la conexión monofásica. El calibre del cable que llega al contador en la parte aérea generalmente el usado es el de calibre 8 y en los edificios multifamiliares calibre 6 y pueden ser de cobre o aluminio.

Las grampas empleadas es la UDC puede ser de tipo A; B; C; D en el sector residencial. El contador usado hasta el momento en la parte de distribución residencial es el contador monofásico de 110 V y 220V y de rango de corriente entre 10-40 A.

Las características de diseño anteriores comprenden las generalidades de los sistemas de distribución hasta llegar a las acometidas de cada cliente. Después de los contadores es frecuente que en las viviendas independientes se utilicen cableado de diferentes características sin embargo en los edificios multifamiliares existe uniformidad en este aspecto. No obstante hay que destacar que por ejemplo los edificios multifamiliares de apenas 6 años atrás, se diseñaron sin tener en cuenta el incremento en la demanda que se experimentó después de la entrega de electrodomésticos en el marco de la Revolución Energética.

Cuando se analiza las cargas residenciales, siguiendo la clasificación según el régimen de carga se tiene que:

1. **Régimen continuo:** Es muy difícil que exista en el hogar cargas de régimen continuo, pudiera ser alguna luminaria en lugares muy oscuros de una vivienda, o los equipos que se mantienen en Standby, que a pesar de que consumen poco en este estado, el efecto de esta continuidad se ve reflejado en la facturación.
2. **Régimen temporal:** Existen equipos que se emplean temporalmente en el hogar y que durante su uso mantienen una demanda constante en dependencia del régimen de operación seleccionado entre ellos, los ventiladores, las hormillas eléctricas, las batidoras, las lavadoras, los equipos de audio y video y la olla arrocera.
3. **Régimen intermitente:** Son equipo que cuando se emplean existen controles que al cumplirse determinadas condiciones de operación desconectan el equipo de la red a pesar de que se continúen utilizando, en este caso se pueden mencionar el refrigerador, la olla de presión eléctrica, la plancha y el acondicionador de aire.

Los gráficos deben reflejar estos tipos de comportamiento de la carga en dependencia del equipo seleccionado. En la presente investigación se midieron la demanda características de cada equipo y además las curvas de carga durante regímenes de funcionamiento en condiciones normales de operación. Los gráficos de carga que se presentaran en este trabajo son continuos e intermitentes. En la figura 1.11 se puede apreciar los dos tipos de gráficos de carga fundamentales, en forma de línea y en forma escalonada.

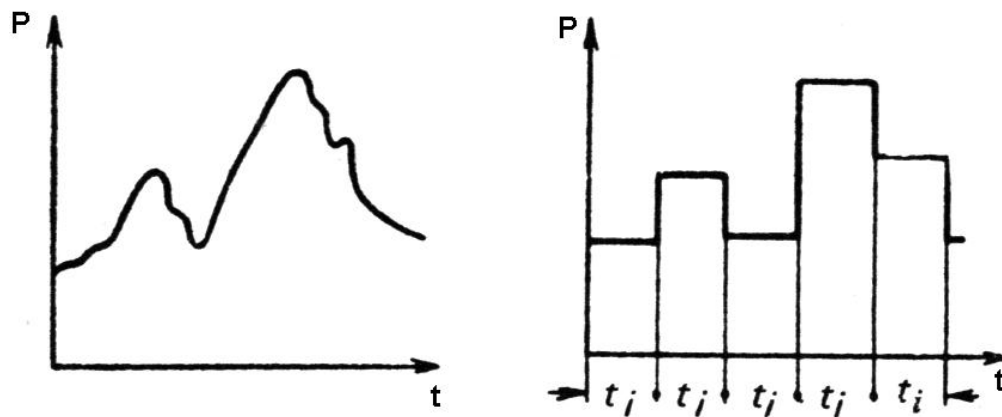


Fig.1.11 Ejemplo de gráficos de cargas características

Al igual que en los sistemas industriales en las viviendas pueden ocurrir demandas prolongadas como las que se manifiestan en los horarios de cocción de alimentos. En estos horarios las demandas prolongadas pueden superar los 20 minutos. Las demandas prolongadas pueden ocurrir de forma individual en algunos equipos como por ejemplo los refrigeradores cuando en el horario que no se abre su puerta pueden aparecer tiempos de conexión entre 12 y 20 minutos.

Para equipos individuales como las ollas de presión eléctrica se pueden manifestar demandas de corta duración entre 40 y 60 segundos.

1.4. Principio de las mediciones eléctricas que favorecen los estudios de cargas eléctricas

En nuestros días es muy necesaria la medición de la potencia y la energía activa pues dicho ahorro se puede lograr a través de ajustes que permitan el control y de la optimización de los equipos y aparatos que intervienen en los procesos de consumo de electricidad. Es importante conocer los principios de las mediciones eléctricas debido a los fenómenos físicos relacionados. Por ejemplo, la medición de corriente se basa en los fenómenos electromagnéticos y la medición de tensión en los fenómenos electrostáticos.

Las mediciones se clasifican de acuerdo con:

- La forma en que se obtienen los resultados (directas o indirectas).
- La precisión de los resultados (técnicos, de control y de alta precisión)

Las mediciones directas son aquellas en las que el valor de la magnitud investigada se obtiene por evaluación directa a partir de datos experimentales. Como ejemplo de estas mediciones se pueden citar las siguientes: medición de la corriente con el amperímetro; medición de la tensión con el voltímetro; medición de la potencia con el wattímetro; etcétera.

Las mediciones indirectas son aquellas en las que el valor de la magnitud investigada se obtiene sobre la base de dependencias conocidas, entre dicha magnitud y las sometidas a mediciones directas. Como ejemplos de estas mediciones indirectas se puede citar las siguientes: medición de la resistencia eléctrica sobre la base de las mediciones de tensión y corriente; medición de la potencia en los circuitos de CD sobre la base de los resultados de las mediciones de la tensión aplicada y de la corriente que circula por el circuito. Es importante plantear que a veces resulta más fácil obtener el valor de una magnitud física por medio de las mediciones indirectas, que por las directas.

Para medir tensión se conecta el voltímetro o el potenciómetro entre los puntos donde se desea medir la diferencia de potencial. En los voltímetros, excepto el electrostático que transforma la tensión en corriente y esta última a su vez se transforma en derivación. La corriente que circula por el voltímetro es directamente proporcional a la tensión sometida a medición e inversamente proporcional a la impedancia interna de este instrumento más se carga el circuito donde se conecta. En la figura 1.12. se muestra la forma de medir tensión de forma directa.

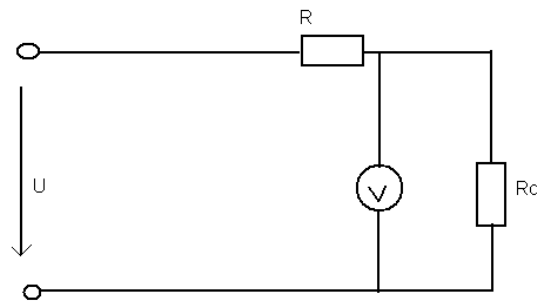


Fig.1.12 Forma de medir la tensión

Para medir corriente con el amperímetro, este se conecta en la rama donde se necesita realizar la medición, lo cual provoca variaciones en el circuito, que en algunos casos se conecta en serie con el objeto al cual se le mide la corriente; por esta razón la corriente que circula por él no depende de su impedancia interna y el resultado de la medición no se afecta por las variaciones de frecuencia y temperatura. Si el amperímetro tiene shunt, entonces el resultado de la medición si es afectado por las variaciones de la temperatura. En la siguiente figura 1.12 se muestra el modo de conexión para medir corriente.

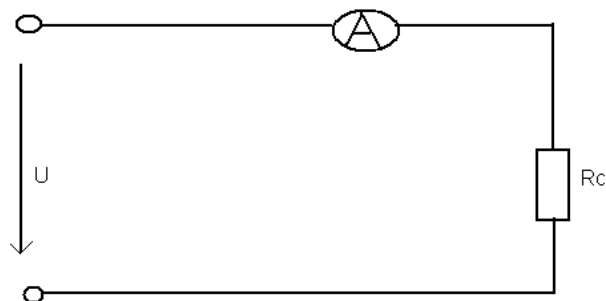


Fig.1.13 Forma de medir la corriente

Medición de potencia activa en los circuitos monofásicos

Cuando se mide la potencia en los circuitos de CA con wattímetro electrodinámico, además de los errores aparece el error de fase debido al desfase en la bobina voltimétrica, entre la tensión aplicada y la corriente que circula por ella. Para analizar este error se utiliza un esquema simplificado para medir potencia en los circuitos de CA

(sin voltímetro ni amperímetro) y, además, no se considera el consumo de las bobinas por lo tanto es válido para cualquier variante como se muestra en la figura 1.14.

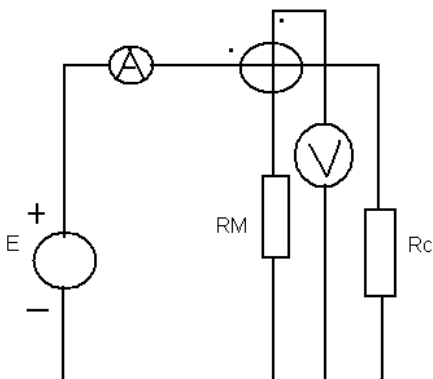


Fig.1.14 Medición de potencia en los circuitos de CA

Medición de energía

Los contadores de inducción monofásica son los instrumentos destinados a medir la energía en los circuitos monofásicos. La energía consumida o entregada (W) en un intervalo de tiempo desde t_1 a t_2 está dada por:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt; \quad (1.1)$$

O sea, que los contadores deben realizar esta integración, para lo cual el momento giratorio de ellos debe ser proporcional a la potencia y a la integral de esta magnitud en el tiempo.

Los contadores se construyen sobre la base de los mecanismos de inducción; la proporcionalidad entre el momento giratorio y la potencia se logra conectando la bobina del electroimán (1) en paralelo con la carga (bobina voltimétrica) y la del electroimán (2) en serie (bobina amperimétrica). La velocidad angular de la parte móvil de ellos es proporcional al momento giratorio. Por eso, en el contador la velocidad es proporcional a la potencia en la carga y, por consiguiente, el número de revoluciones de la parte

móvil del instrumento en un intervalo de tiempo es proporcional a la energía consumida o entregada en ese intervalo.

1.4.1. Instrumentación utilizada durante la investigación

Los equipos electrónicos de medición permiten mejorar la sensibilidad de las mediciones. En la actualidad estos equipos electrónicos han perfeccionado sus funciones al incorporar la electrónica digital favoreciendo la presentación de resultados más exactos, además de la posibilidad de enviar los resultados obtenidos hacia las computadoras.

Como parte de un crédito recibido de la República Popular China, el Ministerio de Educación Superior actualizó los laboratorios de la disciplinas de circuito eléctrico en todas la universidades cubanas. Estas mejoras han favorecido al desarrollo de investigaciones curriculares. Dentro de la gama de equipos adquiridos se encuentran los amperímetros de gancho UT-232 y los multímetro de mesa UT-804.

Amperímetro de gancho UT-232:

A continuación se mostrarán las principales características del instrumento de medición UT-804 utilizado en la investigación de este trabajo. Como se sabe este instrumento solo mide los parámetros en CA. Se enunciarán solamente las características de los parámetros eléctricos que fueron medidos por este equipo.

- El rango de medición para medir corriente en CA es de 0-1000 A RMS con una resolución de 0,1A y una exactitud de $\pm (2 \%+5)$.
- El rango de medición para medir voltaje en CA es de 0-600V con una resolución de 0,1 V y una exactitud de $\pm (1,2 \%+5)$.
- El rango para medir frecuencia es de 0-500 Hz con una resolución de 1 Hz y una exactitud de $\pm (0,5\%+5)$.
- El rango para medir Potencia activa es de 0-600 kW con una resolución de 0,01 kW para valores 1000kW y 0,1kW para valores 100kW con una exactitud de $\pm (0,3\%+5)$.

- El rango para medir Potencia aparente es de 0-600 kVar con una resolución de 0,01 kVar para valores ≥ 1000 kVar y 0,1 kVar para valores ≤ 100 kVar con una exactitud de $\pm (4\%+5)$.
- El rango para medir Energía eléctrica es de 1-9999kWh con una resolución de 0,001kWh y una exactitud de $\pm (3\%+2)$.



Fig. 1.15 Amperímetro de gancho UT-232

Multímetro de mesa UT-804:

A continuación se mostrarán las principales características del instrumento de medición UT-804 utilizado en la investigación de este trabajo. Se enunciarán solamente las características de los parámetros eléctricos que fueron medidos por este equipo.

- El rango de medición para medir corriente en CD es de 0-10 A con una resolución de 0,001A y una exactitud de $\pm (0,5 \%+30)$ y para el caso de la medición de corriente en CA el rango de medición es de 0-10 A con una resolución de 0,001A con una exactitud de $\pm (5\%+40)$.
- El rango de medición para medir voltaje en CD es de 0-1000V con una resolución de 0,1 V y una exactitud de $\pm (0,1 \%+8)$ y para el caso de medición de voltaje en CA el rango de medición es el mismo pero con una resolución de 0,1V con una exactitud de $\pm (10\%+30)$.
- El rango para medir frecuencia es de 0-400MHz con una resolución de 0,001 MHz y una exactitud de $\pm (0,01\%+8)$.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO 2. Estudio de la potencia y la energía que caracterizan la utilización de las cargas eléctricas en el sector residencial

2.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados del estudio de la demanda y la energía de diferentes equipos que pueden existir en el hogar. También se apreciarán las pruebas realizadas en el consumo de la energía eléctrica de los equipos más consumidores de energía, observándose curvas de demanda, de energía e imágenes de los equipos a los cuales se les realizó la medición.

Todos estos experimentos se realizaron con el objetivo de que se tenga una idea más acertada de los valores en los cuales oscilan el comportamiento de la demanda y energía de los equipos electrodomésticos del hogar.

En este capítulo se toma una muestra representativa del consumo de energía eléctrica de 10 rutas del servicio eléctrico en Moa, constituida por viviendas independientes con lo cual se demuestra las regularidades de la estructuración de la facturación eléctrica. Se hace un análisis crítico de la situación de las reparaciones, precios y principales roturas de los equipos electrodomésticos del hogar reflejado mediante un caso de estudio. Aparecen ejemplos de cómo se puede modelar fenómenos termoenergéticos relacionados con el calentamiento de agua en el hogar, para mostrar las posibilidades de perfeccionar los análisis de estos fenómenos.

2.2. Comportamiento de las cargas eléctricas del sector residencial

El comportamiento de las cargas eléctrica en el sector residencial depende de múltiples factores, fundamentalmente del **tiempo de trabajo, las condiciones técnicas, la marca del equipo y las condiciones en que se utilizan**. Para tener una idea inicial de diferentes niveles de consumo de algunos equipos del hogar se seleccionó la vivienda del autor de este trabajo y se obtuvo una panorámica energética de los equipos existentes para las condiciones normales de operación. Los resultados se pueden apreciar en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Ejemplo de la demanda para diferentes equipos eléctricos residenciales

Equipos	Marca y Modelo	P _n (W)	Un(V)	P (W)	U (V)	I (A)
Hornilla eléctrica	LB-100f	1200	110	953.56	110.8	9.46
Olla arrocera	LIYA MG-TOP035	500	110	467.74	109.8	4.26
Olla de presión	YBD	800	110	680.31	110.8	6.14
Plancha	Philips TYPEHI 105/B	1000	127	740.35	110.5	6.70
Calentador		1000	110	924	110	8.40
Refrigerador	Haier SED8WNAWW	746	115-127	178.97	104.5	8.57
Ventilador	Hopeful FT-30E	40	110	38.46	105	0.370
Lavadora	Vince XP1358-998S	445	110	444.84	108.8	4.13
TV	Panda	85	85-240	87.02	112.7	0.78
DVD	Alllike DVD-3012	20	90-120	18.51	110	0.17
Microwave	coinso	1120	120	1039.8	110.5	9.41
Acondicionador de aire	Sanyo	1850	220	1842	225	9.30
Bombillos ahorrador	LIYA	15	110	14.25	112	0.14
Lámparas	T818W650K	20	110	19,83	110,5	0,204
Secador de pelo	Online	1250	110	1245	120	10.37
Licuada	Dayrton	450	110	443	115	4.38
Equipo de música	Sony	215	110	200	112.5	2.020

En los estudios realizados del comportamiento de la demanda del sector residencial los trabajos se han centrado en la definición de las curvas de comportamiento, fundamentalmente en el transformador de distribución. Sin embargo la demanda y el consumo energético la deciden las individualidades de cada una de las cargas en función de la simultaneidad que alcancen en los diferentes periodos del día.

Recientemente en el periódico Granma del 29 de Mayo de 2012 se plantea que durante los primeros 4 meses del presente año se observa un incremento sostenido de consumo de electricidad en el sector residencial, en el cual todas las provincias y el municipio especial Isla de la Juventud incumplen el plan acumulado para el periodo. De ahí el llamado a la población que hace la Dirección del Uso Racional de la Energía, de la Unión Eléctrica (UNE), de redoblar las medidas de ahorro en los hogares, sobre todo en el horario pico comprendido entre 6 y 8 de la noche.

La UNE reclama además especial atención en esta época del año, cuando se acercan los meses de verano y se incrementa el uso de equipos electrodomésticos, como ventiladores, refrigeradores y aires acondicionados.

Por tal motivo en los siguientes epígrafes se muestran los resultados de los estudios individuales de las principales cargas eléctricas del sector residencial, las cuales generan aproximadamente el 80% del consumo de cada cliente en particular.

2.3. El refrigerador: demanda de varias marcas y ejemplo de la dinámica diaria

Dentro del consumo de electricidad en el sector residencial, particularmente en países en desarrollo, los refrigeradores constituyen uno de los equipos de mayor consumo, de ahí la importancia de optimizar su funcionamiento y minimizar la energía que demandan. Pero para esto hay que tener conciencia energética y evitar abrir tanto la puerta ya que esto contribuye al aumento de la energía eléctrica, además se debe de tener el equipo regulado el termostato para una temperatura adecuada y cerciorarse de que esté en buen estado la junta ya que es algo vital para el ahorro de energía.

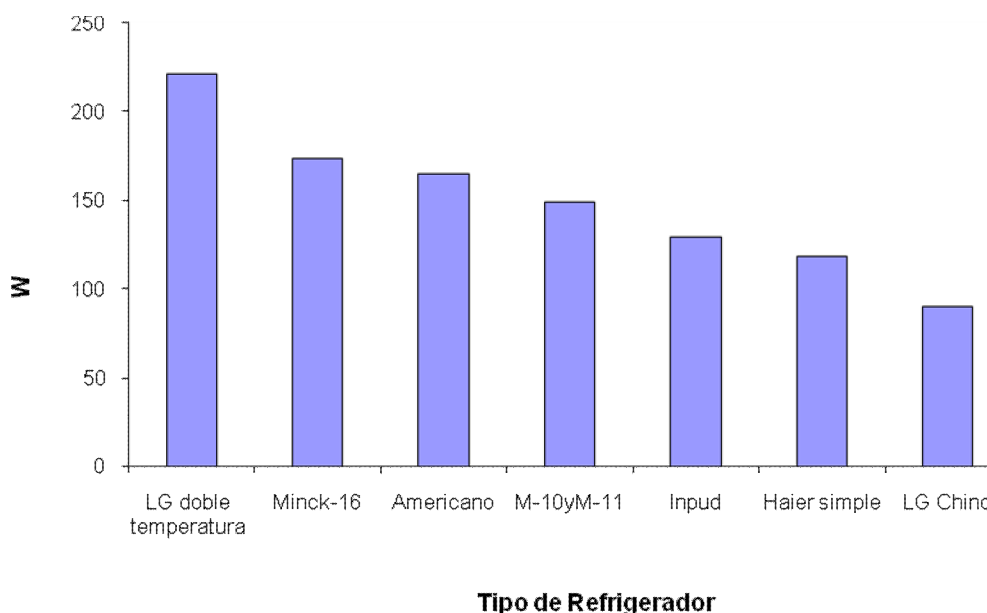


Fig. 2.1 Mediciones de la demanda nominal de diferentes refrigeradores domésticos

Para tener una idea inicial de la demanda de los refrigeradores se realizó la medición de varias marcas. En la figura 2.1 se puede observar la diferencia que existe entre las demandas de potencia de siete marcas.

Para particularizar en el estudio de los refrigeradores se realizó la medición de la potencia en un Refrigerador de modelo Haier, en sus dos momentos, durante el arranque y durante la marcha estable. En este caso el Refrigerador estaba equipado con alimentos, carnes y pomos de agua en el congelador además de otros productos en las otras secciones. En la medición el voltaje se mantuvo en unos 104,5 V. Como se puede observar la figura 2.2, existe una gran diferencia de las potencias activas en el momento de arranque y marcha estable de este equipo. En el caso de la marcha estable el equipo demanda 1,73 A.

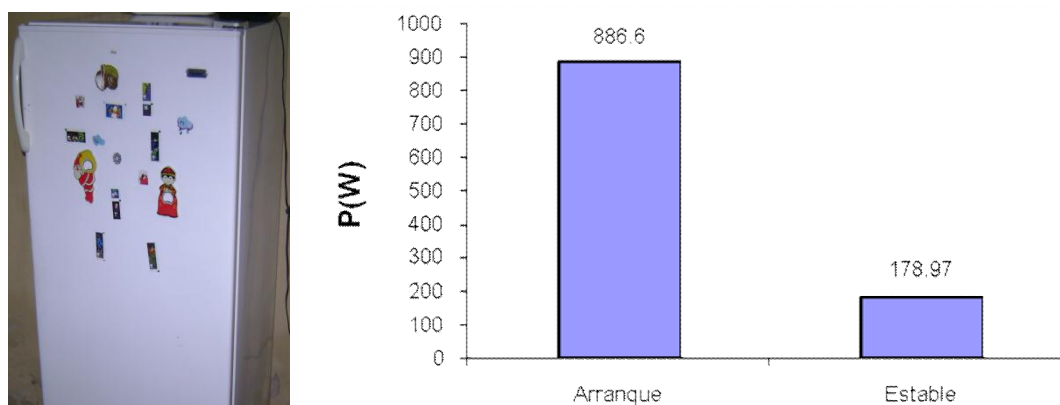


Fig. 2.2 Imagen y demanda característica de un refrigerador HAIR HSED8WNAWW

Se conoce que los refrigeradores domésticos funcionan a intervalos a partir de la desconexión de máquina compresora cuando se alcanza la temperatura de refrigeración seleccionada. La cantidad de conexiones así como el tiempo que dura dependen de la cantidad de calor que debe eliminar el ciclo de refrigeración, dado en lo fundamental por la temperatura de los productos así como por las aperturas de cierres de las puertas del equipo. A continuación se muestran los resultados de las mediciones de un refrigerador durante 24 horas.

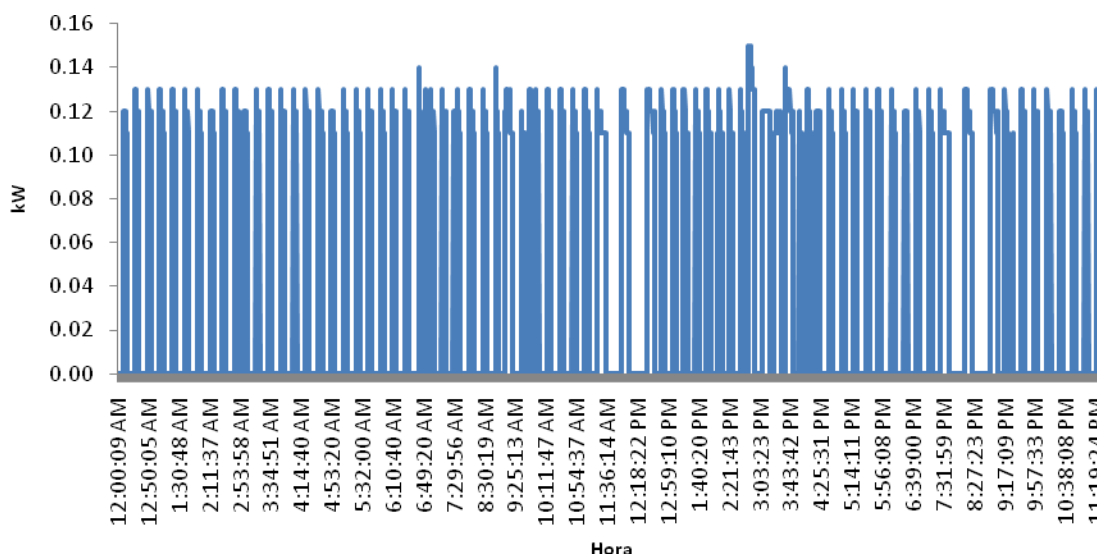


Fig. 2.3 Comportamiento de la potencia durante 24 horas en un refrigerador

Estas mediciones reflejan el funcionamiento on - off del refrigerador convirtiéndolo en una carga intermitente. La energía que consume este equipo se considera que este entre un 20 y 40 % del total de los clientes residenciales. Los resultados se refieren a una vivienda con 4 personas las cuales trabajan y estudian durante todo el día. Durante los horario pico y hasta que las personas se disponen a dormir se refleja un trabajo significativo del refrigerador, pues los intervalos de trabajo son más cercanos. En los otros horarios los intervalos de operación son más aislados. Esta medición se realizó sin personas en el hogar durante todo el día. En el tiempo en que se realizó la medición se abrió la puerta solamente 6 veces en el horario de almuerzo alrededor de las 11:30 AM y 7 veces en el horario de la comida alrededor de las 7:50 PM. Durante los restantes períodos el refrigerador continuó su funcionamiento herméticamente.

2.4. Equipos de cocción de alimentos

Gracias al desarrollo energético de nuestro país, la Revolución ha dejado atrás el obsoleto uso de los equipos de cocción que existían anteriormente como los fogones de petróleo, los de leña, keroseno entre otros que se pueden mencionar, sustituidos por equipos que para su funcionamiento usan la electricidad y por ende mucho más

sofisticados, de fácil uso y de un tiempo de duración a la hora de la cocción de los alimentos mucho menor.

La cocina de cada hogar se convierte en estos momentos en el lugar donde se decide aproximadamente el 60% del consumo de electricidad a partir de la gama de equipos existentes. Estas razones obligan a tomar diferentes medidas que permitan un uso más racional de estos equipos, no obstante las características cuantitativas inherentes al funcionamiento no se han estudiado a profundidad en las condiciones de explotación de Cuba. A este elemento están ligados las costumbres culinarias y aspectos socioculturales vinculados con el consumo de energía eléctrica. La presente investigación constituye un acercamiento para reconocer los diferentes patrones de consumo de los equipos de cocción de alimentos para los casos más generales de operación.

2.4.1. La Hornilla eléctrica: niveles de potencia, energía y calentamiento de agua

La Hornilla eléctrica es uno de los equipos que más se utilizan en la cocina cubana por su rápido y eficiente trabajo, pero hay que reconocer que es uno de los más consumidores de energía por lo que hay que tener en cuenta el buen uso a la hora de elaborar los alimentos, por ejemplo durante la cocción de los alimentos la eficiencia durante la cocción es mucho mayor si los recipientes se encuentran tapados y si las tapas tienen un buen aislante térmico, como en el caso de los instrumentos que poseen tapas para su uso como es el caso de la cazuela, jarro y sartén.

Existen alimentos que no necesitan que la cocción sea en el nivel máximo de temperatura por lo que la experiencia acumulada por la población es muy importante en tal sentido. Por ejemplo las bases de las cafeteras son de un diámetro bien adaptable al funcionamiento de la hornilla en el nivel bajo de potencia.

Se realizó la medición de la potencia que demanda la Hornilla eléctrica de modelo LB-100f en sus tres niveles alto, medio y en bajo para un valor de tensión promedio de 100,8 V. Los resultados de las mediciones de potencia activa se manifiestan en la figura 2.4.

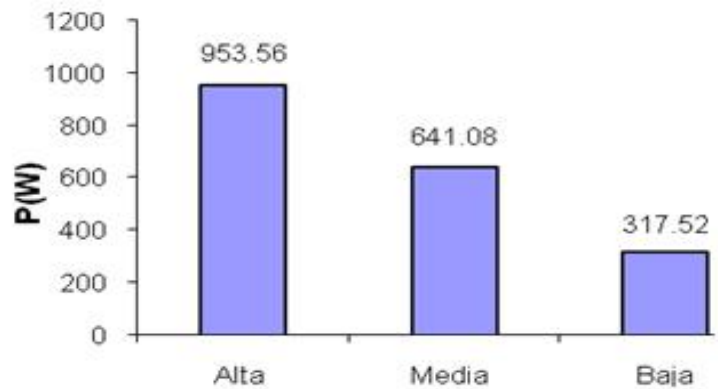


Fig. 2.4 Hornilla eléctrica LB-100f y sus niveles de demanda

Para tener una idea más acertada de la demanda de potencia activa en los diferentes niveles de operación de la hornilla se realizó un muestreo de 100 viviendas asociadas a un mismo transformador de distribución en este caso los resultados se pueden apreciar en la figura 2.5.

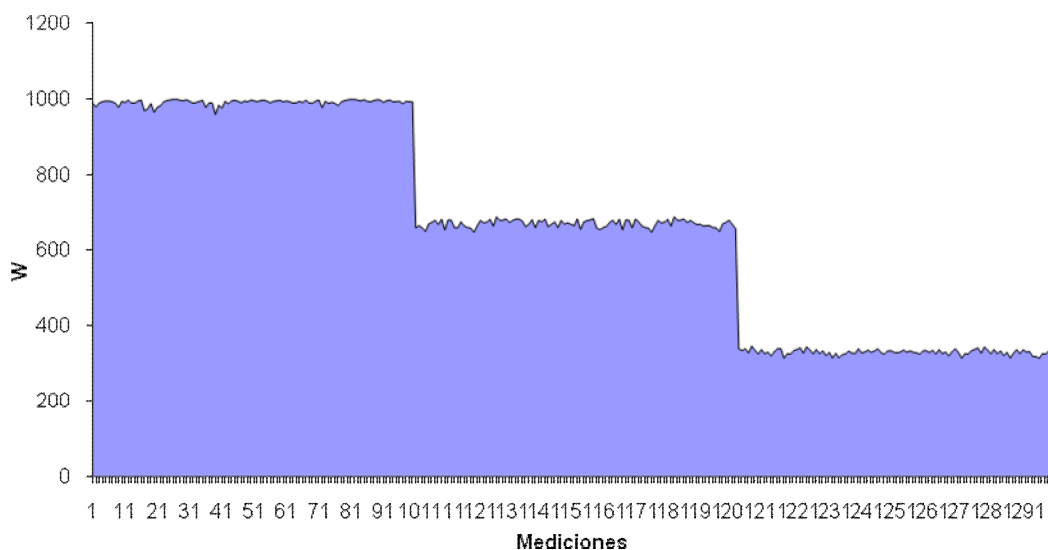


Fig. 2.5 Medición de la demanda de 100 hornillas de la misma marca en un mismo circuito

Los diferentes niveles corresponde a valores medios 992,11 , 670,34 y 330,95 obtenidos para valores promedios de la tensión de 112, 06.

Es necesario conocer en ocasiones el principio de funcionamiento de los equipos eléctricos, es por tanto que en la próxima figura se presenta el esquema eléctrico de la

hornilla eléctrica apreciándose el funcionamiento en serie o en paralelo de sus dos resistencias. Esta forma de operación decide la cantidad de calor que se va a disipar para efectuar la cocción de alimentos.

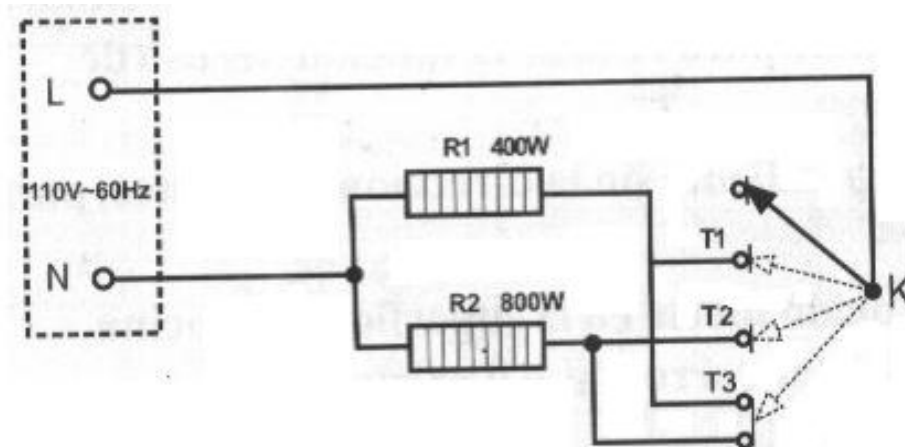


Fig. 2.6 Circuito eléctrico de las Hornillas Eléctricas LB-100f

Según Luís Bérriez presidente de Cuba Solar el 80% de la población cubana calienta agua para bañarse, esto significa una potencia equivalente a una planta de 400 MW. Teniendo en cuenta este elemento se presentan a continuación los resultados termoenergéticos inherentes al calentamiento de agua con una hornilla eléctrica. En el epígrafe que le continúa se observa el mismo resultado pero con el uso del calentador eléctrico. En la tabla 2.2 aparecen los resultados del calentamiento de agua en una hornilla eléctrica para los tres pasos de resistencia.

Tabla 2.2 Energía para calentar agua en un jarro en los tres niveles de potencia de la hornilla

Variante	kWh	Tiempo (min)	Volt	temp (°C)
Potencia mínima	0,505	85	107	28
Potencia media	0,425	36	100,7	26,4
Potencia máxima	0,4	25	112,3	26,4

En la posición del selector de la hornilla eléctrica LB-100f en la cual se consume menos energía eléctrica para calentar hasta la temperatura de ebullición el mismo volumen de agua contenido en un jarro entregado por la Revolución energética con su respectiva tapa es en la posición de alto consumo. En este caso se consume 0,4 kWh y el proceso dura 25 minutos. En las otras posiciones media y baja los consumos son de 0,425 y 0,505 kWh respectivamente con tiempo de duración de 30 y 85 minutos.

Los gráficos correspondientes al comportamiento de la potencia durante el proceso de calentamiento de agua se pueden apreciar en la figura 2.7. De la figura se concluye que en los equipos electrodomésticos tienen estados en los que se demanda mayor potencia y se consume menos energía.

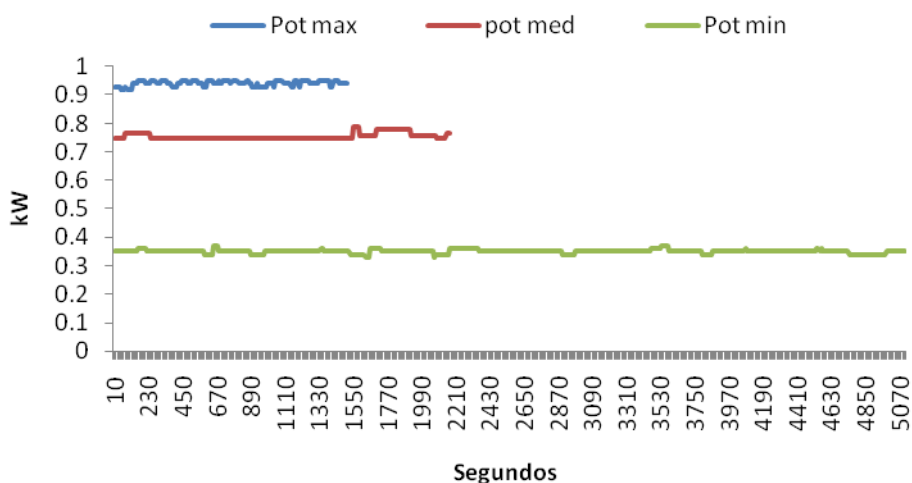


Fig. 2.7 Curvas de potencias en los tres niveles de la hornilla eléctrica al calentar el mismo volumen de agua

Para tener un comportamiento térmico del proceso de calentamiento de agua en la hornilla eléctrica se realizó la medición de la temperatura del agua desde 26 grados Celsius hasta llegar a su punto de ebullición. Este proceso se realizó en un jarro con buenas condiciones térmicas y con una tapa que garantizó una adecuada hermeticidad. El experimento duró unos 1200 segundos. Fundamentalmente se pudo realizar un análisis de regresión estableciéndose la función lineal que relaciona la temperatura que va alcanzando el agua en función del tiempo de operación en segundos (ver figura 2.8). En el anexo 2 aparece una imagen del experimento.

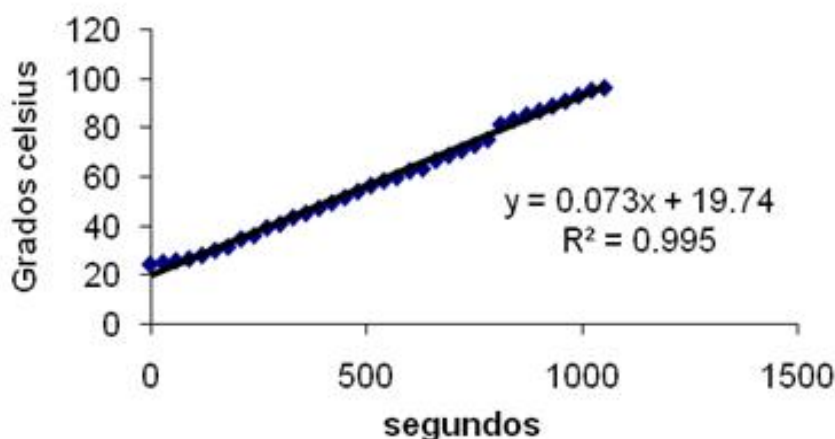


Fig.2.8 Comportamiento de la temperatura contra tiempo en segundo del calentamiento de agua

Estas relaciones matemáticas pertenecen al mismo proceso de calentamiento de agua, en este caso para elevar la temperatura de 40 grados Celsius a la temperatura de ebullición cercana a los 97 grados Celsius permiten definir las funciones lineales de la tabla 2.3 en los que se relaciona el tiempo con los kWh que se consume, la temperatura con el tiempo y la temperatura con los kWh de consumo. Todos estos fenómenos poseen un coeficiente de determinación de 0,99.

Tabla 2.3 Modelos matemáticos de la pruebas de calentamiento de agua

Modelo	R ²
kWh = 0,018t + 0,001	0,999
°C=4.071t+32.55	0,997
°C=217.3kWh+37,20	0,992

En ocasiones no se conoce el modo de conservar la energía eléctrica una vez que se realizan las operaciones con los equipos de cocción. Por ejemplo para evaluar el comportamiento de la transferencia de calor una vez que se desconecta la hornilla dejando tapado el jarro desde que ebulle el agua hasta que alcanza 40 grados Celsius pueden transcurrir 200 minutos. Los resultados del modelo de regresión de este proceso

indican una expresión polinómica de tercer orden con un coeficiente de determinación de 0,99.

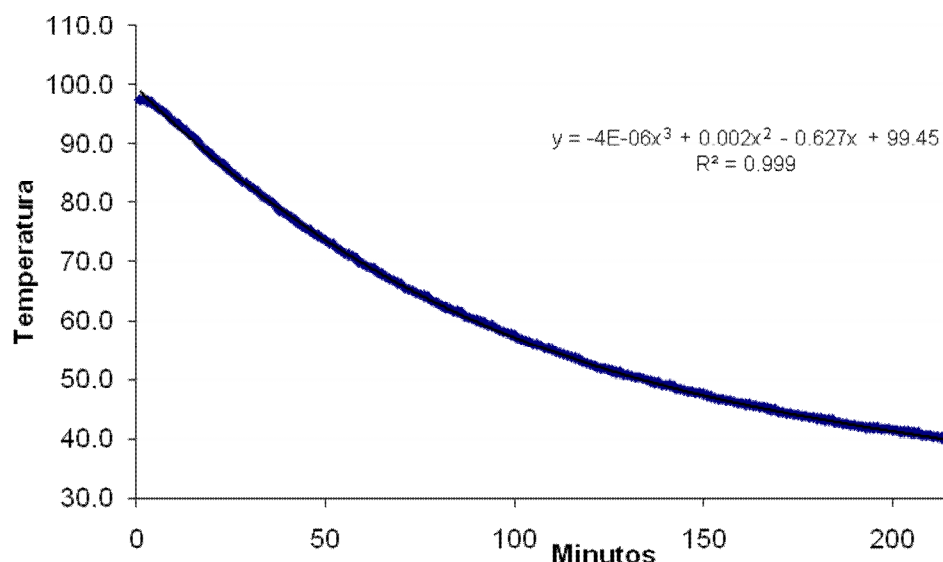


Fig.2.9 Gráfico del comportamiento del enfriamiento del agua en un jarro tapado desde una temperatura inicial de 97.4°C hasta 40°C

2.4.2. El calentador de agua: energía y potencia para diferentes volúmenes

Cuba es un país cálido pero en los meses de diciembre, enero y febrero las temperaturas tienden a bajar un poco y las personas usan con más frecuencia el calentador eléctrico. No se conoce con claridad como varia el porcentaje de la población que calienta agua para bañarse aunque se estima que el 80% de la población en Cuba calienta agua para bañarse sin importar la estación del año. Hay que tener presente que el calentador es uno de los equipos que más consumen energía eléctrica en el hogar por lo que hay que saberlos usar, un ejemplo de mal uso es que los usuarios no lo sumergen completo y esto provoca que no se aproveche adecuadamente la temperatura y por tanto el consumo de la energía eléctrica es mucho mayor y además aumenta el tiempo de calentamiento.

Para definir la temperatura más preferida a la cual se debe calentar los diferentes volúmenes de agua para bañarse se tomó una muestra de la opinión de 15 personas.

Las 15 opiniones arrojaron que la temperatura promedio más adecuada para utilizar el agua caliente para bañarse es de 36,6 grados Celsius. A partir de este criterio de decisión se realizó el calentamiento de agua para varios volúmenes correspondientes a 8, 10, 13, 15 y 18 litros. Como se puede apreciar en la figura 2.10 estos procesos oscilan alrededor de un mismo valor promedio de potencia en correspondencia al nivel de tensión que se manifiesta en la línea. También se aprecia los tiempos en que ocurren estos procesos.

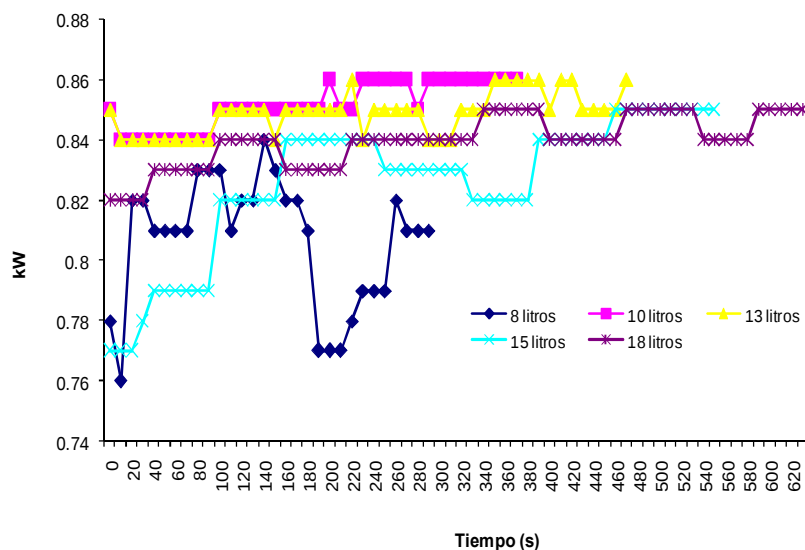


Fig. 2.10 Comportamiento de la demanda de potencia para el calentamiento de agua de varios volúmenes e imagen de un calentador de agua

Una idea más acertada de la relación entre el volumen de agua a calentar y la energía que se consume se puede apreciar en la figura 2.11. Esta figura muestra un modelo de regresión que describe un polinomio de tercer orden con un coeficiente de correlación igual a 1.

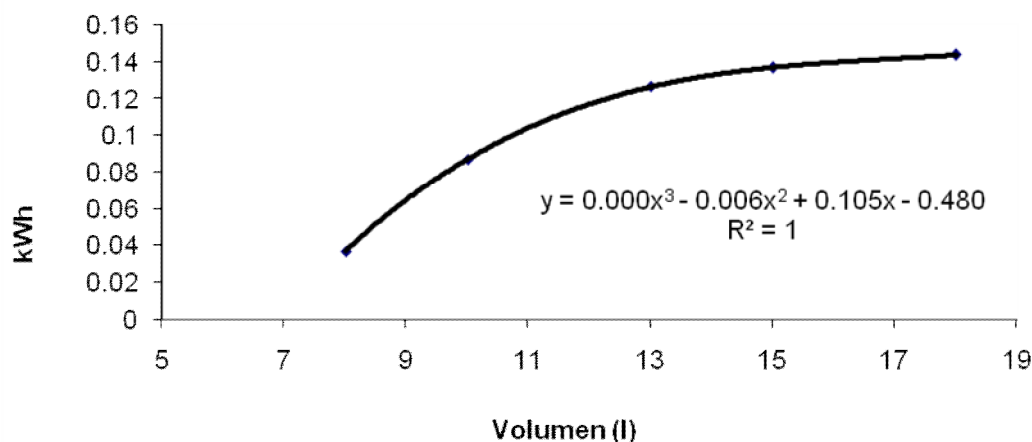


Fig. 2.11 Comportamiento de la energía eléctrica en el proceso de calentamiento de agua de varios volúmenes

A medida que aumenta el volumen de agua a calentar desde 8 hasta 18 litros el tiempo que dura el proceso hasta llevar la temperatura del agua hasta 36 grados Celsius se ajusta a un comportamiento lineal. En la figura 2.12 se puede verificar este comportamiento así como la expresión característica.

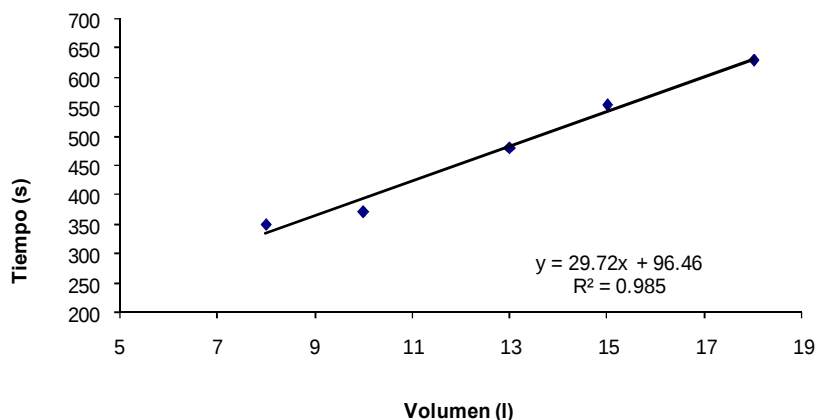


Fig.2.12 Tiempo contra volumen de agua del mismo proceso

Con un jarro de agua caliente acabada de ebulir se puede preparar aproximadamente 18 litros de agua para el baño de una persona, mientras que calentando ese mismo volumen de agua directamente con un calentador se consume un 43% menos de

energía eléctrica. En la siguiente figura 2.13 se puede apreciar esta diferencia y en el anexo 3 se puede apreciar una imagen de la medición realizada.

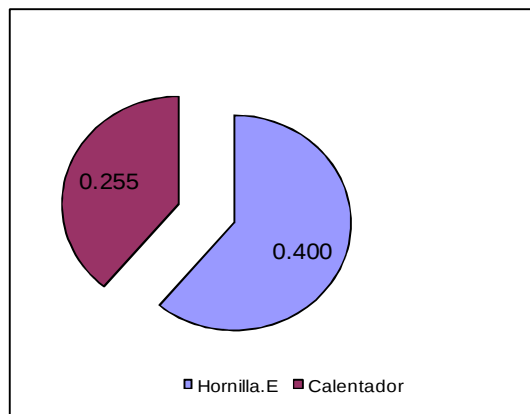


Fig. 2.13 Consumo de kWh para el calentamiento de agua usando Hornilla y calentador

2.4.3. La olla de presión: potencia y energía en la cocción de diferentes alimentos

Esta Olla de presión eléctrica es nombrada en Cuba como la reina de la cocina ya que en ella se pueden elaborar disímiles alimentos, es uno de los equipos más utilizados ya que es muy fácil y rápido su uso, pero se debe de tener en cuenta que esté siempre en buen estado y no presente problemas principalmente con la junta ya que como es una olla de presión, al estar averiada la junta es más el gasto de energía y no se aprovechara el calor y la presión como es debido. Este factor contribuye al derroche de la energía. No se debe usar para freír carnes, huevos y otros alimentos ya que no está diseñada para este tipo de trabajo, esto contribuye a la rotura del equipo desaprovechando las potencialidades energéticas del equipo. En la figura 2.14 se muestra una imagen de la olla de presión LIYA con la que se realizó la medición y su respectivo diagrama eléctrico.

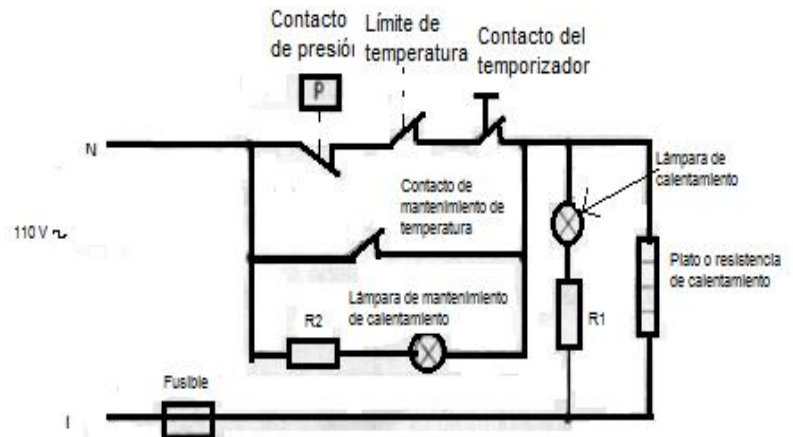


Fig.2.14 Imagen y diagrama eléctrico de la olla de presión LIYA

Se realizó la medición de la potencia que demanda la olla de presión de marca LIYA, en sus dos momentos, durante la cocción y durante el momento de calentamiento. Por este caso se cocinó carne de cerdo para 5 personas. En este experimento el voltaje que había en la red era de 110,8 V. Los resultados de potencia activa que manifestó este equipo fue de 680,31 W en su momento de cocción, y en el momento que pasó al momento de calentamiento su potencia activa fue de 0 W ya que al disparar este equipo mantiene su temperatura con la presión.

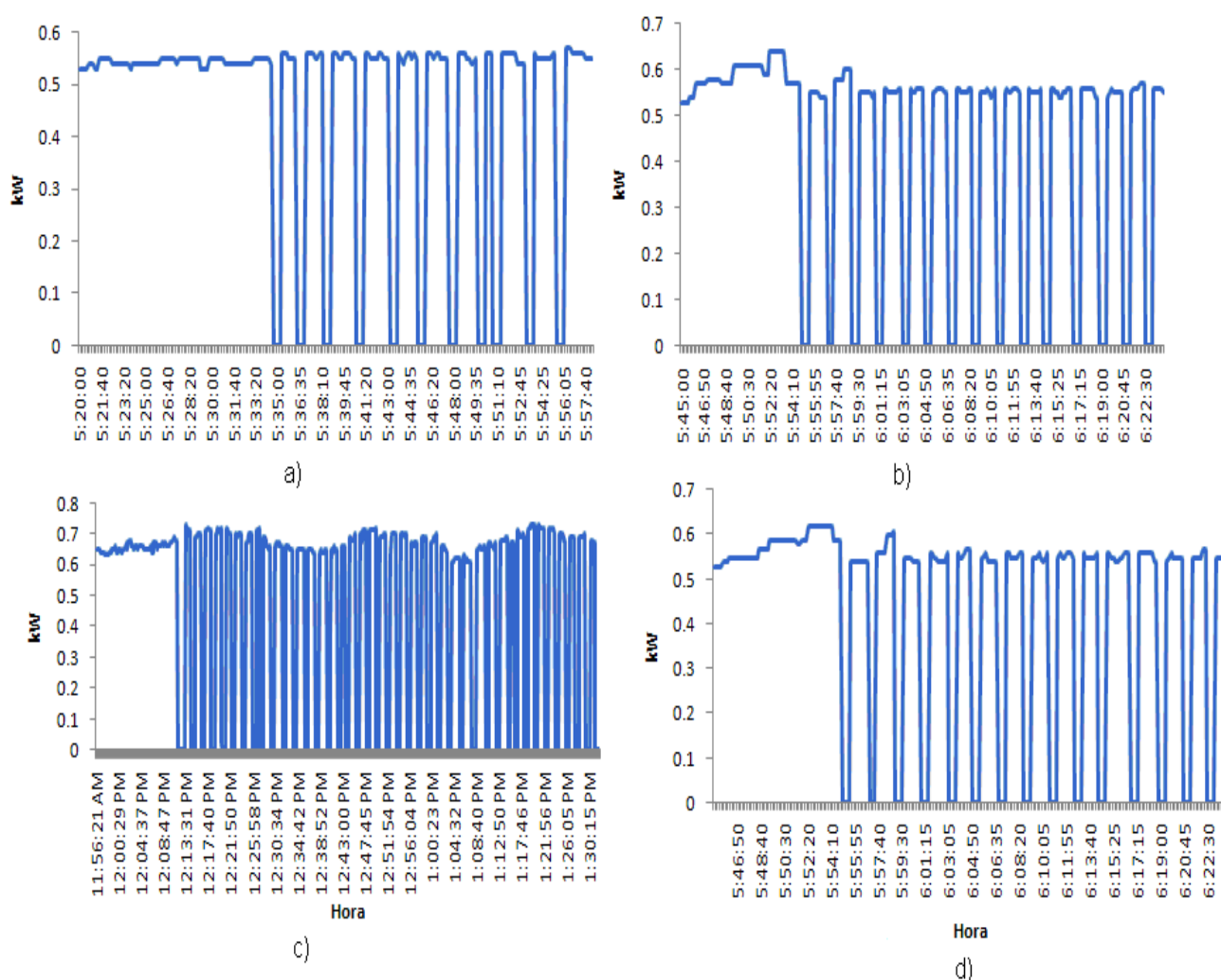


Fig.2.15 Comportamiento de la demanda de potencia de la Olla de presión LIYA para: a) cocción de carne de pollo, b) carne de cerdo, c) ablandar frijoles y d) cocción de congri para 6 personas

Se realizó la medición de la demanda de potencia a la Olla de presión LIYA mientras estaba en la cocción de diferentes alimentos como la cocción de carne de pollo , de cerdo, ablandar frijoles y hacer congri para 6 personas y se muestra en los gráficos anteriores como varia la potencia en dependencia del producto que se esté elaborando. El reloj se puso siempre en la posición donde corresponde para cada tipo de producto.

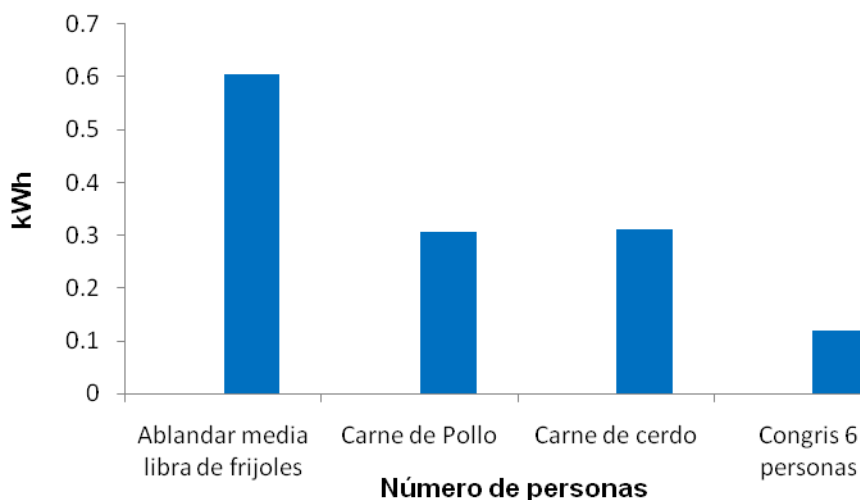


Fig.2.16 Comportamiento de la energía en la cocción de diferentes productos en la Olla de presión LIYA de 45 minutos

En el gráfico anterior se puede observar como varia el consumo de la energía en un hogar al confeccionar diferentes productos en la Olla de presión. Para este caso se elaboraron productos en el cual el tiempo de duración para su cocción es diferente y rigiéndose por el tiempo del reloj que trae el equipo para cada tipo de producto.

Con esa prueba se llegó a la conclusión de que en el caso de la elaboración de arroz y congrís se consume menos energía realizando este tipo de cocción en la olla de presión que realizándolo en la olla arrocera. Para este caso se realizó la prueba para la cocción de una libra y media de arroz para hacer congrís para 6 personas en la olla de presión y arrocera respectivamente y se demostró que para esta cantidad de arroz se consume un 17% menos de energía realizando esta actividad en la olla de presión eléctrica que realizándola en la Olla arrocera.

2.4.4. La olla arrocera: potencia y energía para diferentes volúmenes

Esta Olla arrocera puede elaborar muchos alimentos y es muy fácil de manipular, es uno de los equipos al igual que la reina de los más utilizados en la cocina. Este equipo es muy eficiente en la cocción de los alimentos, pero requiere de mantenimientos cada cierto tiempo para evitar roturas cumpliendo además con las indicaciones del manual en

el cual se especifican los productos que se pueden cocinar en ella. Estos elementos garantizan alargar la vida útil.

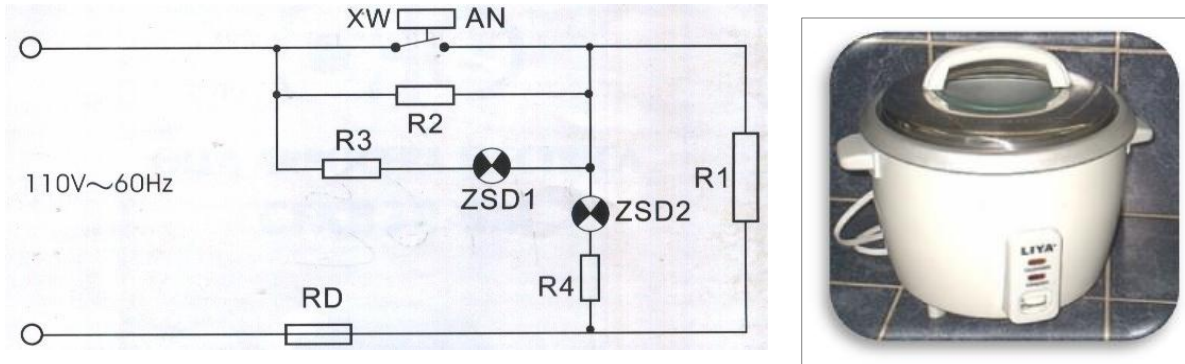


Fig.2.17 Diagrama eléctrico e imagen de una Olla arrocera LIYA

Se realizó la medición de la potencia que demanda la olla arrocera de modelo LIYA MG-TOP035 en sus dos momentos durante la cocción y durante el calentamiento. Por este caso se cocinó congrís para 4 personas. En este experimento el voltaje que había en la red era de 109,8 V. Los resultados de las mediciones de potencia activa fueron de 467,74W en el caso en que se encontraba cocinando y 45.01W cuando disparó y se encontraba en calentar con sus respectivas corrientes de 4,26 A y 0,409 A.

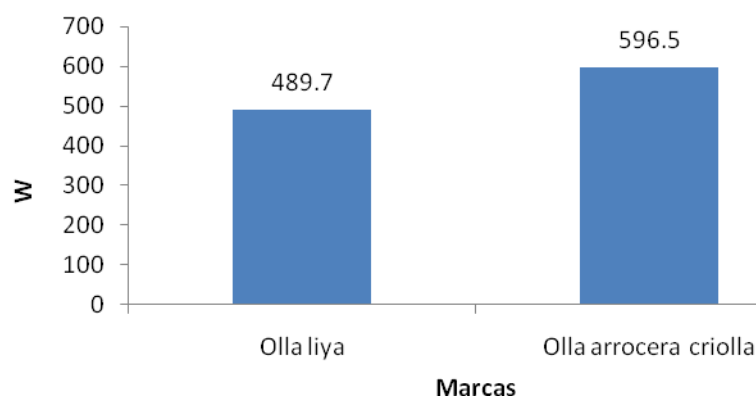


Fig.2.18 Gráfico del comportamiento de la potencia activa de diferentes ollas arroceras

En la figura anterior se puede apreciar el comportamiento que tiene la demanda de la potencia activa para dos marcas de ollas arroceras diferentes bajo las mismas circunstancias de trabajo.

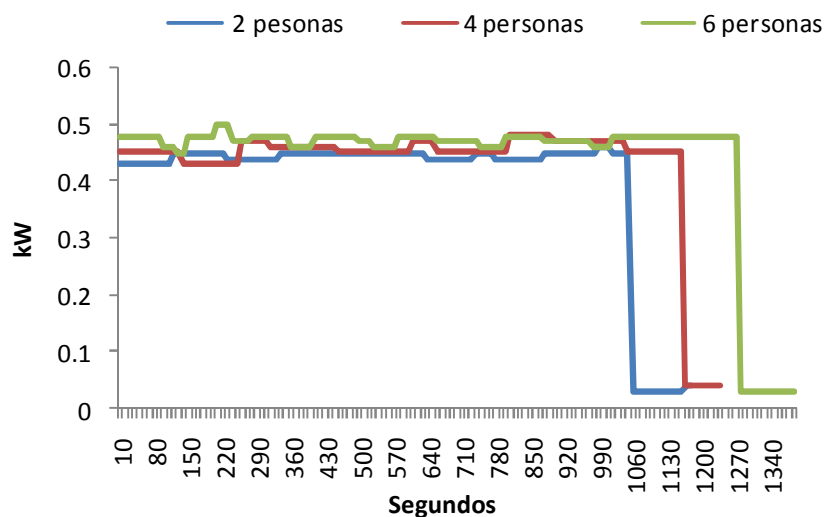


Fig.2.19 Comportamiento de la demanda de potencia para la cocción de arroz para diferentes cantidades de persona

Para este caso se realizaron las cocciones de diferentes cantidades de arroz en la olla arrocera LIYA y como se muestra en el gráfico anterior hay una diferencia entre las demandas de potencia activa.

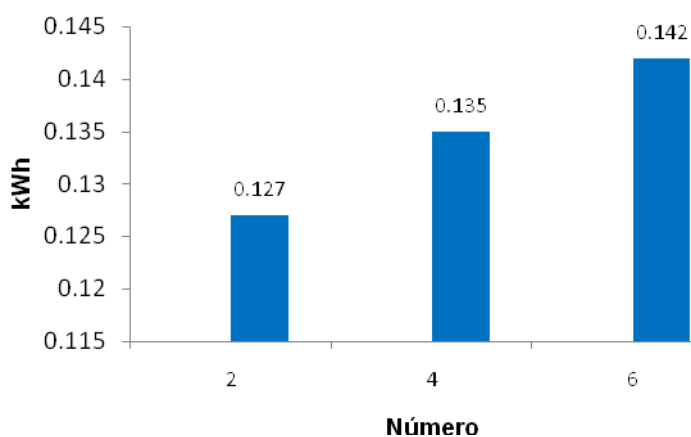


Fig. 2.20 Comportamiento de la energía para la cocción de diferentes cantidades de arroz en la olla arrocera

Para este caso se realizaron las cocciones de diferentes cantidades de arroz en la olla arrocera LIYA y como se muestra en el gráfico anterior hay una diferencia apreciable en el consumo de energía eléctrica.

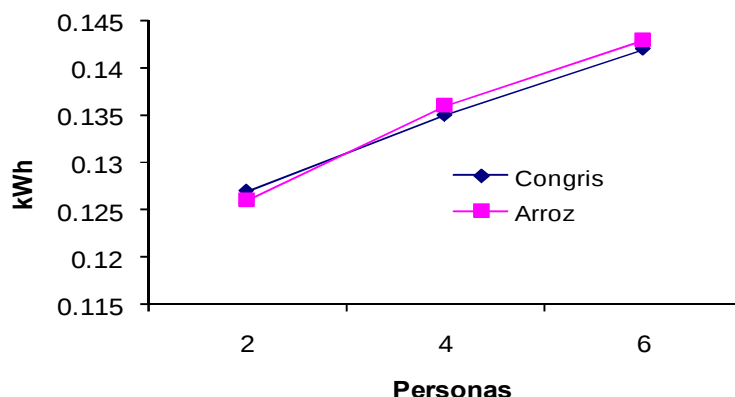


Fig.2.21 Comportamiento de la energía para la cocción de arroz y congrís en la olla arrocera

Se realizó la medición del consumo de la energía eléctrica en el caso de la cocción en la olla arrocera de arroz blanco y congrís para las mismas cantidades de personas y bajo las mismas condiciones de trabajo y como se muestra en el gráfico anterior el comportamiento del consumo de energía es prácticamente idéntico y en el anexo 5 se muestra una imagen de la medición realizada.

2.5. La plancha: energía y potencia durante pruebas de funcionamiento

La plancha es un equipo al igual que la Hornilla eléctrica, la olla de presión, el calentador un equipo resistivo puro y está entre los más consumidores de energía de un hogar por lo se debe tomar medidas como por ejemplo planchar una vez a la semana y la mayor cantidad de ropa posible, comenzar por las ropas que más calor necesiten, además se debe tener presente el mantenimiento de este equipo ya que posee un termostato que de estar dañado o averiado incrementa notablemente el consumo de energía eléctrica en el hogar.

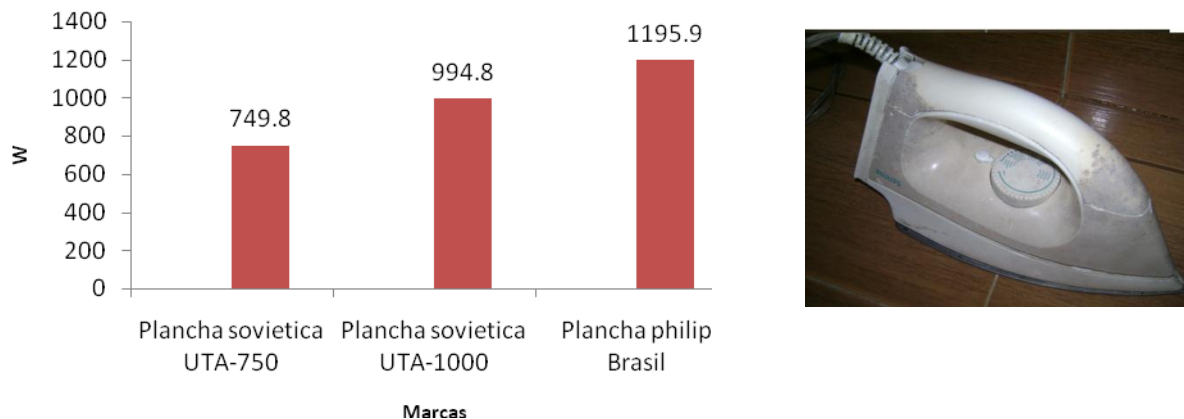


Fig.2.22 Comportamiento de la demanda de potencia activa de diferentes marcas de planchas e imagen de una

Se realizó la medición de la potencia que demandan tres marcas de planchas diferentes como se muestra en la figura anterior. Se le realizó la medición a cada plancha utilizando la misma pieza (un pantalón de mezclilla) y el termostato se encontró en la posición de hilo para los tres casos. En este experimento el voltaje que había en la red era de 110,5 V para el caso de la prueba que se usó la plancha soviética de 750 W, 111 V en el caso con que fue con la soviética de 1000 W y 110 V en el caso de la Philip que se muestra una imagen en la figura anterior.

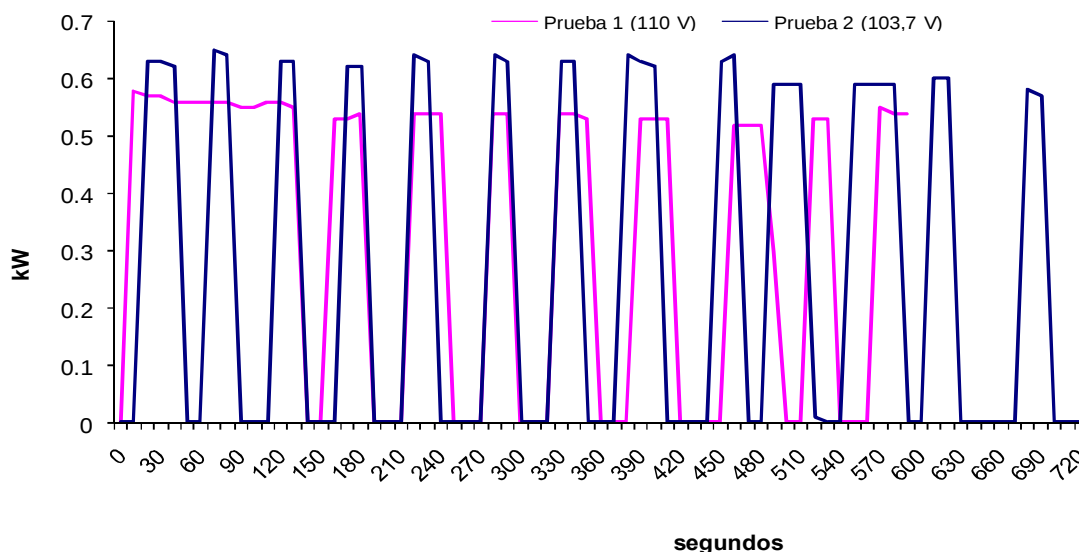


Fig.2.23 Comportamiento de la potencia activa de la plancha en dos pruebas diferentes

Se realizó la medición de la demanda de potencia en dos pruebas de planchado diferentes de siete piezas cada una, y la tipología además fue la misma, las piezas a planchar fueron un pantalón de mezclilla, dos pantalones de algodón, dos pulóveres de algodón y dos falda de poliéster en ese mismo orden, en el gráfico de la figura anterior se observa con una línea de color rosado el comportamiento de la demanda de esta prueba, y para el segundo experimento se alternó el orden de planchado de las piezas quedando de la siguiente forma, dos blusas de poliéster, dos pulóveres de algodón, un pantalón de mezclilla y dos de algodón y se muestra en la misma figura con una línea de color azul el comportamiento de la demanda para este caso. Se observa que cuando se comienza el planchado con piezas que necesitan mayor cantidad de calor el comportamiento de la demanda es diferente a cuando se comienza el planchado con piezas que no necesitan tanto calor.

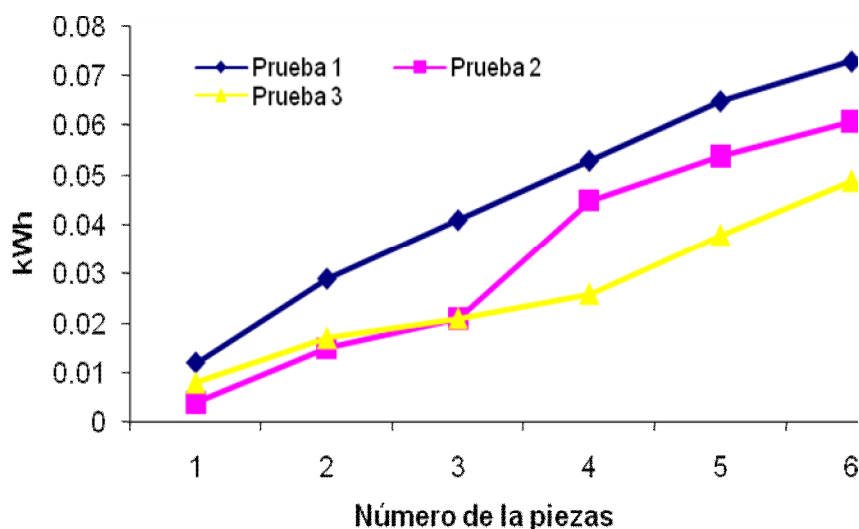


Fig.2.24 Comportamiento de la energía eléctrica en tres pruebas de planchado diferente

Se realizó la medición del consumo de la energía eléctrica en el planchado de tres pruebas diferentes que contenían las mismas cantidades de piezas pero de diferentes texturas y alternando además el orden del planchado, el termostato se mantuvo colocado en la posición de hilo para los tres casos. La primera prueba contenía las piezas tales como un pantalón de mezclilla, dos pantalones de algodón, dos pulóveres

de algodón y dos falda de poliéster. En la segunda prueba contenía piezas como dos blusa de poliéster, dos shorts de algodón, un pulóver de algodón y dos pantalones de mezclilla. En la tercera había una blusa de algodón, una camisa de poliéster, una falda de algodón, un pantalón de algodón, uno de mezclilla, una falda de poliéster y un pulóver de algodón. Las tres pruebas se realizaron en ese mismo orden descrito anteriormente y como se puede observar en el gráfico 2.24 hay diferencias en el comportamiento del consumo de la energía eléctrica. Además cada prueba duró diferentes tiempos de planchado, realizadas las tres con la misma persona.

2.6. El microwave

Se realizó la medición al horno microwave en su modo de calentar. En este caso se calentó arroz blanco para 5 personas y se trabajó con un voltaje en la red de 110,5 V. El resultado de la potencia activa que manifestó este equipo fue de 1039,8 W. Se llegó a la conclusión que este equipo para calentar arroz, consume solo dos tercios de la energía que si se calentara este mismo volumen de arroz en una hornilla eléctrica con un recipiente bien tapado, no siendo así en el caso de utilizar el microwave para calentar agua porque llega a ser menos eficiente que si se usara una hornilla con un recipiente de fondo plano y con tapa hermética.

2.7. La Iluminación: lámparas fluorescentes y bombillos ahorradores

La iluminación se encuentra entre el tercero y quinto más consumidor de energía eléctrica en el sector residencial por lo que es de vital importancia la conciencia a la hora de tener que apagar estos equipos en caso de no existir personas utilizando este tipo de luz. Se debe tener presente que en los horarios donde la luz del día nos ayuda a la visibilidad, es necesario crear una conciencia energética para así no abusar del uso innecesario de estos equipos y por lo tanto contribuir al ahorro de la energía eléctrica en nuestro país.

Las lámparas son equipos muy importantes para la mejor visualización en el horario diurno en el hogar y centros de trabajos donde la luz del día es escasa, y durante el horario de la noche se hace imprescindible ya que sin esta se hace muy difícil la

realización de las actividades, pero se debe tener en cuenta que este equipo cuando no se está usando hay que apagarlo para contribuir al ahorro de la energía eléctrica.

Se realizó la medición de la potencia que demanda la lámpara de 20 W. En este caso se midió la corriente en el momento en que se encontraba encendida. En el experimento el voltaje que había en la red era de 110,5 V y la potencia activa medida durante el proceso fue de 19,83 W.



Fig.2.25 Imagen de una lámpara de 20W

El bombillo ahorrador en un hogar es muy importante, nuestro país en el programa de la Revolución Energética lo entregó para el ahorro de energía eléctrica y ha resultado muy eficiente para el ahorro de electricidad en el hogar, además de resultar muy bueno técnicamente.

Se realizó la medición de la potencia que demanda el bombillo ahorrador. Por este caso se midió la corriente en el momento en que se encontraba encendido. En este experimento el voltaje que había en la red era de 112 V y la potencia activa medida durante el proceso fue de 14,25 W.



Fig.2.26 Imagen de un bombillo ahorrador

2.8. Equipos de ventilación y acondicionamiento del aire

Los equipos de ventilación no son tan consumidores de energía eléctrica en el hogar comparándolo con otros como los de cocina, la iluminación, pero como nuestro país es muy cálido, su uso se hace muy frecuente en un gran rango de tiempo, por tanto se debe de tomar precauciones para disminuir el consumo de electricidad, un ejemplo que se puede mencionar es el mantenimiento técnico de estos equipos para evitar un mayor derroche de energía, además apagarlos en caso que nadie lo esté usando, si la temperatura ambiente no es tan elevada ponerlo en la velocidad media o mínima, ya que de esta forma consume menos energía eléctrica.

El ventilador

Este equipo es muy utilizado en los meses de verano, pero como nuestro país es muy cálido se usa con mucha frecuencia, no se encuentra entre los más consumidores del hogar, pero hay que tener en cuenta que cuando están falta de mantenimiento técnico el consumo de energía es mucho mayor, además, por pruebas realizadas, el consumo de energía es más elevado cuando se trabajan en la velocidad máxima que cuando trabajan en la media o en la mínima.

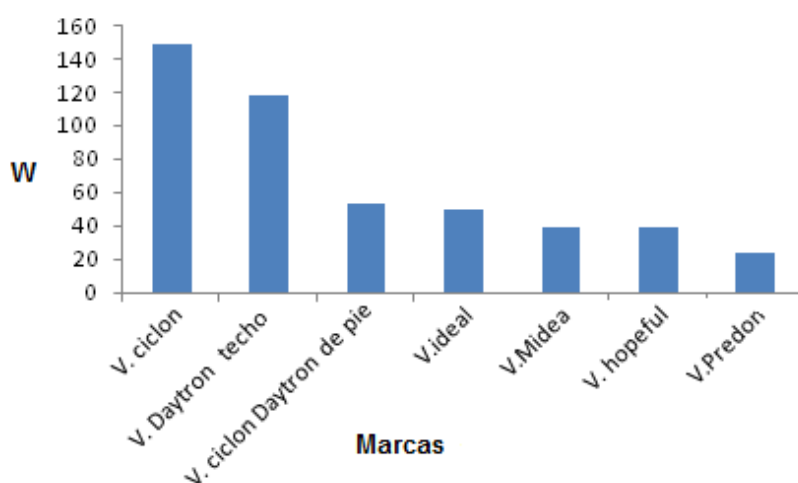


Fig. 2.27 Comportamiento de la potencia activa en diferentes marcas de ventiladores e Imagen de una marca

Se realizó la medición de la potencia que demanda el ventilador de modelo HOPEFUL en sus tres velocidades, en la velocidad máxima, media y mínima respectivamente. En este caso se hizo la prueba donde se trabajó con un voltaje en la red de 105 V. Los resultados de las mediciones de potencia activa fueron de 38,46 W en su máxima velocidad, 36,38 W y 33,26 W en la media y mínima respectivamente, además de las respectivas corrientes 0,370 A, 0,354 A y 0,322 A.

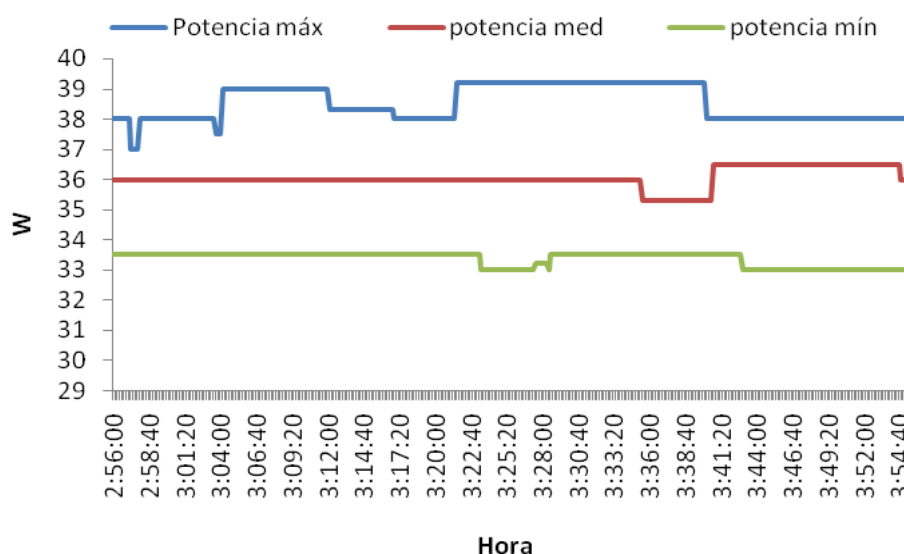


Fig.2.28 Gráfico del comportamiento de la potencia activa de un ventilador en sus tres velocidades durante una hora de trabajo

Se realizó la medición de la demanda de la potencia activa del ventilador marca HOPEFUL durante una hora de trabajo en sus tres velocidades máxima media y mínima respectivamente y se puede ver en el gráfico anterior como independientemente del comportamiento del voltaje se manifiestan diferentes demandas de la potencia activa en este equipo.

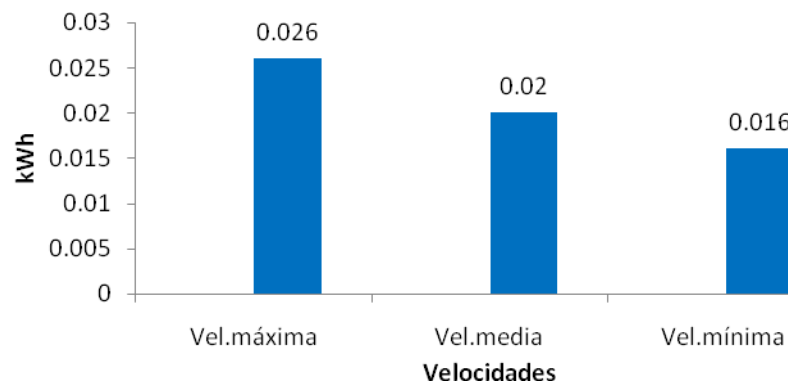


Fig.2.29 Comportamiento de la energía de un ventilador HOPEFUL durante una hora de trabajo en sus tres velocidades

Se realizó la medición del consumo de la energía eléctrica del ventilador marca HOPEFUL durante una hora de trabajo en sus tres velocidades máxima, media y mínima respectivamente, se puede observar en el gráfico anterior como se manifiesta la variación del consumo energético a medida que se cambien las velocidades de este equipo.

El acondicionador de aire

El acondicionador de aire es un equipo que no abunda en los hogares cubanos debido a la situación económica de la mayoría de las personas, hay que decir que en el caso en que exista este equipo en un hogar, se encuentra entre los más consumidores de energía eléctrica, y por tanto se debe de tener en cuenta el adecuado uso para contribuir al ahorro de la misma.

Se realizó la medición de la potencia que demanda el acondicionar de aire de modelo Sanyo en sus tres estados de temperatura, en la máxima high cool, médium cool y low cool respectivamente. En este caso se hizo la prueba donde se trabajó con un voltaje en la red de 225 V. Los resultados de las mediciones de potencia activa fueron de 1842W en la máxima temperatura, 1590W y 1189W en media y baja respectivamente, con demandas de corrientes de 9,30 A, 8,030 y 6 A respectivamente.

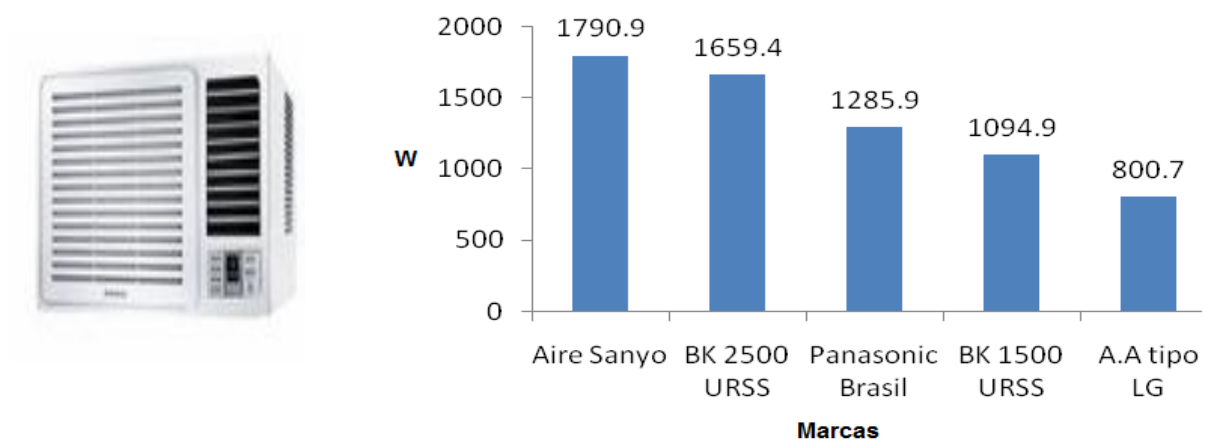


Fig.2.30 Imagen y Comportamiento de la demanda de potencia activa de diferentes marcas de acondicionadores de aire

2.9 La Lavadora: comportamiento de la demanda de potencia activa

La lavadora es un equipo muy importante en el hogar, utilizadas por todas las mujeres cubanas e incluso hombres, ya que su uso es muy sencillo, hay que decir que no es uno de los equipos más consumidores que tiene el hogar pero si el consumo de la energía eléctrica se hace notable si se usa inadecuadamente, una de las medidas que se deben tomar para contribuir al ahorro de la energía es cargar la lavadora al máximo de su capacidad, al igual que las lavadoras que poseen centrifuga de secado, hay que llenarlas hasta su máxima capacidad.

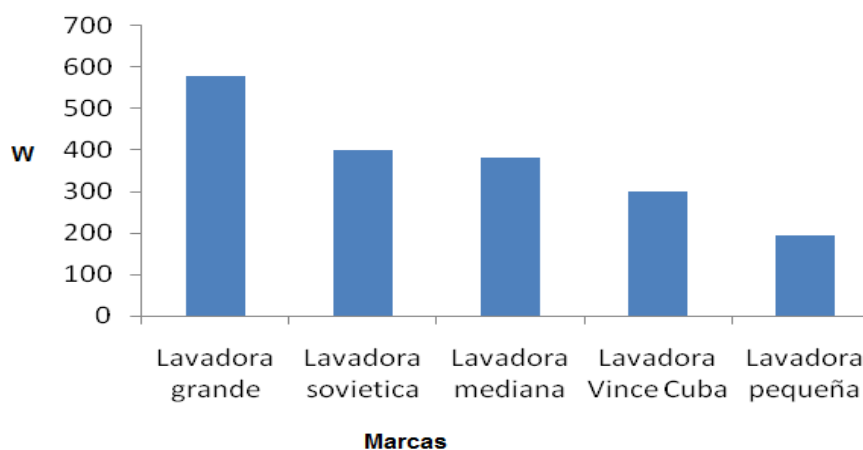


Fig.2.31 Comportamiento de la demanda de potencia de varias marcas de lavadoras e imagen de una

Se realizó la medición de la potencia que demanda la Lavadora de dos tinas de modelo Vince en sus dos momentos de actividad, en el momento de lavado y en el momento de secado. En este caso se lavaron 8 pantalones, de ellos 5 de mezclilla y 3 de tela, además de 15 pulóveres, 10 blusas, dos camisas y 5 chores. En este experimento el voltaje que había en la red era de 108,8 V. Los resultados de las mediciones de potencia activa fueron de 193.88 W en el caso de la sección de lavado, 128,17W en la sección de secado y trabajando al unísono se registró una potencia de 444,84W con unas corrientes de 1,80 A, 1,19 A y 4,13 A respectivamente.

2.10. Equipos de audio y video: Medición de potencia y de energía

El televisor

El televisor es un equipo muy utilizado por las familias cubanas ya que es uno de los medios audiovisuales que contribuyen a la educación, formación cultural y entretenimiento del pueblo, pero hay que tener en cuenta que aunque no es uno de los más consumidores del hogar se deben de tener conciencia energética ya que algunos usuarios lo utilizan como radio, y en ocasiones se queda encendido sin que nadie lo esté viendo, y esto incurre al mal gasto de la energía eléctrica del país, además, añadir que cuando no se esté utilizando este equipo no solo apagarlo por el botón on-off, sino desconectarlo de la red de alimentación, ya que los televisores en standby son de los equipos que conectados a la red de alimentación también consumen energía eléctrica.

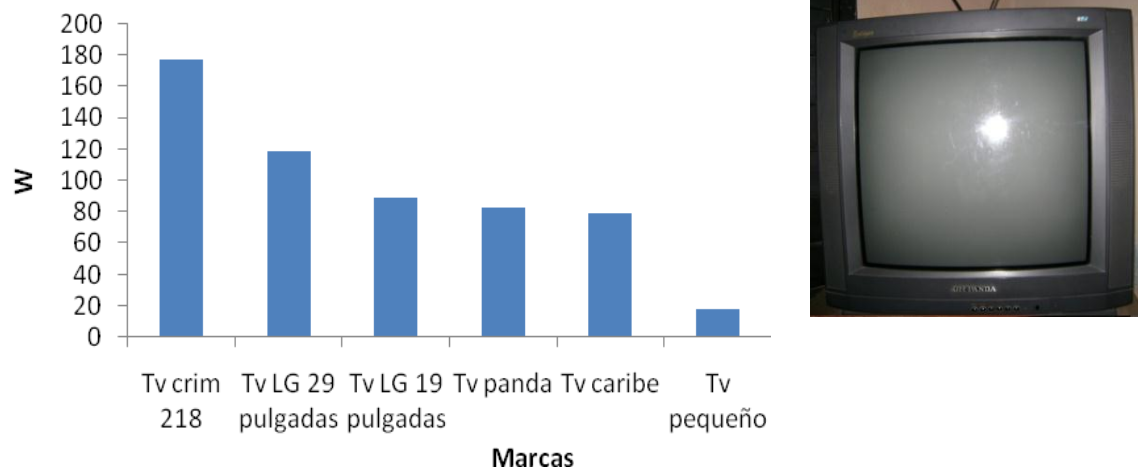


Fig.2.32 Comportamiento de la demanda de potencia de varias marcas de televisores e imagen de uno

Se realizó la medición de la potencia que demanda al televisor de modelo Panda en su momento de encendido. Por este caso se encendió el TV y se registró una potencia activa de 85W, se cambiaron los canales y no alteró el comportamiento de la potencia activa. En este experimento el voltaje que había en la red era de 112,7 V.

Se realizó la medición del consumo de energía durante una hora de encendido del televisor Panda y se registró un consumo de 0,055 kWh.

El DVD

El DVD consume muy poca energía eléctrica pero en nuestros días este equipo es muy utilizado por las familias cubanas para la diversión y el entretenimiento, hay que tener en cuenta que es un equipo que para su funcionamiento hay que conectarlo al televisor, por lo que el consumo energético se hace un poco mayor, además al igual que el televisor el DVD en modo de Standby consume energía eléctrica.

Se realizó la medición de la potencia que demanda al DVD de modelo Alllike en su momento de encendido. Por este caso se encendió el equipo y se registró una potencia activa de 18,51 W. En este experimento el voltaje que había en la red era de 110 V. A continuación se muestra una imagen del DVD que se le realizó la medición.



Fig.2.33 Imagen de un DVD

2.11. Otros equipos del hogar: Medición de la demanda

La licuadora

Este equipo es muy usado en el hogar ya que con él se pueden realizar disímiles actividades en un tiempo muy corto, pero hay que tener en cuenta que es un equipo que contribuye al gasto de la energía eléctrica si no se usa adecuadamente, un ejemplo que se podría mencionar es que en dependencia del producto que se esté batiendo colocar la velocidad adecuada para cada caso.

Se realizó la medición de la potencia que demanda la licuadora de modelo Daytron en sus tres velocidades. En este caso se estaba haciendo batido de mango y el voltaje que había en la red era de 115 V. Los resultados de las mediciones de potencia activa fueron de 1245 W en su máxima velocidad, 8887,04 W en la media y 608,25 W en la mínima con corrientes de 10,37 A, 8,40 A y 5,76 A respectivamente. En la siguiente figura se muestra una imagen de la licuadora en la que se realizó la medición.



Fig.2.34 Imagen de una licuadora Daytron

El secador de pelo

Este equipo es muy utilizado por las mujeres hoy en día, con el avance de la tecnología han aparecido estos equipos que son muy cómodos para las necesidades de las mujeres en general. Pero hay que tener en cuenta que este equipo consume bastante energía eléctrica y hay que saberlo utilizar en los horarios más adecuados y en la velocidad más moderada para contribuir al ahorro de la energía eléctrica.

Se realizó la medición de la potencia que demanda el secador de pelo de marca Online. Por este caso se midió la corriente en los momentos en que se encontraba en su velocidad máxima, en la media y en la mínima respectivamente. En este experimento el voltaje que había en la red era de 120 V y la potencia activa medida durante el proceso fue de 1247 W en su máxima velocidad, 1018,8 W en la media y 684 W en la mínima con corrientes de 10,37 A, 8,49 A y 5,70 A respectivamente.

2.12. Comportamiento de la rotura de equipos electrodomésticos: un caso de estudio

Se visitó el taller Alex Urquiola localizado en el centro ciudad de Holguín donde se buscó las estadísticas de las reparaciones mensuales, de los equipos entregados en los programas de la Revolución Energética. A continuación se muestra en la figura 2.35 en forma de gráfico de columnas las estadísticas de roturas de estos equipos en el año 2011. Aclarar, que si no existen piezas en el taller de reparaciones para arreglar a algunos de esos equipos, no se registran en las estadísticas de reparaciones, dicho de otro modo, las estadísticas de las roturas que se muestran en el gráfico es de reparaciones donde obviamente en ese momento existían las piezas necesarias.

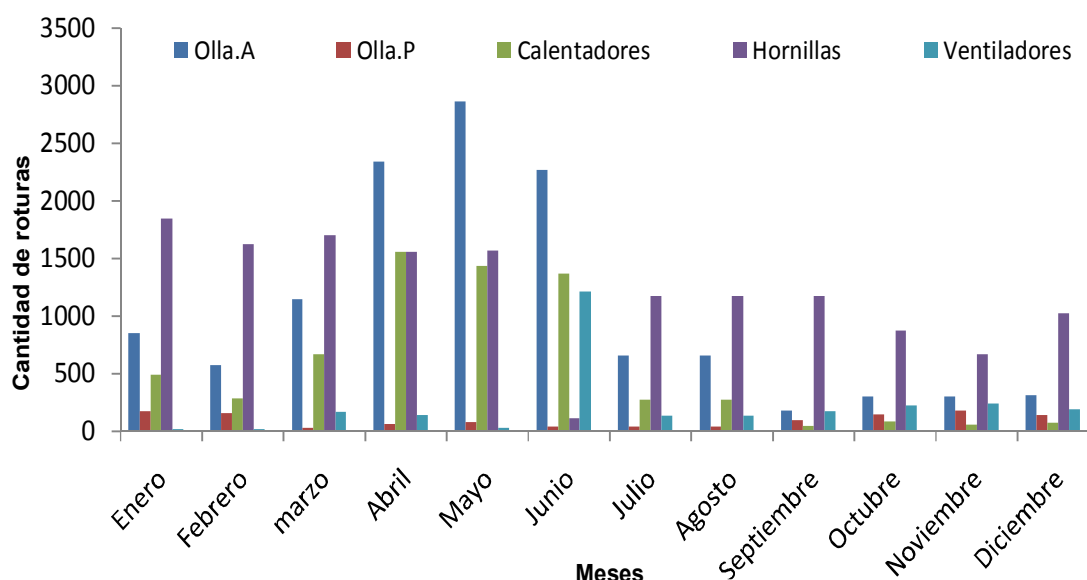


Fig.2.35 Estadísticas de roturas de los equipos que con mayor frecuencia visitaron el taller de reparaciones Alex Urquiola en el año 2011

En este año se puede observar que los picos de mayor cantidad de roturas fueron los de ollas arroceras, concentrados en los meses de abril, mayo y junio, seguidos por las hornillas eléctricas que en todos los meses se hace apreciable el valor de roturas. En el anexo 6 aparecen los datos correspondientes a la figura.

Para este caso se tomaron las estadísticas igualmente de las roturas de los mismos equipos mostrados en la figura 2.35, pero se realiza el gráfico para analizar el comportamiento que tuvieron las roturas en el año 2012 hasta el mes de abril.

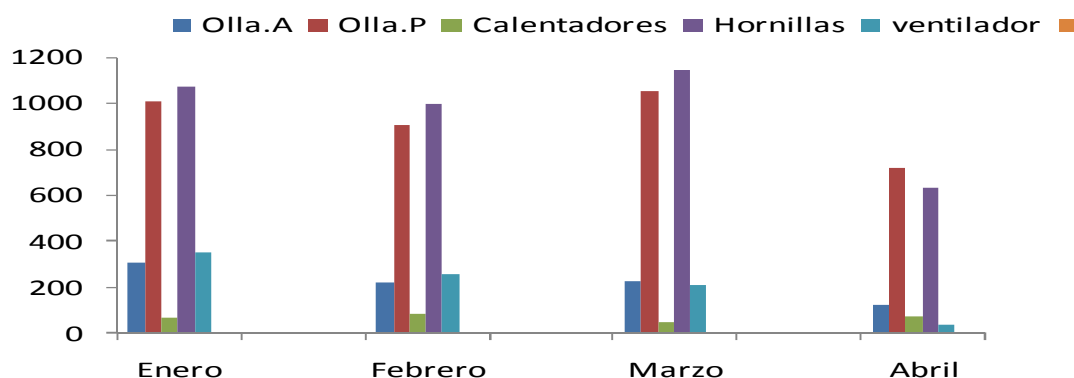


Fig.2.36 Estadísticas de roturas de los equipos que con mayor frecuencia visitaron el taller de reparaciones Alex Urquiola en el año 2012

Hasta el mes de abril se tomaron las estadísticas de roturas como se aprecia en la figura anterior. Se observa que los mayores índices de roturas están centrados en los equipos como la hornilla eléctrica y la olla de presión eléctrica.

2.12.1. Análisis económico de la rotura de equipos

A continuación se mostrará en forma en la tabla 3.4 las principales reparaciones que se efectúan en el taller caso de estudio. Los precios de las reparaciones incluyen el cambio de pieza y la mano de obra que en todos los casos son de \$ 5.00 pesos.

Tabla 2.4 Piezas, total de roturas, precio e importe de las diferentes piezas que componen estos equipos

No	Equipo	Rotura	T. de Roturas 2011	Precio con MO	Importe
1	OP	Termostato de presión	276	16.75	4623.00
2	OP	Junta	230	24.60	5658.00
3	OP	Fusible	196	60.00	11760.00
4	OP	Termostato de mtto.	130	13.95	1813.50
5	OP	Resistencia	85	10.85	922.25
6	OP	Límite de temperatura	67	10.85	726.95
7	OP	Timer	83	22.70	1884.10
8	OP	Cubierta	53	75.00	3975.00
9	OP	Borde superior	30	15.65	469.50
10	OP	Borde inferior	28	17.80	498.40
11	OP	Blo	18	7.25	130.50
12	OP	Mango	18	15.05	270.90
13	HE	Cable de línea	5261	45.00	236745.00
14	HE	Resistencia	4794	49.10	235385.40
15	HE	Conmutador	2093	10.00	20930.00
16	HE	Conexión	1269	54.15	68716.35
17	HE	Muelle	1108	22.60	25040.80
18	OA	Conjunto accionados	3048	8.15	24841.20
19	OA	Resistencia plana	2821	16.55	46687.55
20	OA	Resistencia	2752	47.85	131683.20
21	OA	Fusible	1372	18.15	24901.80
22	OA	Termostato con muelle	925	10.85	10036.25
23	OA	Soporte de residencia	824	7.25	5974.00
24	OA	Gabinete	734	85.35	62646.90
25	CE	Resistencia	2318	21.90	50764.20
26	CE	Cable	2236	2.60	5813.60
27	CE	Cacha del calentador	2099	6.70	14063.30

Según encuestas realizadas a técnicos del taller Alex Urquiola expresan la opinión de

que en nuestra provincia existen 14 modelos de **Ollas de presión**, de ellas están las de 30 minutos como son la:

- YBD - 30
- FOK- 30
- YBXB- 30
- YBCGT- 30

Las de 90 minutos:

- YDB- 90
- WILLA- 90
- KLS- 90

Y las de 45 minutos como la TL-40-45

Todas con una potencia activa nominal de aproximadamente 800 W. Las experiencias adquiridas durante el trabajo de varios años indican que las principales roturas que presenta este equipo son:

- Avería de los fusibles.
- Avería de la resistencia.
- Rotura de los automáticos.
- Avería del límite de temperatura.
- Roturas del fusible.
- Rotura de las juntas.

Los técnicos son de la opinión de que los equipos sin el debido conocimiento de cómo explotarlos mejor los mismos no son duraderos y se seguirán rompiendo con facilidad. Por ejemplo la Olla de presión es usada en ocasiones para freír sin embargo el equipo no está diseñado para eso. Esta Olla tiene que trabajar todo el tiempo con su tapa puesta herméticamente cuando no ocurre así esto constituye un factor principal que provoca las roturas y aumenta el consumo energético. Otro de los factores que influyen en la rotura es la falta de mantenimiento periódicamente.

Existe coincidencia en afirmar que la mejor y más duradera Olla de presión es la YBD

de treinta minutos.

Existen dos modelos de **Hornillas eléctricas** que son las que visitan frecuentemente el taller de reparaciones como son la:

- LB-100f
- HACEB

Ambas con una potencia activa nominal de 1200 W.

Las principales roturas que presentan estas Hornillas es el conmutador, la resistencia, conexión, el cable de línea, una señal de rotura de este equipo puede ser que la resistencia que encienda sea solo la de afuera y se debe principalmente a un cable quemado, el conmutador de las platinas calcinadas o la resistencia averiada. Estos son los principales problemas que presenta este equipo. Las hornilla eléctricas presentan graves problemas de roturas con el cable de línea, que se debe al falso contacto que existe entre la espiga y el tomacorrientes y por lo tanto el cable tiende a calentarse hasta romperse, por lo que se recomienda conectar el cable de línea directamente a la red poniendo un interruptor para el encendido y el apagado del equipo.

Existen dos modelos de **Ollas arroceras** que son las que visitan frecuentemente el taller de reparaciones como son la:

- CFX
- MG

Ambas con una potencia activa de chapa de 500 W.

Las principales roturas que presentan estas Ollas son los microchip que debido a su rotura el equipo encienden pero no calientan y por lo tanto no son capaces de mantener los alimentos. Otro problema que se da frecuentemente es la rotura de la resistencia plana, algunos de los indicios de rotura es que calientan pero no cocina y se debe al calentamiento de platinas. Otra pieza que presenta roturas frecuentemente es el termostato con muelle.

Según entrevistas realizadas a los técnicos por experiencias en este trabajo afirmaron que la más duradera y que presentaba menos dificultades técnicas era la de marca MG.

Los calentadores de agua poseen una potencia activa de chapa de 1000 W y su

principal rotura es el deterioro del cable producto a cortocircuitos y usos incorrecto de este equipo. Técnicos de este taller expresan que se debe sumergir completo este equipo para aprovechar mejor la energía y que el agua se caliente más rápido y uniformemente, cosa que las personas no hacen, por lo que entonces esto es un factor que conlleva a la rotura del equipo.

En la figura 2.37 que se observa en valores por unidad de la cantidad de reparaciones y los precios unitarios de las mismas. Se puede observar las relaciones existentes donde existen equipos con altos niveles de reparaciones y los precios son menores que otras reparaciones y viceversa.

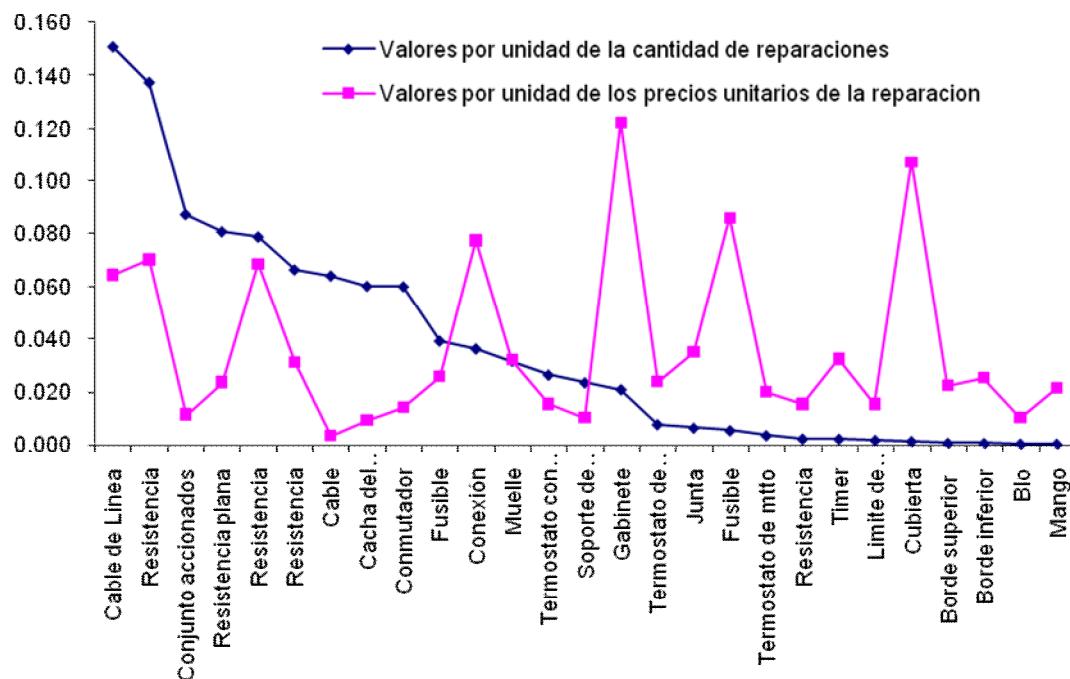


Fig.2.37 Relación en valores por unidad de la cantidad de reparaciones y los valores de los precios

El 82,5 % de las reparaciones efectuadas en el 2011 fueron (ver figura 2.37):

- Cable de línea de la hornilla eléctrica.
- Resistencia de la hornilla eléctrica.
- Conjunto accionado de la olla arrocera.

- Resistencia plana de la olla arrocera.
- Resistencia de la hornilla eléctrica.
- Resistencia de la olla arrocera.
- Cable del calentador de agua.
- Cacha del calentador de agua.
- Conmutador de la hornilla eléctrica.
- Fusible de la olla arrocera.

En la figura 2.38 se muestra el acumulado porcentual de un conjunto de reparaciones donde se resalta que al ejecutarse las reparaciones de las primeras 10 piezas se ejecutan el 82,5% de las mismas.

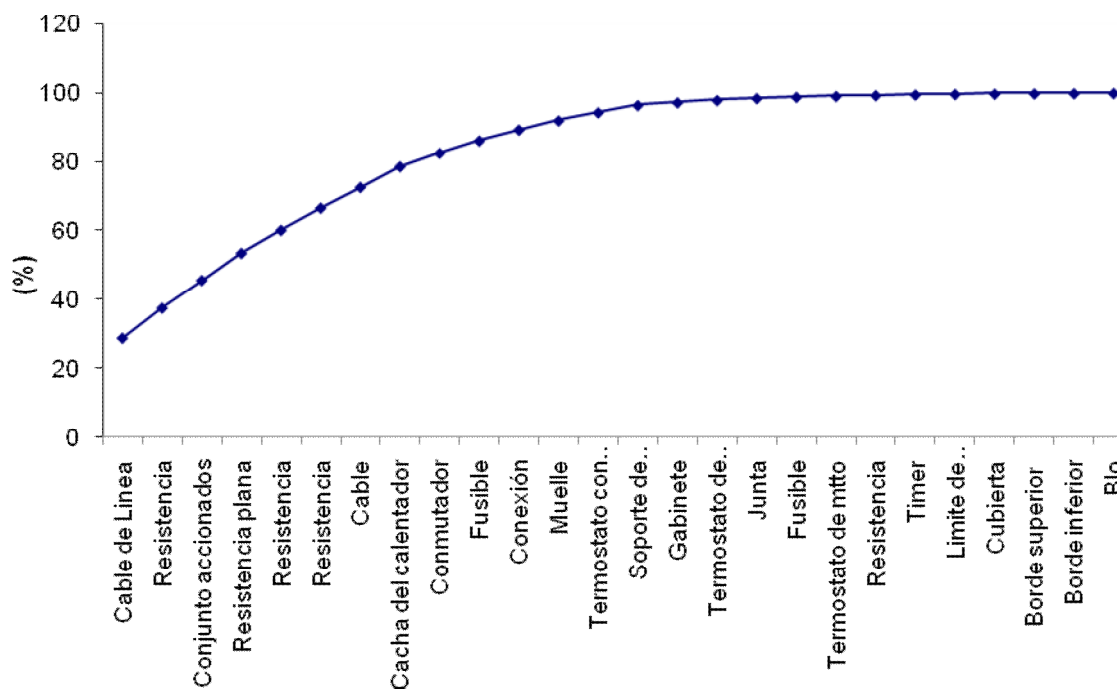


Fig.2.38 Gráfico acumulado del porcentaje de reparaciones de equipos

En la figura 2.39 se aprecia un grafico de pastel con la distribución porcentual de los importes de las reparaciones de equipos. Se observa que el 83,5 % de los importes se concentran las primeras 7 piezas tales como:

- Cable de línea del calentador.

- Resistencia de la hornilla eléctrica.
- Resistencia de la olla arrocera.
- Conexión de la hornilla eléctrica.
- Gabinete de la olla arrocera.
- Resistencia del calentador eléctrico.
- Resistencia plana de la olla arrocera.

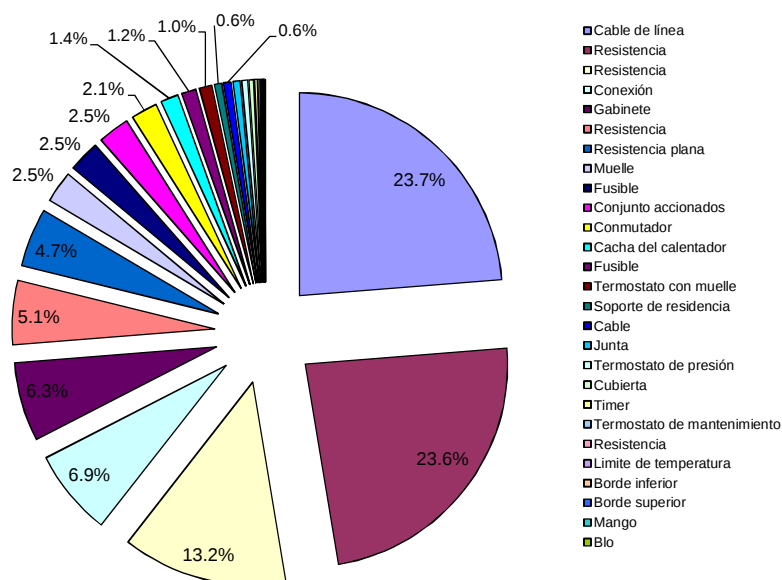


Fig.2.39 Importe de las diferentes piezas de los equipos

2.13. Modelación de la estructura de la facturación eléctrica

En este estudio se tomaron los resultados de los valores de consumo promedio de energía eléctrica de la base de datos de la empresa eléctrica de Moa. Durante la

selección de los datos se tomaron un conjunto de rutas a las cuales solo pertenecen viviendas independientes.

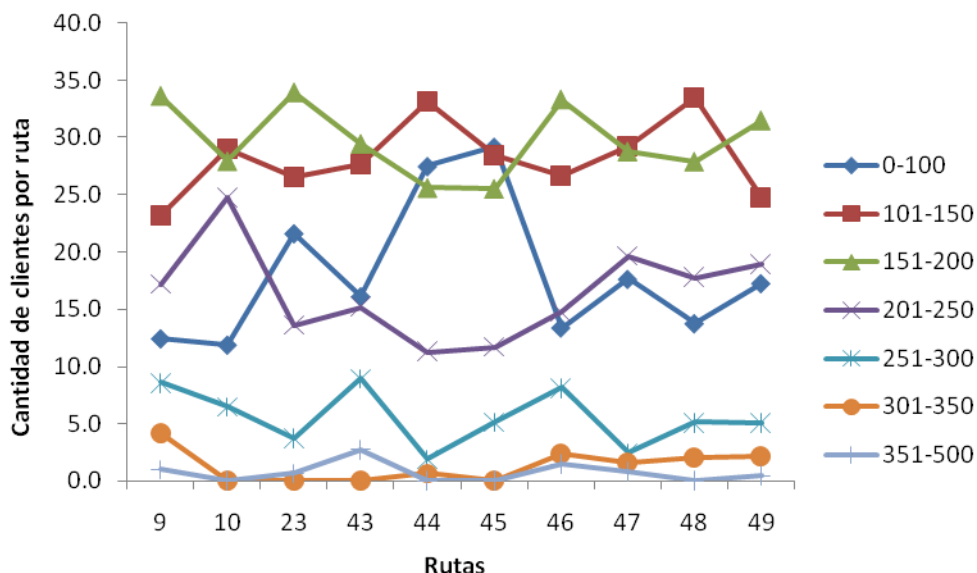


Fig.2.40 Curvas que muestran los niveles de tarifa eléctrica en dependencia de la cantidad de clientes en cada ruta

Se tomaron solo los valores entre 50 y 500 kWh/mes correspondientes a los siete primeros niveles de consumo contenidos en las tarifas eléctricas residenciales. Después se confeccionaron tablas las cuales se puede apreciar en el anexo 6. En el anexo 6 aparecen los consumos promedios de las rutas por los diferentes niveles de la tarifa eléctrica. En la figura 2.37 se demuestra que para iguales niveles de la tarifa eléctrica existen diferentes cantidades de clientes en relación con las rutas.

Al observar la figura 3.2 se puede afirmar que para diferentes rutas se puede apreciar que las curvas que describen las estructuras de los 7 primeros niveles de la facturación eléctrica tiene una tendencia similar.

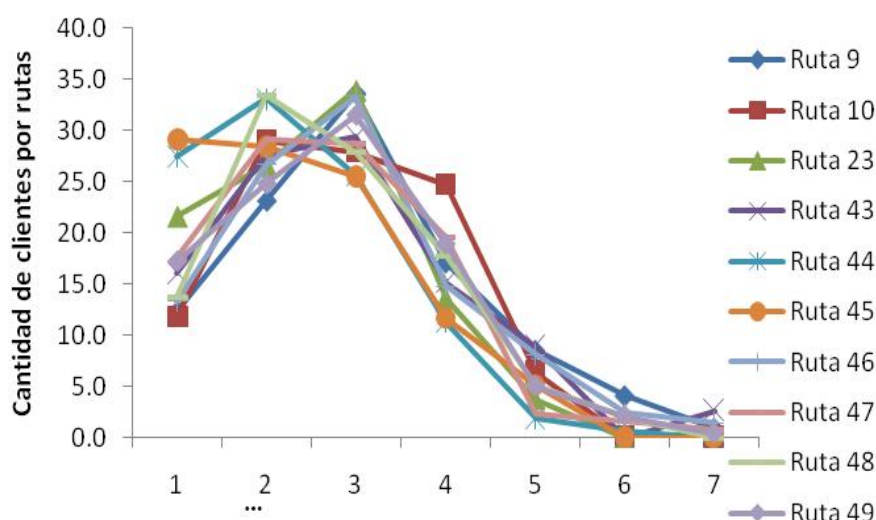


Fig.2.41 Curvas que muestran las diferentes rutas con diferentes cantidades de clientes

Para entender la figura 2.38, se asignaron para los 7 primeros niveles de la facturación eléctrica valores cuantitativos entre 1 y 7, para el rango de consumo de 0-100 kWh se asignó el número (1), de 101-150 kWh (2), de 151-200 kWh (3), de 201-250 kWh (4), de 251-300 kWh (5), de 301-350kWh (6) y de 351-500kWh (7).

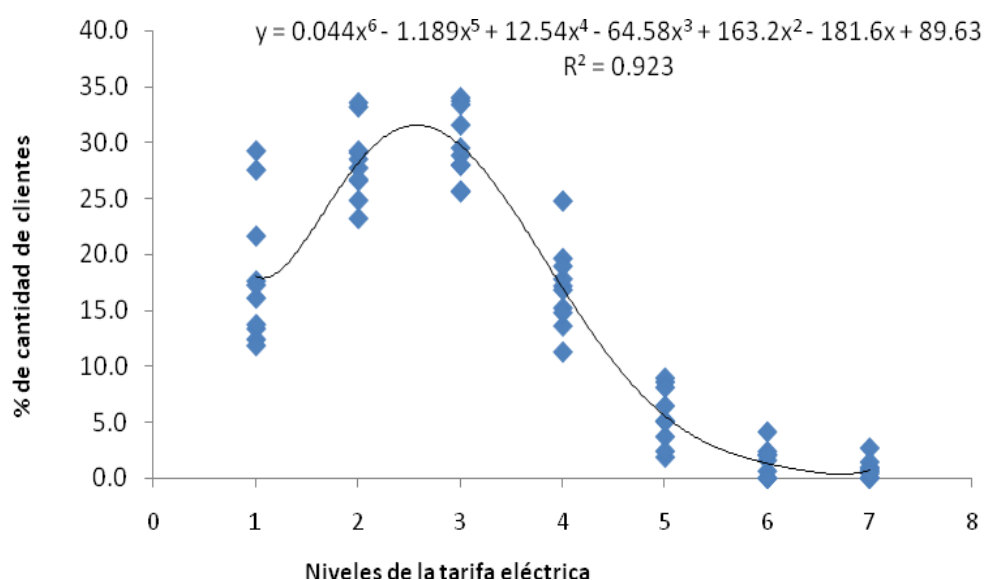


Fig.2.42 Curvas que muestran los niveles de la factura eléctrica con respecto al porcentaje del número de clientes

A pesar de que para un mismo nivel de la factura eléctrica existen diferentes valores porcentuales de cantidad de clientes en estas 7 primeras escalas de facturación, es posible obtener una expresión matemática que relacione estas variables. Se obtiene una expresión polinómica de orden 6 con un coeficiente de correlación de 0,95.

2.14. Conclusiones del capítulo

1. En caso de utilizar la hornilla eléctrica poner el selector en el paso máximo de máxima demanda ya que se consume un 36 % de energía menos en calentar agua en este jarro en este paso que hacerlo en el paso medio o bajo.
2. En el caso del planchado se debe realizar el planchado una vez a la semana y la mayor cantidad de piezas posibles, y empezar por las piezas que tengan la textura más fuerte para aprovechar mejor la temperatura de la plancha.
3. En el caso del refrigerador evitar abrir tanto la puerta ya que influye en el tiempo de disparo del termostato y entonces el consumo de energía se hace mayor.
4. En el caso de la cocción de alimentos como la del arroz se consume un 17 % menos en hacerlo en la olla de presión que en la olla arrocera.
5. Los valores normalizados de las cantidades de los tipos de reparaciones y el precio unitario de los mismos indican que no hay relación directa entre el valor por unidad de la cantidad de reparaciones y los valores por unidad de los precios unitarios de las reparaciones.
6. Se tomaron los datos de los consumos que oscilaban entre los 50 y 500 kWh mensual y se observó que para diferentes rutas se puede apreciar que las curvas que describen las estructuras de los 7 primeros niveles de la facturación eléctrica tiene una tendencia similar.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

Conclusiones Generales

1. Se realizaron mediciones precisas de la demanda de una gran gama de los principales equipos electrodomésticos con mayor influencia en el consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Cuba.
2. Se identificaron los patrones de comportamiento de la potencia activa durante las operaciones habituales para diferentes regímenes de carga de los equipos que más inciden en la estructura energética de las familias cubanas.
3. Se presenta una serie de comportamientos termoenergéticos en relación al calentamiento de agua identificándose los modelos matemáticos que se relaciona el tiempo con los kWh que se consume, la temperatura con el tiempo y la temperatura con los kWh de consumo.
4. A partir de un caso de estudio correspondiente al taller Alex Urquiola situado en el municipio de Holguín se demostró que en las primeras 10 reparaciones está concentrado el 82,5 % de las reparaciones de los equipos de cocción de alimentos y en cuanto a ingresos, en 7 reparaciones se concentra el 83,5 % de los ingresos del taller.
5. Mediante análisis de 10 rutas de facturación del servicio eléctrico propuesto por viviendas independientes, la estructura porcentual describen un modelo matemático de un polinomio de sexto orden con un factor de determinación igual a 0,92.
6. Para el calentamiento de agua usando los equipos como la hornilla eléctrica y el calentador eléctrico, se comprobó que realizando esta actividad con el calentador eléctrico y llevando la temperatura hasta 36,6 grados Celsius se consume un 43 % menos de energía que si se realizara con la hornilla eléctrica.

Recomendaciones

1. Continuar con la realización de trabajos que permitan conocer mejor la dinámica de consumos de energía en el sector residencial tomando como referencia los resultados que se presentan en la presente investigación.
2. Para próximos trabajos ampliar las muestras tomadas de equipos electrodomésticos y de las informaciones de reparaciones de los talleres.
3. Divulgar los resultados de la presente investigación de forma que contribuya al incremento de la cultura energética en el sector residencial.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] CASAS FERNÁNDEZ, Leonardo. RAMIREZ GARCIA, Alberto. LIMONTE RUIZ, Alberto. Características de las cargas en sector residencial en Cuba, 2008.
- [2] FERNÁNDEZ PÉREZ, Ramón David. Consumo de energía en el 2006, UCF, Informe al Consejo de Dirección del VRAS, Universidad de Cienfuegos, 02/ 20073.
- [3] Gestión Energética Empresarial, Colectivo de Autores, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba, Bajo la Redacción de Aníbal E. Borroto Nordelo, ISBN 959-257-040-X, Editorial Universidad de Cienfuegos, 2002.
- [4] LÓPEZ TORRES, Ibaniuska. Procedimiento para el análisis de la demanda en los circuitos eléctricos urbanos de distribución primaria, Tesis de Maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2011.
- [5] MONTERO LAURENCIO, Reineris. Energía eléctrica en el hogar, Artículo, Moa 2009.
- [6] PADRÓN PADRÓN, Enrique Arturo. "SUTILES PÉRDIDAS DE POTENCIA, CUANTO A LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA". En: Séptimo Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente, (Cienfuegos, 12 - 14 de abril de 2012).

[7] RODRÍGUEZ FORTÚNEZ, Jose Augusto. Predicción de la demanda y regímenes de explotación del circuito de distribución 21 de Moa, Trabajo de Diploma, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2009.

[8] RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Adrian. Estudio del circuito de distribución Secundario MB62 del Municipio Mayarí, trabajo de diploma, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2010.

[9] ZALAZAR MUSTELIER, Arquímedes. Mediciones eléctricas. 2da Edición. La Habana, Editorial Félix Varela, 2004, 474p.

ANEXOS

Anexos

Anexo 1. Tabla de consumo de diferentes equipos y de diferentes marcas de cada equipo.

TABLA DE CONSUMO					según núcleo de personas				
EQUIPO	Modelo	Potencia Watt	KWh/año	I=amp voltaje	Hasta 2	E/ 3 y 4	E/ 5 y 6	E/ 7 y 8	Mayor 8
ALUMBRADO	Tiempo de trabajo 4 horas hasta 6 personas, 5 horas para más de 6 personas, por día								
Lámpara fluorescente		20	trasf=7Watt		3,2	3,2	3,2	4	4
Lámpara fluorescente		32	trasf=8Watt		4,8	4,8	4,8	6	6
Lámpara fluorescente		40	trasf=10Watt		6	6	6	7,5	7,5
Bombillo ahorrador		5			1	1	1	1	1
Bombillo ahorrador		7			1	1	1	1,1	1,1
Bombillo ahorrador		9			1,1	1,1	1,1	1,4	1,4
Bombillo ahorrador		13			1,6	1,6	1,6	2	2
Bombillo ahorrador		15			1,8	1,8	1,8	2,3	2,3
Bombillo ahorrador		20			2,4	2,4	2,4	3	3
Bombillo ahorrador		40			5	5	5	6	6
Olla arrocera	tiempo de trabajo 3/4 hora, 1 hora, 2 horas de acuerdo al número de personas								
Olla arroz liya	Modulo	500			11,3	15	15	26,3	30
Olla de Arroz criolla		600		I=5,4 A	13,5	18	18	31,5	36
Otros tipos		750			17	22,5	22,5	39	45
LAVADORAS	Tiempo de trabajo 8, 10, 12, 13 y 14 horas de acuerdo al número de personas (al mes)								
Lavadora Sovietica		400			3,2	4	5	5,2	5,6
Lavadora Pequeña		200			1,6	2	2,5	2,6	2,8
Lavadora Vince Cuba		300			2,4	3	3,6	4	4,2
Lavadora Mediana		400			3,2	4	5	5,2	5,6
Lavadora grande		600			4,8	6	7,2	7,8	8,4
Refrigerador	Tiempo de trabajo de 16 horas por día (16, 17, 18, 19, 20 horas de acuerdo al número de personas)								
Refrigerador Americano	Buen estado	180			86	92	97	103	108
Refrigerador Americano	Mal estado	180			130	130	130	130	130
Ref. INPUD datos medidos		140			65	69	73	77	81
Sovietico M-10 Y M-11		160			77	82	86	91	96
Sovietico MINCK-16		175			84	89	95	100	105
Ref Haier Modulo		120			55	59	62	66	69

DUCHAS ELECT.	tiempo de trabajo 10 Minutos por persona al día y 15 minutos por persona en fraude, dado este caso calcular								
Fame	Brasil	2000			20	30...40	50...60	70...80	90
Fame	Brasil	3400			34	51...69	85...102	119...136	153
Criolla		1000			10	15...20	25...30	35...40	45
Radio Gravadora				tiempo de trabajo 3 horas diarias					
JVC Japon	Con CD	120			7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Sharp Malasia	Con CD	185			11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
Equipo de Musica		215			13	13	13	13	13
Grabadora China		10			1	1	1	1	1
Equipo de musica Japon		30			2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Radio grabadora LG		40			3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Radio reloj Digital		10			1	1	1	1	1
Licuada y Batidora				tiempo de trabajo 5 horas al mes					
Licuada China Chica		100			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Philip licuada batidora		400			2	2	2	2	2
Batidora Daytron	Corea	450			2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Microwave	tiempo de trabajo 30 horas en el mes								
Panasonic	Japon	1500			45	45	45	45	45
Sanyo	China	1000			30	30	30	30	30
Coinso	Mejico	1200			36	36	36	36	36
Secador de Pelo	Tiempo de trabajo 6, 7, 8, 9, 10 horas, al mes, de acuerdo al número de personas.								
Secador de pelo	CEE	1250			7,5	8,8	10	11,6	12,5
Secador high Energy		1250			7,5	8,8	10	11,6	12,5
Equipos de cocina									
Cocina 1H	Modulo 1/2,1	1200			36	72	100	130	160
Cocina elect.	Cocinec.Mod	1100			34	70	100	130	160
Mezcladora mesa	Daytron 4 hor	150	0,6		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Molino Daytron	Corea 8 hora	750	8		6	6	6	6	6
Juguera Daytron	Dayt SJ-02 T	35			0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Moledora Daytron	Dayt G30 T=	300			3	3	3	3	3
Calentador criollo	T=3,3,4,4,5 h	880			79,2	79,2	105,6	105,6	132
Freidora House Wort	Taiwan T=15	1200	10.9...110v		18	19,2	20,4	21,6	22,8
Calentador	Modulo h=1/4	1000			15	30	45	60	75

Anexo 2. Imagen de la prueba realizada de calentamiento de agua.



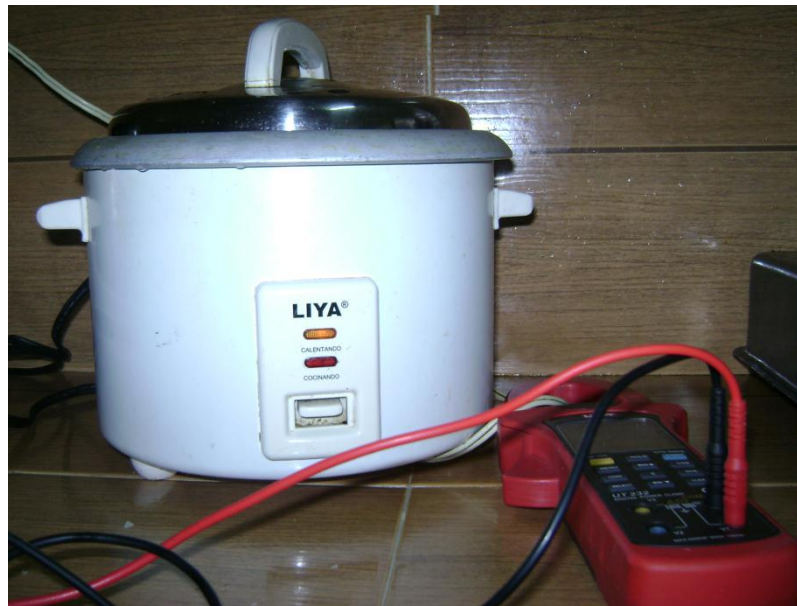
Anexo 3 Imagen de la prueba realizada de calentamiento de agua de varios volúmenes con el calentador eléctrico.



Anexo 4 Imagen de la prueba realizada en la cocción de diferentes productos.



Anexo 5 Imagen de la prueba realizada en la cocción de arroz en la olla arrocera.



Anexo 6 Tabla de las reparaciones de equipos en el año 2011.

Equipos	Enero	Febrero	marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Olla.A	857	576	1149	2343	2860	2271	660	660	180	303	302	315
Olla.P	174	158	32	66	80	42	46	46	98	149	179	146
Calentadores	494	291	669	1559	1439	1370	278	278	50	87	63	75
Hornillas	1848	1625	1702	1556	1567	118	1179	1179	1176	876	672	1027
Ventiladores	22	22	172	143	31	1214	136	136	177	227	244	197

Anexo 7 Tabla de consumo promedio en kWh de las rutas que no pertenecen a edificios multifamiliares por nivel de tarifa.

Rutas	Nombre de Barrios		0-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-500
9	Vista alegre	315	39	73	106	54	27	13	3
10	Las coloradas	186	22	54	52	46	12	0	0
23	Coloradas	162	35	43	55	22	6	0	1
43	Parcelacion coloradas	112	18	31	33	17	10	0	3
44	Angel Romero	160	44	53	41	18	3	1	0
45	Manuel Terrero	137	40	39	35	16	7	0	0
46	Mariana Grajales	210	28	56	70	31	17	5	3
47	Angel Romero	250	44	73	72	49	6	4	2
48	Angel Romero	197	27	66	55	35	10	4	0
49	Mariana Grajales	238	41	59	75	45	12	5	1

Anexo 8 Tabla en porciento del consumo promedio en kWh de los diferentes repartos que no pertenece a edificios multifamiliares y su nivel de tarifa.

Rutas	9	10	23	43	44	45	46	47	48	49
Nombre de Barrios	Vista alegre	Las coloradas	Coloradas	Parcelacion coloradas	Angel Romero	Manuel Terrero	Mariana Grajales	Angel Romero	Angel Romero	Mariana Grajales
0-100 kW	12.4	11.8	21.6	16.1	27.5	29.2	13.3	17.6	13.7	17.2
101-150(%)	23.2	29.0	26.5	27.7	33.1	28.5	26.7	29.2	33.5	24.8
151-200(%)	33.7	28.0	34.0	29.5	25.6	25.5	33.3	28.8	27.9	31.5
201-250(%)	17.1	24.7	13.6	15.2	11.3	11.7	14.8	19.6	17.8	18.9
251-300(%)	8.6	6.5	3.7	8.9	1.9	5.1	8.1	2.4	5.1	5.0
301-350(%)	4.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	2.4	1.6	2.0	2.1
351-500(%)	1.0	0.0	0.6	2.7	0.0	0.0	1.4	0.8	0.0	0.4